



减盐火锅底料对牛肉食用品质及钠、钾含量的影响

戴书舟¹, 熊可心¹, 康贝贝¹, 王海滨^{1,2,*}, 廖鄂^{1,2}, 彭利娟^{1,2}

(1.武汉轻工大学食品科学与工程学院, 湖北 武汉 430023; 2.武汉轻工大学肉类加工与安全研究所, 湖北 武汉 430023)

摘要:以牛肉(牛里脊肉)为原料,在不同比例NaCl和KCl组成减盐配方的火锅底料中涮制不同时间,比较KCl替代比例及涮制时间对牛肉感官评价、剪切力、蒸煮损失率的影响,并探究牛肉在减盐火锅底料中涮制前后盐含量、钠含量与钾含量的变化规律。结果表明:牛肉在NaCl、KCl质量比7:3的减盐火锅底料中涮制各时间点感官评分均最高,在不同比例NaCl和KCl组成的减盐火锅底料中涮制,剪切力均随涮制时间的延长而增加,在涮制160 s后增加最显著;牛肉盐含量与钠、钾含量均随涮制时间的延长而显著增加,相同涮制时间下牛肉钠含量随减盐配方中KCl替代比例的升高而降低,且钠含量降低比例与KCl替代比例接近。减盐火锅底料能在不影响牛肉风味与食用品质的前提下,降低火锅钠摄入量30%左右,推荐减盐火锅底料KCl替代比例为30%,推荐牛肉涮制时间为120 s。

关键词:火锅底料; 减盐; 牛肉; 食用品质; 钠含量; 钾含量

Effects of Reduced-Salt Hotpot Seasoning on Eating Quality and Sodium and Potassium Contents of Beef

DAI Shuzhou¹, XIONG Kexin¹, KANG Beibei¹, WANG Haibin^{1,2,*}, LIAO E^{1,2}, PENG Lijuan^{1,2}

(1.College of Food Science and Engineering, Wuhan Polytechnic University, Wuhan 430023, China;

2.Institute of Meat Processing and Safety, Wuhan Polytechnic University, Wuhan 430023, China)

Abstract: In this experimental study, beef tenderloin slices were instantly boiled for different time periods in reduced salt hotpot seasoning with different ratios between NaCl and KCl to investigate the influence of NaCl replacement by KCl and boiling duration on the sensory evaluation, shear force and cooking loss percentage of beef. Meanwhile, changes in the salt, sodium and potassium contents in beef before and after cooking were explored. The results showed that at all cooking times investigated, the highest sensory evaluation scores were obtained with NaCl/KCl ratio = 7:3 (m/m). For each NaCl/KCl ratio, the shear force of beef increased with the increase in cooking time, increasing most significantly after 160 s. The salt, sodium and potassium contents also increased with the increase in cooking time; at the same cooking time, the sodium content of beef decreased with increasing level of KCl in reduced-salt formulations, and the percent reduction in the sodium content was close to the level of KCl substitution. Accordingly, the salt content in hotpot seasoning can be reduced by about 30% without affecting the flavor and eating quality of instantly boiled beef. A KCl level of 30% in reduced-salt hotpot seasoning and an instant boiling duration of 120 s are recommended.

Keywords: hotpot seasoning; reduced-salt; beef; eating quality; sodium content; potassium content

DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20210311-063

中图分类号: TS251.1

文献标志码: A

文章编号: 1001-8123 (2021) 08-0023-05

引文格式:

戴书舟, 熊可心, 康贝贝, 等. 减盐火锅底料对牛肉食用品质及钠、钾含量的影响[J]. 肉类研究, 2021, 35(8): 23-27.

DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20210311-063. <http://www.rlyj.net.cn>

DAI Shuzhou, XIONG Kexin, KANG Beibei, et al. Effects of reduced-salt hotpot seasoning on eating quality and sodium and potassium contents of beef[J]. Meat Research, 2021, 35(8): 23-27. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20210311-063. <http://www.rlyj.net.cn>

火锅是国内外十分受欢迎的传统美食,火锅底料是影响火锅风味的关键因素,一般是以豆瓣、盐、辣椒、

豆豉、大蒜、生姜、八角、香叶、桂皮、小茴香等为原

料,采用复配、炒制、冷却等工艺加工制作而成^[1]。随着

收稿日期: 2021-03-11

基金项目: 2019年恩施州科技计划项目(D20190022)

第一作者简介: 戴书舟(1997—)(ORCID: 0000-0001-6096-1485),男,硕士研究生,研究方向为食品加工与安全。

E-mail: 934067965@qq.com

*通信作者简介: 王海滨(1964—)(ORCID: 0000-0001-6385-4706),男,教授,博士,研究方向为肉制品加工与质量控制技术。E-mail: whb6412@163.com

社会经济的进步和人们生活水平的提高,消费者对火锅底料也有了越来越高的要求,在追求健康营养的同时,还追求口味的鲜美独特。火锅在涮煮食材过程中产生的特色风味主要来源于火锅底料中的汤卤、油脂及香料^[2],食盐风味为饮食风味之首^[3],因此火锅底料作为火锅烹煮过程中的基础原料,对火锅的质量及口感有极其重要的影响。张丽等^[4]研究影响火锅底料咸味口感的因素,同时开发了一款盐含量为现有火锅底料一半的产品,该产品盐含量从常规产品的10%降至5%,分析甜、酸、苦、鲜、麻、辣对咸味口感的影响,结果表明,在火锅底料中使咸味变浓的因素是苦味和鲜味,使咸味变淡的因素是甜味、酸味和辣味,使咸味不变的因素是麻味。

我国是世界上食盐摄入量最高的国家,根据调查显示,我国18岁及以上成年人口人均食盐日摄入量为10.5 g^[5],过量摄入钠盐会导致高血压、冠心病等疾病的发生^[6]。减少盐分的摄入则可以降低患高血压、冠心病等疾病几率^[7]。根据调查显示,全球每年有750万人死于高血压及相关疾病,占总死亡人数的12.5%,高血压是造成心血管疾病的主要因素^[8]。

牛肉作为生活中常见的火锅食材受到广泛喜爱。火锅通常食用时间较长,在食用牛肉的过程中钠盐摄入量也较多,对消费者健康造成安全隐患。因此,本研究以牛肉为原料,以传统火锅底料为基础,在保持火锅独特味道的基础上,研究利用钾盐替代部分钠盐的火锅底料对牛肉食材的口感及食用品质的影响。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

牛里脊肉、食用油、辣椒、花椒、蒜、姜 武商量贩超市;十三香 北京万邦调味料有限公司;醪糟、料酒 河南紫林调味料有限公司;氯化钠(食品级) 湖北盐业集团有限公司;氯化钾(食品级) 湖北强利化工产品有限公司。

1.2 仪器与设备

AL204电子天平 上海维特仪器厂;CP108电磁炉 湖北环安电子仪器厂;PinAAcle900T火焰原子吸收光谱仪 美国PerkinElmer公司;C-LM3B数显式肌肉嫩度仪 北京龙德仪器有限公司。

1.3 方法

1.3.1 不同减盐配方火锅底料工艺配方

不同减盐配方火锅底料的工艺配方(以质量计):食用油50.0%、辣椒10.0%、花椒2.5%、食盐(低钠复配盐)20.0%、醪糟2.5%、白酒0.6%、姜5.0%、蒜5.0%、复合香辛料4.4%。

火锅底料制作流程:原辅料→预处理→炒制→灌装→冷却→成品

本实验分为5组,分别为未减盐的对照组(A)与通过添加不同含量氯化钾进行减盐的4个减盐组,对照组火锅底料制作过程中加入的食盐全部为精制碘盐(NaCl含量≥99.1%),4个减盐组(A₁、A₂、A₃、A₄)火锅底料制作过程中加入的食盐中NaCl与KCl的质量比分别为9:1、8:2、7:3、6:4。

1.3.2 实验设计

采用新鲜的牛里脊肉作为原材料,洗净,切成3 cm×1 cm(长×宽)的薄片,放置备用。分别称取300 g制好的A、A₁、A₂、A₃、A₄组火锅底料,放入锅中,加入1 000 mL水,用电磁炉加热至沸腾5 min以后,加入100 g牛肉片,涮制一段时间后将全部牛肉取出。涮制过程中保持汤底体积一定,涮制时间分别为40、80、120、160、200 s,不同涮制时间点分别单独实验,对涮制前和涮制后的牛肉进行相关指标的测定。

1.3.3 指标测定

1.3.3.1 感官评价

将涮制后牛肉放入干净的一次性碗中,趁热品尝。参考GB/T 22210—2008《肉与肉制品感官评定规范》的要求,结合食材自身特点,挑选10名与专业相关、经验丰富的人员组成评价小组,在饭后2 h对煮制后的牛肉进行品尝,对样品的组织状态、色泽、香气、滋味及可接受性进行评价,满分为45分,评价标准如表1所示。

表1 涮制后牛肉感官评价表

Table 1 Criteria for sensory evaluation of instantly boiled beef		
评分指标	评分标准	感官评分
组织状态	组织紧密,切面质感均匀	7~9
	组织较为紧密,切面内外稍显不均匀	6~8
	组织疏松,切面内外不均匀	3~5
	组织疏松,切面内外极不均匀	1~2
色泽	表面光亮,颜色均匀	7~9
	表面较光亮,颜色不均匀	6~8
	表面较暗,颜色不均匀	3~5
	表面暗淡无光泽,颜色有明显差异	1~2
香气	肉香浓郁,无异味	7~9
	肉香较浓,无异味	6~8
	无肉香,有异味	3~5
	异味严重	1~2
滋味	咸味适中	7~9
	咸味一般	6~8
	咸味过重,伴有苦涩味	3~5
	无咸味或苦味、涩味较重	1~2
可接受性	非常满意	7~9
	可接受性良好	6~8
	可接受性一般	3~5
	不可接受	1~2

1.3.3.2 剪切力测定

将涮制后的牛肉切成2 cm×1 cm(长×宽)的薄

片, 冷却至室温, 将牛肉片水平放置于肌肉嫩度仪测定槽中, 按下切割按钮, 当刀片从上至下将牛肉切割完成后, 记录仪器显示的剪切力数值。

1.3.3.3 蒸煮损失率测定

涮制前将肉样品准确称质量 (m_1 , g), 涮制结束后将肉样品再次准确称质量 (m_2 , g)。蒸煮损失率按下式计算。

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

1.3.3.4 氯化物含量(盐含量)测定

根据GB 5009.44—2016《食品安全国家标准 食品中氯化物的测定》测定。

1.3.3.5 钾、钠含量测定

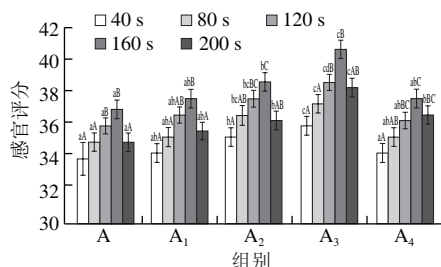
根据GB 5009.91—2017《食品安全国家标准 食品中钾、钠的测定》测定。

1.4 数据处理

实验数据使用Microsoft Excel软件进行记录, 运用Microsoft Excel软件对数据做基本分析。用SPSS 19.0统计软件对测定结果进行单因素方差分析, $P < 0.05$ 判断为有差异显著。

2 结果与分析

2.1 不同减盐配方火锅底料及涮制时间对牛肉感官评价的影响



小写字母不同, 表示相同涮制时间不同组间差异显著 ($P < 0.05$); 大写字母不同, 表示同一组不同涮制时间差异显著 ($P < 0.05$)。下同。

图1 不同减盐配方火锅底料及涮制时间对牛肉感官评价的影响

Fig. 1 Influence of reduced-salt hotpot seasoning and cooking time on sensory evaluation of beef

由图1可知, 与只添加NaCl的对照组A组相比, 随着KCl替代比例的升高, 在KCl替代比例达到30%以前, 牛肉感官评分随KCl替代比例的升高而增加。当KCl替代比例为30%时, 各时间点感官评分均为最高。这可能是由于随着KCl替代比例的升高, 咸味下降, 牛肉口感风味变好^[9]。当KCl替代比例达到40%时, 牛肉的苦味与涩味显著增加, 香气减少, 导致感官评分降低。这与金晓丽^[10]研究减盐对肉品质影响的结果相似。相同KCl替代比例时, 牛肉感官评分随涮制时间的延长先升

高后下降, 各组均在涮制时间为160 s时感官评分最高 ($P < 0.05$), 这可能是由于随着涮制时间的延长, 牛肉蛋白质发生变性, 逐渐具有适宜的咀嚼性^[11], 涮制时间超过160 s后, 随着涮制时间的延长, 在渗透压的作用下环境中通过肌肉纤维间隙进入牛肉的 Na^+ 、 K^+ 、 Cl^- 增多, 导致口感过苦、过涩^[12-15], 从而导致感官评分降低。

2.2 不同减盐配方火锅底料及涮制时间对牛肉剪切力的影响

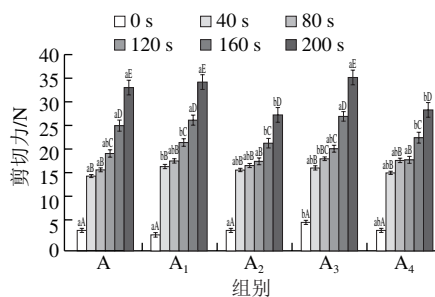


图2 不同减盐配方火锅底料及涮制时间对牛肉剪切力的影响

Fig. 2 Influence of reduced-salt hotpot seasoning and cooking time on shear force of beef

剪切力是反映牛肉制品嫩度的重要指标^[16-17]。由图2可知, 不同KCl替代比例组中, 牛肉剪切力均随涮制时间的延长显著增加 ($P < 0.05$), 当涮制时间达到200 s时, 牛肉剪切力均最大。这与章海风等^[18]研究蒸煮对肉剪切力的影响结果类似。这可能是由于在涮制的过程中, 随着涮制时间的延长, 牛肉中的蛋白质逐渐凝固硬化, 盐类及相关浸出物从牛肉中析出, 肌纤维剧烈收缩, 从而导致牛肉变硬, 剪切力显著上升^[19]。涮制时间相同时, 各不同KCl替代比例组间差异较小。

2.3 不同减盐配方火锅底料及涮制时间对牛肉蒸煮损失率的影响

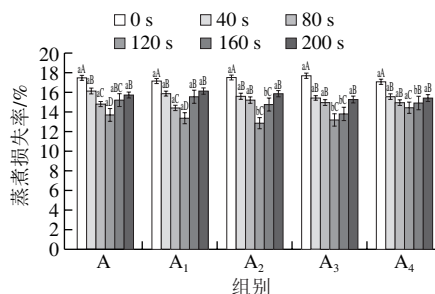


图3 不同减盐配方火锅底料及涮制时间对牛肉蒸煮损失率的影响

Fig. 3 Influence of reduced-salt hotpot seasoning and cooking time on cooking loss of beef

蒸煮损失率是肉制品的一个重要指标, 反映肉的持水力, 蒸煮损失率越小, 肉的持水力越强^[20]。由图3可知, 不同KCl替代比例组的牛肉蒸煮损失率在涮制时间小于120 s时均显著下降 ($P < 0.05$), 涮制时间达到120 s时

蒸煮损失率最小, 120 s后随着涮制时间延长, 牛肉蒸煮损失率显著上升 ($P<0.05$)。这可能是由于在涮制时间小于120 s时, NaCl在涮制过程中逐渐进入牛肉内部, 作用于肌原纤维, 增加水相的离子强度, 使肌球蛋白的溶解性提高, 同时因为盐效应促进了肌纤维的膨胀, 从而使牛肉的持水性增强, 蒸煮损失率减小^[21]。当涮制时间超过120 s后, 涮制过程中NaCl富集在牛肉表面, 加上涮制时持续加热, 导致牛肉蛋白质变性, 疏水相互作用增强, 导致牛肉的持水性减弱, 从而导致蒸煮损失率上升^[22]。

2.4 不同减盐配方火锅底料及涮制时间对牛肉盐含量的影响

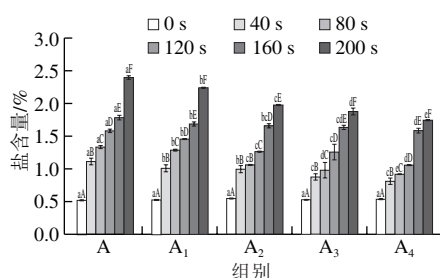


图4 不同减盐配方火锅底料及涮制时间对牛肉盐含量的影响

Fig. 4 Influence of reduced-salt hotpot seasoning and cooking time on salt content of beef

由图4可知, 不同KCl替代比例组牛肉盐含量随涮制时间的延长显著增加 ($P<0.05$), 在涮制时间200 s时盐含量达到最大。对照组 (A组) 中牛肉涮制40 s时盐含量达到1.1%, 较涮制前增加114.3%, 涮制160 s, 盐含量达到1.8%, 较涮制40 s时增加59.4%。A₁、A₂、A₃、A₄组中牛肉涮制40 s时盐含量较涮制之前分别增加92.9%、82.4%、66.4%、51.4%。这可能是由于涮制初期, NaCl进入到牛肉内部, 内外Cl⁻渗透压差较大, Cl⁻不断向牛肉内部扩散, 导致盐含量升高较快, 随着Cl⁻逐渐增多, 渗透压减小, 逐渐达到动态平衡, Cl⁻增加速率减小^[23]。相同涮制时间时, 与对照组相比, 各时间点KCl替代组牛肉盐含量均显著降低 ($P<0.05$), 牛肉的盐含量随KCl替代比例的升高呈降低趋势。这可能是由于K⁺电荷密度较大, 扩散速率快, 从而阻碍了Cl⁻进入牛肉内部^[24]。

2.5 不同减盐配方火锅底料及涮制时间对牛肉钠、钾含量的影响

由图5可知, 不同KCl替代比例组牛肉的钠含量随涮制时间延长均显著升高 ($P<0.05$)。涮制时间达到40 s时, A、A₁、A₂、A₃、A₄组牛肉钠含量分别为0.7、0.6、0.6、0.6、0.5 g/100 g, 各组钠含量增加均较快, 这可能是由于涮制时温度较高, 牛肉肌肉纤维产生间隙, 牛肉内部与外部Na⁺渗透压差较大, Na⁺进入牛肉

内部速率较快^[25-27]。当涮制时间达到120 s时, A、A₁、A₂、A₃、A₄组牛肉钠含量呈显著性差异 ($P<0.05$), 分别为1.6、1.4、1.3、1.1、0.9 g/100 g, 与对照组相比, 减盐组 (A₁、A₂、A₃、A₄) 钠含量分别减少9.9%、20.2%、28.9%、39.9%, 接近各组KCl替代比例。当涮制时间达到200 s时, A、A₁、A₂、A₃、A₄组之间牛肉钠含量差异显著 ($P<0.05$), 分别为2.0、1.8、1.6、1.4、1.2 g/100 g, 减盐组 (A₁、A₂、A₃、A₄) 与对照组相比分别减少9.7%、19.6%、29.6%、39.9%, 同样接近各组KCl替代比例, 说明通过KCl代替NaCl可以显著降低牛肉涮制过程中的钠含量。

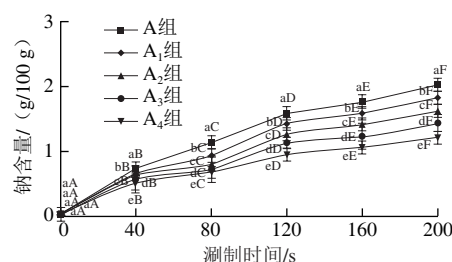


图5 不同减盐配方火锅底料及涮制时间对牛肉钠含量的影响

Fig. 5 Influence of reduced-salt hotpot seasoning and cooking time on sodium content of beef

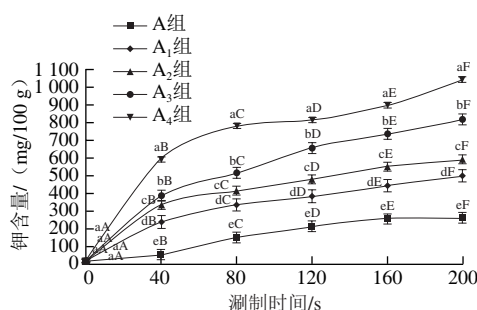


图6 不同减盐配方火锅底料及涮制时间对牛肉钾含量的影响

Fig. 6 Influence of reduced-salt hotpot seasoning and cooking time on potassium content of beef

由图6可知, 不同KCl替代比例组牛肉钾含量均随涮制时间的延长而显著增加 ($P<0.05$)。随着涮制时间的延长, 钾离子通过牛肉组织间隙进入组织内部, 牛肉中的钾含量迅速增加^[28-30], 减盐组牛肉的钾含量均远高于对照组。涮制时间为40 s时, 对照组牛肉钾含量为55.2 mg/100 g, KCl替代比例40%组 (A₄组) 牛肉钾含量为589.3 mg/100 g, 是对照组的10.7倍。涮制时间为200 s时, 减盐组与对照组牛肉钾含量差异显著 ($P<0.05$), KCl替代比例40%组 (A₄组) 牛肉钾含量为1 040.3 mg/100 g, 对照组牛肉钾含量为262.3 mg/100 g, 说明用KCl替代NaCl的减盐火锅底料可以显著提升牛肉中的钾含量。



3 结论

以牛肉(牛里脊)为实验原料, 研究使用KCl替代NaCl的减盐火锅底料所涮制的牛肉在感官评价、剪切力、蒸煮损失率等食用品质相关指标及牛肉盐含量、钠、钾含量等方面的变化。结果表明: 牛肉在NaCl、KCl质量比7:3的减盐火锅底料中涮制各时间点感官评分均最高; 牛肉在不同NaCl、KCl质量比的减盐火锅底料中涮制, 剪切力均随涮制时间的延长而增加, 涮制160 s后增加最显著; 蒸煮损失率先显著减小, 涮制时间达到120 s时蒸煮损失率最小, 120 s后蒸煮损失率上升; 用不同比例KCl替代NaCl时, 各组牛肉钠、钾含量均随涮制时间延长显著增加, 当涮制时间达到120 s后, 用KCl替代NaCl的减盐组牛肉钠含量显著低于对照组, 且与对照组相比钠含量降低比例与KCl替代比例接近。

利用KCl替代NaCl的减盐火锅底料在涮制牛肉的过程中对牛肉食用品质没有显著影响, 减盐火锅底料在不影响火锅风味的前提下可有效降低钠的摄入量, 推荐减盐火锅底料KCl替代比例为30%, 推荐牛肉涮制时间为120 s。

参考文献:

- 王柯, 郑荣, 简龙海, 等. 火锅调料中5种生物碱成分的液相色谱-串联质谱测定法[J]. 中国卫生检验杂志, 2011, 21(2): 363-365.
- 陈艳, 饶朝龙, 郭梁艳. 藤椒火锅底料的研制及其挥发性风味成分分析[J]. 中国调味品, 2019, 44(1): 10-14. DOI:10.3969/j.issn.1000-9973.2019.01.003.
- RUSMEVICHIENTONG P, MORALES C, CASTORENA G, et al. Dietary salt-related determinants of hypertension in rural northern Thailand[J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2021, 18(2): 377-381. DOI:10.3390/ijerph18020377.
- 张丽, 李昂, 李周奇, 等. 低盐火锅底料口感影响因素研究及产品研制[J]. 中国调味品, 2019, 44(11): 135-136.
- SUN Yan, WANG Hongyi, LIANG Hao, et al. A method for estimating 24-hour urinary sodium excretion by casual urine specimen in Chinese hypertensive patients[J]. American Journal of Hypertension, 2021, 5(2): 137-138. DOI:10.1093/ajh/hpab020.
- BAILEY M A. Salt: sensitive hypertension and the immune system[J]. Experimental Physiology, 2020, 105(5): 204-205. DOI:10.1113/EP088533.
- LUFT F C. Molecular genetics of human hypertension[J]. Current Opinion in Cardiology, 2020, 35(3): 1-6. DOI:10.1097/HCO.0000000000000722.
- CHAUDHARY P, WAINFORD R D. Association of urinary sodium and potassium excretion with systolic blood pressure in the dietary approaches to stop hypertension sodium trial[J]. Journal of Human Hypertension, 2020, 25: 1-11. DOI:10.1038/s41371-020-0375-8.
- SERRANO A, COFRADES S, COLMENERO F J. Transglutaminase as binding agent in fresh restructured beef steak with added walnuts[J]. Food Chemistry, 2004, 85(3): 423-429. DOI:10.1016/j.foodchem.2003.07.021.
- 金晓丽. 钠盐替代对鸭肉脂肪氧化和风味的影响研究[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2015: 28; 37-39.
- MCDONNELL C K, FITZGERALD A G, BURT P, et al. The effect of electro-hydrodynamic shockwaves on the quality of striploin and brisket beef muscles during long-term storage[J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2021, 68: 102627. DOI:10.1016/j.ifset.2021.102627.
- MAKSIMENKO A, KIKUCHI R, TSUTSUURA S, et al. Effect of high hydrostatic pressure in combination with low salt content for the improvement of texture and palatability of meat gels[J]. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2020, 548(2): 022078. DOI:10.1088/1755-1315/548/2/022078.
- 韩丽霞, 欧阳敦君, 张鸽香. NaCl胁迫对流苏幼苗生长、钠钾离子分布及渗透调节物质的影响[J]. 西北植物学报, 2020, 40(3): 502-509. DOI:10.7606/j.issn.1000-4025.2020.03.0502.
- 孟祥忍, 王恒鹏, 吴鹏, 等. 低温蒸煮牛肉品质评价模型的构建与分析[J]. 食品科学技术学报, 2020(1): 25-37. DOI:10.3969/j.issn.2095-6002.2020.01.012.
- 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.
- 魏心如, 韩敏义, 王鹏, 等. 热处理对鸡胸肉剪切力与蒸煮损失的影响[J]. 江苏农业学报, 2014(3): 629-633. DOI:10.3969/j.issn.1000-4440.2014.03.029.
- 黄明, 周光宏, 徐幸莲, 等. 不同注射处理对牛肉剪切力和肌原纤维小片化指数的影响[J]. 食品科学, 2005, 26(2): 49-51. DOI:10.3321/j.issn.1002-6630.2005.02.011.
- 章海风, 周晓燕, 铃莉妍, 等. 煮制时间对驴肉不同部位食用品质的影响[J]. 美食研究, 2018(3): 55-59. DOI:10.3969/j.issn.1009-4717.2018.04.008.
- 杨铭铎, 马雪, 李志. 盐水牛肉品质与嫩化效果的研究[J]. 哈尔滨商业大学学报(自然科学版), 2008(4): 482-487. DOI:10.3969/j.issn.1672-0946.2008.04.024.
- 孙红霞, 黄峰, 丁振江, 等. 不同加热条件下牛肉嫩度和保水性的变化及机理[J]. 食品科学, 2018, 39(1): 77-79. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201801013.
- 孟祥忍, 王恒鹏, 谢静, 等. 真空低温烹饪对牛肉微观结构与理化性质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2019, 45(9): 156-162. DOI:10.13995/j.cnki.11-1802/ts.018844.
- 胡亚芹, 葛雨珊, 白妍, 等. 热处理对肉类蛋白质构的影响[J]. 渔业科学进展, 2019, 40(5): 175-184. DOI:10.19663/j.issn2095-9869.20180813002.
- 邓丽, 芮汉明. Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 和磷酸盐对鸡肉盐溶蛋白质凝胶保水性和凝胶特性影响的研究[J]. 现代食品科技, 2005, 21(2): 24-26. DOI:10.13982/j.mfst.1673-9078.2005.02.008.
- 宋文敏, 任广才, 匡威, 等. 不同KCl和NaCl组成的减盐配方对卤鸭制品品质特性的影响[J]. 肉类研究, 2018, 32(6): 22-28. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-201806005.
- 付丽, 刘旖旎, 高雪琴, 等. 低钠盐酱牛肉贮藏品质的变化[J]. 食品工业科技, 2020(7): 14-16. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2020.07.008.
- 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. DOI:10.12161/j.issn.1005-6521.2020.18.005.
- 龙锦鹏, 唐善虎, 李思宁, 等. 超声波辅助腌制法对牦牛肉腌制速率和品质影响的研究[J]. 食品科技, 2018, 43(12): 131-137. DOI:10.13684/j.cnki.spkj.2018.12.025.
- 付丽, 张秀凤, 党美珠, 等. 低钠盐对牛肉丸加工品质的影响[J]. 肉类研究, 2017, 31(11): 32-37. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-201711006.
- 郝红涛, 赵改名, 李苗云, 等. 低脂低钠肉类制品的研究进展[J]. 食品与发酵工业, 2010, 36(2): 163-167.
- 陈星, 沈清武, 罗洁. 腌制方式对鸭肉腌制速率及品质的影响[J]. 食品科学, 2020, 41(12): 7-13. DOI:10.7506/spkx1002-6630-20190603-016.