

碳酸氢钠对水煮牛肉片加工和冷藏性能的影响

康壮丽^{1,2}, 姚鹏磊¹, 高在上¹, 宋照军¹, 马汉军¹

(1.河南科技学院食品学院, 河南 新乡 453003; 2.扬州大学旅游烹饪学院, 江苏 扬州 225127)

摘要: 研究碳酸氢钠对水煮牛肉片加工和冷藏性能的影响。添加碳酸氢钠(0.2%~0.8%)对牛肉片进行腌制, 熟制后在4℃条件下分别冷藏0、2、4、6、8 d, 测定水煮牛肉片在加工和冷藏期间蒸煮得率、色泽、pH值、剪切力、水分含量和硫代巴比妥酸反应物值的变化。结果表明: 碳酸氢钠显著提高水煮牛肉片的蒸煮得率、pH值和水分含量($P<0.05$), 显著降低剪切力和红度值(a^*) ($P<0.05$); 在冷藏期间, 所有样品的水分含量均降低, 亮度值和 a^* 减小, 黄度值升高; 但碳酸氢钠能抑制脂肪氧化, 且随着添加量的增加, 抑制效果显著提升, 同时, 碳酸氢钠对抑制水煮牛肉片 a^* 的下降有显著作用, 添加碳酸氢钠水煮牛肉片的 a^* 均大于对照组。因此, 碳酸氢钠能提高水煮牛肉片的保水性、嫩度和抗氧化性。

关键词: 碳酸氢钠; 淀粉; 色泽; 硫代巴比妥酸反应物值; 嫩度

Effects of Sodium Bicarbonate on Processing and Cold Storage Properties of Poached Beef Slices

KANG Zhuangli^{1,2}, YAO Penglei¹, GAO Zaishang¹, SONG Zhaojun¹, MA Huanjun¹

(1.School of Food Science, Henan Institute of Science and Technology, Xinxing 453003, China;

2.School of Tourism and Cuisine, Yangzhou University, Yangzhou 225127, China)

Abstract: In this work, the effect of sodium bicarbonate on the processing and cold storage properties of poached beef slices was studied. Beef slices were cured with sodium bicarbonate (0.2%–0.8%). After being cooked, the slices were refrigerated at 4℃ for up to 8 days. The changes in cooking yield, color, pH, shear force, moisture content and thiobarbituric acid reactive substances value during processing and refrigeration were measured. The results showed that sodium bicarbonate significantly increased ($P<0.05$) the yield, pH and moisture content of poached beef slices, and significantly decreased ($P<0.05$) the shear force and a^* value. During refrigeration, the moisture content and L^* and a^* values of all samples decreased, and the b^* values increased. Sodium bicarbonate could inhibit fat oxidation, and this effect was more pronounced with increasing concentration of sodium bicarbonate. In addition, sodium bicarbonate significantly inhibited the decrease in the a^* value of poached beef slices, and the a^* value of the samples supplemented with sodium bicarbonate was higher than that of the control group. Overall, sodium bicarbonate can improve the water retention, tenderness and oxidation stability of poached beef slices.

Keywords: sodium bicarbonate; starch; color; thiobarbituric acid reactive substances value; tenderness

DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20220929-129

中图分类号: TS251.5

文献标志码: A

文章编号: 1001-8123(2023)01-0021-05

引文格式:

康壮丽, 姚鹏磊, 高在上, 等. 碳酸氢钠对水煮牛肉片加工和冷藏性能的影响[J]. 肉类研究, 2023, 37(1): 21-25.

DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20220929-129. <http://www.rlyj.net.cn>

KANG Zhuangli, YAO Penglei, GAO Zaishang, et al. Effects of sodium bicarbonate on processing and cold storage properties of poached beef slices[J]. Meat Research, 2023, 37(1): 21-25. (in Chinese with English abstract) DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20220929-129. <http://www.rlyj.net.cn>

随着人们生活水平的提高, 我国已成为最大的肉制品生产和消费国^[1]。磷酸盐作为肉制品加工行业广泛使用的保水剂和改良剂, 能显著提高肉制品品质。但过

量摄入磷酸盐会影响人体健康, 特别是增加肾脏负担, 严重时会造成人体钙磷比例失调^[2]。为了降低肉制品中磷含量, 通常使用碳酸氢钠替代磷酸盐^[3]。碳酸氢钠是

收稿日期: 2022-09-29

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(32272365); 烹饪科学四川省高等学校重点实验室开放基金项目(PRKX2020Z23)

第一作者简介: 康壮丽(1980—)(ORCID: 0000-0002-5052-0173), 男, 副教授, 博士, 研究方向为肉制品加工与质量控制。

E-mail: kzl1988@163.com

一种常用的廉价食品添加剂,具有良好的缓冲能力,GB 2760—2014《食品安全国家标准 食品添加剂使用标准》规定碳酸氢钠可在各类食品中按生产需要适量使用。碳酸氢钠在pH 6.4~10.3条件下主要形成 HCO_3^- 和 Na^+ ,以及少量的 OH^- 、 CO_3^{2-} 和 H^+ 等。在中式烹饪工艺中碳酸氢钠被广泛应用于改善畜禽肉和水产品的嫩度和保水性,掩盖不良气味^[4-5]。碳酸氢钠通过提高pH值、离子强度和增强静电斥力等,提高肌原纤维小片化指数,增加肌肉的保水性、出品率和嫩度,改善畜禽肉的适口性和加工性能^[6-8]。另外,添加0.1%碳酸氢钠可以增加淀粉的膨化力^[9]。碳酸氢钠对添加淀粉肉片类制品品质的影响研究较少,因此,本实验主要研究碳酸氢钠对添加马铃薯淀粉水煮牛肉片加工和冷藏性能的影响,旨在为低磷肉制品的开发探索一条新途径。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

冷却牛外臀肌(pH 5.65±0.01) 新乡本地市场;
马铃薯淀粉、香辛料 新乡洪门市场。

氯化钠、碳酸氢钠(均为分析纯) 中国JSC化学技术有限公司。

1.2 仪器与设备

pH计 梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司;
Sorvall LYNX4000高速冷冻离心机 德国Thermo Scientific科技有限公司; AUY120电子天平 日本岛津公司; T25高速匀浆机 德国IKA公司; CR-400色差计 日本柯尼卡-美能达公司; CLM-4数显式嫩度仪 东北农业大学工程学院。

1.3 方法

1.3.1 样品制备

除去牛肉中可见脂肪和结缔组织,切成3 cm×3 cm×0.5 cm的牛肉片。腌制液配方如下:1 000 g牛肉、350 g冰水、15 g氯化钠、8.5 g香辛料,其中,T1~T5组碳酸氢钠添加量分别为0、2、4、6、8 g。采用间歇式滚揉,条件如下:8 r/min滚揉20 min,停止10 min,共60 min;真空度-0.08 MPa;温度(2±2)℃。滚揉结束后,真空包装(500 g/袋),在(2±2)℃下腌制12~16 h。再分别添加60 g马铃薯淀粉,进行二次滚揉,条件如下:8 r/min滚揉10 min,停止10 min,共40 min;真空度-0.08 MPa。滚揉结束后将牛肉片在(85±2)℃下煮制25 min,冷却后密封包装并在4℃冰箱中分别冷藏0、2、4、6、8 d。

1.3.2 蒸煮得率测定

将煮制后的牛肉片冷却至室温,用吸水纸擦去样品表面水分。蒸煮得率按式(1)计算。

$$\text{蒸煮得率}/\% = \frac{\text{蒸煮后牛肉片质量}/\text{g}}{\text{蒸煮前牛肉片质量}/\text{g}} \times 100 \quad (1)$$

1.3.3 色差测定

分别对冷藏0、2、4、6、8 d水煮牛肉片的表面色泽进行测定。用标准比色板校准色差计($L^*=96.86$, $a^*=-0.15$, $b^*=1.87$,其中, L^* 代表亮度值、 a^* 代表红度值、 b^* 代表黄度值),并在60 s内完成测定。

1.3.4 pH值测定

分别将冷藏0、2、4、6、8 d的水煮牛肉片切碎,取10 g加入40 mL蒸馏水(4℃)中,用均质机15 000 r/min匀浆10 s,再用pH计进行测定。

1.3.5 剪切力测定

沿着肌肉纤维的方向将冷藏0、2、4、6、8 d水煮牛肉片切成3 cm×1 cm×0.5 cm的肉条。使用数显式嫩度仪对水煮牛肉片的剪切力进行测定。

1.3.6 水分含量测定

称量5 g样品,质量记为 m_1 (g),将样品切碎平铺于称量皿中,置于105℃电热鼓风干燥箱中持续烘烤6 h后取出,冷却至室温后称量,然后再将样品于105℃继续烘烤1 h,取出后再次称量,重复操作至2次质量差为0~2 mg,质量记为 m_2 (g),水分含量按式(2)计算。

$$\text{水分含量}/\% = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100 \quad (2)$$

1.3.7 硫代巴比妥酸反应物(thiobarbituric acid reactive substance, TBARs)值测定

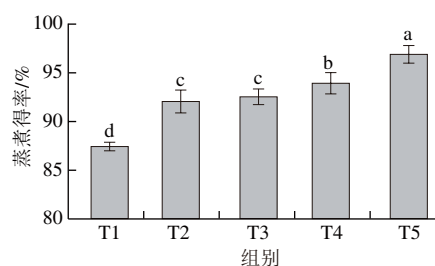
参照Ulu^[10]的方法测定冷藏0、2、4、6、8 d水煮牛肉片的TBARs值。

1.4 数据处理

所得数据使用SPSS 18.0统计软件通过ANOVA单因素和线性模型(GLM)分析程序进行统计分析。数据以平均值±标准差表示($n=4$),数据之间的差异显著性分析采用邓肯多重比较法, $P<0.05$ 时被认为差异显著。

2 结果与分析

2.1 碳酸氢钠对牛肉片蒸煮得率的影响



小写字母不同,表示差异显著($P<0.05$)。

图1 碳酸氢钠对牛肉片蒸煮得率的影响

Fig. 1 Effect of sodium bicarbonate on the cooking yield of beef slices

由图1可知, T1组的蒸煮得率显著低于其他组 ($P<0.05$), 表明添加碳酸氢钠能显著提高牛肉片的蒸煮得率。且随着碳酸氢钠添加量的增加, 蒸煮得率显著提高 ($P<0.05$)。前期研究表明, 添加碳酸氢钠提高pH值, 使肌原纤维蛋白等电点发生偏离^[11]。另外, 添加碳酸氢钠对牛肉肌纤维的组织结构造成破坏, 使肌肉组织松弛, 促进水分吸收^[12]。张莉等^[13]报道, PSE (pale, soft, exudative) 肉的蒸煮损失及离心损失都随着碳酸氢钠添加量的增加而显著降低。Åslie等^[14]发现, 添加碳酸氢钠能提高冷冻鱼片的出品率。Mohan等^[15]研究发现, 碳酸氢钠可以改善牛肉的保水性。同时, 添加碳酸氢钠增加马铃薯淀粉的保水性, 提高牛肉片的持水能力^[9]。

2.2 碳酸氢钠对牛肉片色差的影响

表1 碳酸氢钠对冷藏水煮牛肉片色差的影响

Table 1 Effect of sodium bicarbonate on the color of poached beef slices

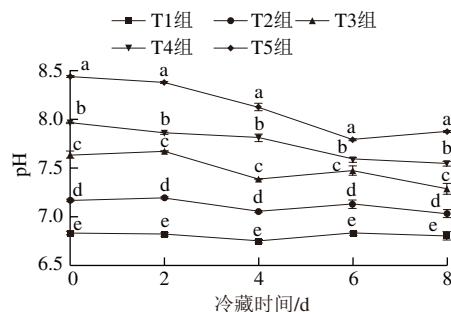
冷藏时间/d	组别	L^*	a^*	b^*
0	T1	55.01±1.16 ^b	6.65±0.33 ^a	10.67±0.13 ^b
	T2	53.27±1.34 ^c	6.17±0.17 ^b	10.15±0.44 ^c
	T3	56.91±0.83 ^a	5.82±0.35 ^c	10.63±0.36 ^b
	T4	54.38±1.59 ^{bc}	5.62±0.33 ^{cd}	11.55±0.57 ^a
	T5	53.45±1.41 ^{bc}	5.44±0.17 ^d	11.49±0.36 ^a
2	T1	54.91±0.19 ^b	5.50±0.10 ^b	10.69±0.23 ^b
	T2	53.77±0.61 ^c	5.61±0.07 ^b	10.12±0.45 ^c
	T3	55.62±0.21 ^a	5.41±0.41 ^b	10.71±0.56 ^b
	T4	52.56±0.63 ^d	5.97±0.16 ^a	10.89±0.45 ^b
	T5	54.67±0.29 ^b	6.22±0.15 ^a	11.58±0.49 ^a
4	T1	53.52±0.41 ^c	4.78±0.12 ^b	10.62±0.35 ^c
	T2	54.14±0.53 ^b	5.11±0.13 ^b	9.85±0.09 ^d
	T3	56.79±0.39 ^a	4.84±0.41 ^b	10.16±0.45 ^d
	T4	56.42±0.36 ^a	5.90±0.41 ^a	12.07±0.34 ^b
	T5	54.51±0.35 ^b	5.78±0.23 ^a	12.70±0.12 ^a
6	T1	53.07±0.31 ^b	3.98±0.15 ^c	10.88±0.22 ^c
	T2	53.56±0.23 ^b	4.78±0.15 ^b	10.23±0.31 ^d
	T3	55.97±0.69 ^a	4.64±0.23 ^b	10.10±0.27 ^d
	T4	55.53±0.28 ^a	4.59±0.07 ^b	11.93±0.34 ^b
	T5	55.49±0.60 ^a	5.41±0.19 ^a	12.45±0.12 ^a
8	T1	54.69±0.71 ^b	3.83±0.09 ^c	10.80±0.33 ^b
	T2	54.65±0.49 ^b	4.45±0.36 ^b	10.37±0.27 ^c
	T3	58.15±0.29 ^a	3.91±0.43 ^c	10.04±0.26 ^c
	T4	55.27±0.54 ^b	4.69±0.38 ^b	10.93±0.37 ^b
	T5	55.30±0.45 ^b	5.46±0.14 ^a	13.23±0.35 ^a

注: 同列小写字母不同, 表示同一冷藏时间、不同组间差异显著 ($P<0.05$)。

由表1可知, 冷藏0 d时, 与T1组相比, 添加碳酸氢钠牛肉片的 L^* 和 a^* 下降, b^* 上升, 且随着碳酸氢钠添加量的增加, L^* 和 a^* 显著降低 ($P<0.05$), b^* 显著升高。Zhu Dongyang等^[16]报道, 鸡肉糜中添加碳酸氢钠时 L^* 有下降的趋势但不显著, 但 a^* 显著降低, b^* 显著升高。此外, 随着冷藏时间的延长, T1组的 L^* 和 a^* 呈降低趋势, b^* 无显著变化, 造成色泽变暗。金颖等^[17]发现, 随着冷藏时间的延长, 黄牛肉的 L^* 先上升后下降, a^* 和 b^* 均呈

下降趋势。添加碳酸氢钠的水煮牛肉片随着冷藏时间的延长 L^* 和 b^* 呈上升趋势, a^* 呈下降趋势。同时, 冷藏2~8 d, 添加碳酸氢钠的水煮牛肉片 a^* 均显著高于T1组 ($P<0.05$)。Petracci等^[18]发现, 肉的高pH值降低烹饪过程中肌红蛋白的热变性, 进而导致肉色更暗。因此, 添加碳酸氢钠使水煮牛肉片的色泽变暗, 但减缓冷藏期间 a^* 的下降速率。

2.3 碳酸氢钠对牛肉片pH值的影响



小写字母不同, 表示同一冷藏时间、不同组间差异显著 ($P<0.05$)。图3~5同。

图2 碳酸氢钠对冷藏水煮牛肉片pH值的影响

Fig. 2 Effect of sodium bicarbonate on the pH of poached beef slices during cold storage

由图2可知, 添加碳酸氢钠牛肉片的pH值显著大于T1组 ($P<0.05$), 并随着添加量的增加pH值显著增大, T5组的pH值高达8.45。因为碳酸氢钠是一种强碱弱酸盐, 溶于水后呈碱性, 添加到肉制品中可以使肉制品pH值升高^[19]。Li Yanping等^[20]发现, 添加碳酸氢钠显著提高猪肌原纤维蛋白的pH值。随着冷藏时间的延长, T1组的pH值无显著变化, 添加碳酸氢钠牛肉片的pH值均呈下降趋势, 且添加量越大, pH值降低幅度越大。徐继成等^[21]使用0.8 mol/L碳酸氢钠对猪肉浸泡处理, 在24 h内可提高样品的pH值, 但这种效果持续时间较短, 在48 h后与对照组的pH值趋于同一水平。说明碳酸氢钠提高肉制品的pH值有一定的时限性, 随着时间的推移, 添加效果会逐渐减弱。

2.4 碳酸氢钠对牛肉片剪切力的影响

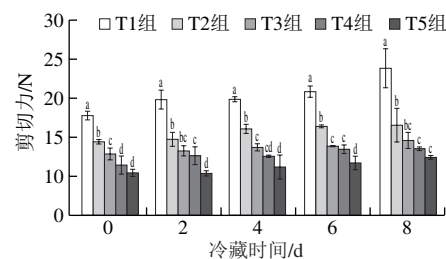


图3 碳酸氢钠对冷藏水煮牛肉片剪切力的影响

Fig. 3 Effect of sodium bicarbonate on the shear force of poached beef slices during cold storage

肉制品的嫩度常用剪切力大小表示。由图3可知,碳酸氢钠处理牛肉片的剪切力显著低于T1组($P<0.05$),随着碳酸氢钠添加量的增大剪切力显著降低,表明碳酸氢钠能显著提高水煮牛肉片的嫩度。Xiong Guoyuan等^[22]发现,碳酸氢钠辅助腌制鸡胸肉的剪切力低于传统方法腌制。随着冷藏时间的延长,各组水煮牛肉片的剪切力不断增大。可能是随着冷藏时间的延长肉质变硬和马铃薯淀粉老化导致嫩度降低。碳酸氢钠处理的水煮牛肉片在冷藏期间的剪切力均低于T1组,这是因为碳酸氢钠在腌制和滚揉过程中渗入牛肉片内部,受热分解时产生大量 CO_2 ,对组织结构造成不可逆的破坏,使肌肉松弛,剪切力减小。Sheard等^[23]报道,肌肉的剪切力与pH值呈负相关,pH值越大,剪切力越小。许道光等^[24]发现,使用碳酸氢钠替代氯化钠显著降低牛肉的剪切力,且随着碳酸氢钠添加量的增加而显著降低。

2.5 碳酸氢钠对牛肉片水分含量的影响

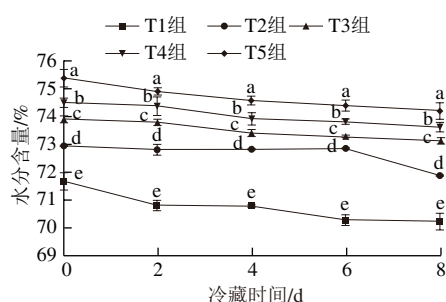


图4 碳酸氢钠对冷藏水煮牛肉片水分含量的影响

Fig. 4 Effect of sodium bicarbonate on the water content of poached beef slices during cold storage

水分含量影响肉制品的多汁性,是肉制品的重要品质特性之一。由图4可知,碳酸氢钠处理牛肉片的水分含量显著高于T1组($P<0.05$),且随着碳酸氢钠添加量的增加水分含量显著升高($P<0.05$),说明碳酸氢钠显著提高水煮牛肉片的保水性。赵改名等^[25]报道,随着碳酸氢钠添加量的增加,牛肉糜的水分含量显著升高。孟祥忍等^[26]发现,上淀粉浆的猪肉片滑油后水分损失减少。随着冷藏时间的延长,所有水煮牛肉片的水分含量均呈下降趋势,但差异不显著。其中,T1组的水分含量下降最大。因此,添加碳酸氢钠增强了水煮牛肉片的保水性,能抑制冷藏期间的水分流失。

2.6 碳酸氢钠对牛肉片TBARs值的影响

在冷藏期间脂肪易发生氧化酸败,是引起肉制品风味变差的主要原因之一^[27]。TBARs值是衡量肉制品中脂肪氧化程度的重要指标,TBARs值越大,则脂肪氧化程度越高^[28]。由图5可知,随着碳酸氢钠添加量的增加,水煮牛肉片的TBARs值显著降低($P<0.05$)。随着冷藏时间的延长,T1组的TBARs值显著增大($P<0.05$);

随着碳酸氢钠添加量的增加,水煮牛肉片的TBARs值上升趋势显著减弱。其中,T1组的TBARs值从0.36 mg/100 g升高至1.73 mg/100 g,而T5组从0.15 mg/100 g升高至0.28 mg/100 g。表明添加碳酸氢钠能抑制水煮牛肉片的脂肪氧化($P<0.05$),减少水煮牛肉片的“哈喇味”。主要原因是碳酸氢钠受热分解产生碳酸根离子及 CO_2 ,导致脂肪氧化环境发生改变,从而抑制了脂肪氧化^[12]。Murthy等^[29]发现,添加钙和碳酸氢钠能显著降低沙丁鱼凝胶的TBARs值。杜方丽^[30]也发现,经碳酸氢钠处理的淘汰蛋鸡胸肉糜有显著的抗氧化效果,且随着冷藏时间的延长,抗氧化效果越来越显著。因此,碳酸氢钠对水煮牛肉片的脂肪氧化有很好的抑制作用。

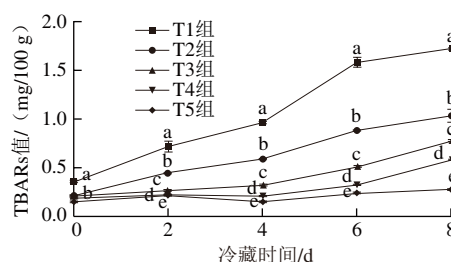


图5 碳酸氢钠对水煮牛肉片冷藏期间TBARs值的影响

Fig. 5 Effect of sodium bicarbonate on the TBARs value of poached beef slices during cold storage

3 结论

本研究结果表明,添加碳酸氢钠显著改善水煮牛肉片的品质。随着碳酸氢钠添加量的增加,水煮牛肉片的pH值、蒸煮得率和水分含量显著增加,剪切力和 a^* 显著下降。但碳酸氢钠添加量过大时,水煮牛肉片的pH值在冷藏期间波动较大,随着冷藏时间的延长pH值显著降低。此外,碳酸氢钠对水煮牛肉片的脂肪氧化有显著抑制效果,随着碳酸氢钠添加量的增大,抑制效果显著增强。所以,添加碳酸氢钠能改善水煮牛肉片的色泽、嫩度、保水性和抗氧化性,提高水煮牛肉片的稳定性。

参考文献:

- [1] 王春彦,康壮丽,马汉军,等. 不同食盐添加量和蒸煮温度对猪肉糜品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2018, 44(3): 194-198. DOI:10.13995/j.cnki.11-1802/ts.014940.
- [2] XI J H, ANDERSON C A M, SMITS G, et al. Effect of dietary phosphate intake on the circadian rhythm of serum phosphate concentrations in chronic kidney disease: a crossover study[J]. The American Journal of Clinical Nutrition, 2014, 100(5): 1392-1397. DOI:10.3945/ajcn.114.085498.
- [3] THANGAVELU K P, KERRY J P, TIWARI B K, et al. Novel processing technologies and ingredient strategies for the reduction of phosphate additives in processed meat[J]. Trends in Food Science and Technology, 2019, 94: 43-53. DOI:10.1016/j.tifs.2019.10.001.



- [4] HSIEH Y P C, CORNFORTH D P, PEARSON A M, et al. Ultrastructural changes in pre-rigor and post-rigor beef muscle caused by conventional and microwave cookery[J]. Meat Science, 1980, 4: 299-311. DOI:10.1016/0309-1740(80)90029-7.
- [5] ASLI M, MORKORE T. Brines added sodium bicarbonate improve liquid retention and sensory attributes of lightly salted Atlantic cod[J]. LWT-Food Science and Technology, 2012, 46(1): 196-202. DOI:10.1016/j.lwt.2011.10.007.
- [6] ZOU Xiaoli, KANG Zhuangli, LI Yanping, et al. Effect of sodium bicarbonate on solubility, conformation and emulsion properties of pale, soft and exudative meat myofibrillar proteins[J]. LWT-Food Science and Technology, 2022, 157: 113097. DOI:10.1016/j.lwt.2022.113097.
- [7] MOHAN A, JAICO T, KERR W L, et al. Functional properties of bicarbonates on physicochemical attributes of ground beef[J]. LWT-Food Science and Technology, 2016, 70: 333-341. DOI:10.1016/j.lwt.2016.02.053.
- [8] KANG Zhuangli, ZHANG Xuehua, LI Ke, et al. Effects of sodium bicarbonate on the gel properties, water distribution and mobility of low-salt pork batters[J]. LWT-Food Science and Technology, 2021, 139: 110567. DOI:10.1016/j.lwt.2020.110567.
- [9] 张立彦, 芮汉明, 李作为, 等. 碳酸氢钠对淀粉物料微波膨化的影响研究[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2001, 22(4): 85-89. DOI:10.16433/j.cnki.issn1673-2383.2001.04.020.
- [10] ULU H. Evaluating of three 2-thiobarbituric acid methods for the measurement of lipid oxidation in various meats and meat products[J]. Meat Science, 2004, 67: 683-687. DOI:10.1016/j.meatsci.2003.12.014.
- [11] 李桂敏, 赵春青, 窦容容, 等. 复合无磷保水剂对反复冻融鲟鱼片理化特性及微观结构的影响[J]. 食品科学, 2022, 43(12): 87-93. DOI:10.7506/spkx1002-6630-20210511-117.
- [12] ZOU Y, SHI H, XU P, et al. Combined effect of ultrasound and sodium bicarbonate marination on chicken breast tenderness and its molecular mechanism[J]. Ultrasonics Sonochemistry, 2019, 59: 104735. DOI:10.1016/j.ultsonch.2019.104735.
- [13] 张莉, 刘广娟, 徐泽权, 等. 复合无磷保水剂对PSE猪肉低温香肠贮藏期间品质变化的影响[J]. 肉类研究, 2020, 34(11): 65-71. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-202001005-235.
- [14] ÅSLI M, MØRKØRE T. Brines added sodium bicarbonate improve liquid retention and sensory attributes of lightly salted Atlantic cod[J]. LWT-Food Science and Technology, 2012, 46(1): 196-202. DOI:10.1016/j.lwt.2011.10.007.
- [15] MOHAN A, JAICO T, KERR W, et al. Functional properties of bicarbonates on physicochemical attributes of ground beef[J]. LWT-Food Science and Technology, 2016, 70: 333-341. DOI:10.1016/j.lwt.2016.02.053.
- [16] ZHU Dongyang, KANG Zhuangli, MA Hanjun, et al. Effect of sodium chloride or sodium bicarbonate in the chicken batters: a physicochemical and Raman spectroscopy study[J]. Food Hydrocolloids, 2018, 83: 222-228. DOI:10.1016/j.foodhyd.2018.05.014.
- [17] 金颖, 董玉影, 李官浩, 等. 冷藏期间不同部位延边黄牛肉品质的相关性分析[J]. 肉类研究, 2015, 29(1): 10-13. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-201501003.
- [18] PETRACCI M, LAGHI L, RIMINI S, et al. Chicken breast meat marinated with increasing levels of sodium bicarbonate[J]. The Journal of Poultry Science, 2014, 51(2): 206-212. DOI:10.2141/jpsa.0130079.
- [19] LU Fei, KANG Zhuangli, WEI Lipeng, et al. Effect of sodium bicarbonate on gel properties and protein conformation of phosphorus-free chicken meat batters[J]. Arabian Journal of Chemistry, 2021, 14(2): 102969. DOI:10.1016/J.ARABJC.2020.102969.
- [20] LI Yanping, ZHANG Xuehua, LU Fei, et al. Effect of sodium bicarbonate and sodium chloride on aggregation and conformation of pork myofibrillar protein[J]. Food Chemistry, 2021, 350: 129233. DOI:10.1016/j.foodchem.2021.129233.
- [21] 徐继成, 吴宏忠, 袁涛, 等. 碳酸氢钠和维生素C对货架期猪肉品质参数的影响[J]. 安徽农业大学学报, 2004(4): 424-426. DOI:10.13610/j.cnki.1672-352x.2004.04.010.
- [22] XIONG Guoyuan, FU Xiaoyi, PAN Dongmei, et al. Influence of ultrasound-assisted sodium bicarbonate marination on the curing efficiency of chicken breast meat[J]. Ultrasonics Sonochemistry, 2020, 60: 104808. DOI:10.1016/j.ultsonch.2019.104808.
- [23] SHEARD P R, TALI 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.
- [24] 许道光, 戴四发, 程金妹. 氯化钠与碳酸氢钠对牛肉食用品质的影响[J]. 肉类工业, 2016(7): 28-32; 38.
- [25] 赵改名, 孟子晴, 祝超智, 等. TG酶、复合磷酸盐与碳酸氢钠对牛肉糜保水性的影响[J]. 食品工业科技, 2020, 41(8): 74-81; 89. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2020.08.013.
- [26] 孟祥忍, 高子武, 陈胜妹, 等. 不同种类淀粉对上浆猪肉片品质的影响[J]. 食品工业科技, 2020(4): 56-61. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2020.04.007.
- [27] 黄剑, 李书艺, 祝振洲, 等. 相互作用下多酚对肌原纤维蛋白结构和性质的影响研究进展[J]. 食品科学, 2022, 43(9): 373-382. DOI:10.7506/spkx1002-6630-20210305-064.
- [28] 韩馨蕊, 李颖, 刘苗苗, 等. 安石榴苷与焦磷酸钠对肌原纤维蛋白氧化稳定性及凝胶性能的影响[J]. 食品科学, 2022, 43(8): 15-21. DOI:10.7506/spkx1002-6630-20210602-025.
- [29] MURTHY L N, PHADKE G G, JEYAKUMARI A, et al. Effect of added calcium and heat setting on gel forming and functional properties of *Sardinella fimbriata* surimi[J]. Journal of Food Science and Technology, 2021, 58(2): 427-436. DOI:10.1007/s13197-020-04551-x.
- [30] 杜方丽. 不同贮藏条件下淘汰蛋鸡胸肉糜品质特性优化研究[D]. 锦州: 渤海大学, 2020: 5-11. DOI:10.27190/d.cnki.gjzsc.2020.000347.