

低钠盐对牛肉丸加工品质的影响

付丽¹, 张秀凤¹, 党美珠^{1*}, 杨宝进¹, 皇甫幼宇²

(1.河南牧业经济学院食品工程学院, 河南 郑州 450046; 2.河南伊赛牛肉股份有限公司, 河南 焦作 454450)

摘要: 将NaCl、KCl、MgCl₂、乳酸钾以及酵母提取物按不同配比复合, 将制成的低钠复合盐添加到牛肉丸中, 通过对冻藏后牛肉丸的解冻损失、蒸煮损失、水分活度、质构特性、色差值、贮藏期间的菌落总数及感官指标进行测定, 研究低钠复合盐对产品风味、质地及贮藏性的影响。结果表明: 低钠复合盐的最适配比为1.0% NaCl、0.5% KCl、0.5% 乳酸钾与2.0% 酵母提取物, 采用此低钠复合盐加工牛肉丸能减少产品中50%的NaCl含量; 对于解冻损失、蒸煮损失、咀嚼性、水分活度、亮度值(*L*^{*})和红色值(*a*^{*})等指标, 添加低钠复合盐的牛肉丸均能达到单纯添加NaCl的作用效果, 并能将微生物指标控制在国家标准范围之内, 且第4、5、6处理组牛肉丸的胶凝性显著优于对照组(*P* < 0.05); 另外, 添加一定量的酵母提取物可以有效改善钾盐带来的不良口感。

关键词: 低钠盐; 牛肉丸; 氯化钾; 质构特性; 乳酸钾

Effect of Low-Sodium Salt on Quality of Beef Meatballs

FU Li¹, ZHANG Xiufeng¹, DANG Meizhu^{1*}, YANG Baojin¹, HUANGPU Youyu²

(1.College of Food Engineering, Henan University of Animal Husbandry and Economy, Zhengzhou 450046, China;

2.Henan Yisai Beef Co. Ltd., Jiaozuo 454450, China)

Abstract: In this paper, the thawing loss, cooking loss, water activity, texture, color, aerobic plate count and sensory quality of frozen beef meatballs added with different combinations of sodium chloride, potassium chloride, magnesium chloride, potassium lactate and yeast extract as low-sodium salts were determined. The aim was to evaluate the effect of low-sodium salt on the flavor, texture and storability of meatballs. The results showed that the optimum combination was 1.0% NaCl, 0.5% KCl, 0.5% potassium lactate and 2.0% yeast extract, which led to a 50% reduction of NaCl content in meatballs. Additionally, the thawing loss, cooking loss, chewiness, water activity, *L*^{*} and *a*^{*} values of meatballs with the low-sodium salt were similar to those observed with the addition of NaCl alone, and the microbiological indices were within the national standard limit. The gelling properties of other combinations were significantly better compared with the control group (*P* < 0.05). Furthermore, the addition of a certain amount of yeast extract could effectively improve the bad taste caused by potassium.

Key words: low-sodium salt; beef meatballs; potassium chloride; texture; potassium lactate

DOI:10.7506/rlyj1001-8123-201711006

中图分类号: TS251.5

文献标志码: A

文章编号: 1001-8123 (2017) 11-0032-06

引文格式:

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. <http://www.rlyj.pub>

FU Li, ZHANG Xiufeng, DANG Meizhu, et al. Effect of low-sodium salt on quality of beef meatballs[J]. Meat Research, 2017, 31(11): 32-37. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-201711006. <http://www.rlyj.pub>

近年来, 随着社会竞争的日益激烈和人们生活节奏的加快, 调理肉制品以其味道鲜美、营养丰富、食用方便等特点而倍受消费者的喜爱。在西方的一些发达国家, 牛肉一直以来都是消费者的首选肉类, 牛肉丸是目前市场上最具发展潜力的调理肉制品之一。

食盐在肉制品加工中必不可少^[1-4], 除具有调味及防腐作用外, 食盐还具有提高肉制品保水性^[5-6]、改善肉制品的组织结构等作用。成人每天的食盐摄入量不应超过6 g^[7-8], 但中国人每天的食盐平均摄入量为12 g, 为世界卫生组织推荐值的2倍以上^[9-10]。人体摄入的食盐中有26%

收稿日期: 2017-07-12

基金项目: 2016年度河南省重大科技专项(161100110700); 河南牧业经济学院科技创新团队项目(HUAHE2015010)

作者简介: 付丽(1971—), 女, 副教授, 硕士, 研究方向为畜产品加工及品质控制。E-mail: ful071512@163.com

*通信作者: 党美珠(1984—), 女, 讲师, 硕士, 研究方向为农产品加工及贮藏工程。E-mail: 249454290@qq.com

(一般为20%~30%)是从肉制品中获取的^[11-12], 钠盐的过多摄取会造成脑部动脉狭窄和损伤, 容易引起脑细胞坏死, 尤其是高血压病人必须限制每日的食盐摄入量^[13]。

随着我国肉类工业的快速发展以及人们对健康饮食的关注, 低钠盐肉制品的需求不断增加。很多西方国家早在20世纪七八十年代就着手研究和开发钠盐替代品, 现已研究和开发出数百种不同类型的钠盐替代品, 如Zanardi等^[14]使用KCl、MgCl₂和CaCl₂替代50%的NaCl生产色拉米肠, 发现对产品的pH值、保水力及感官特性等指标基本无影响; Blesa^[15]、Gimeno^[16]等使用KCl、MgCl₂和CaCl₂替代部分NaCl生产的香肠, 其微生物数量与对照组差异不显著; Gou等^[17]发现用KCl代替NaCl对香肠的色泽和质地没有显著影响; Aliño等^[18]使用25% KCl、15% CaCl₂和5% MgCl₂作为NaCl替代物制作干腌里脊肉, 发现对产品的物理化学性质和微生物指标影响很小; Choi等^[19]使用30%乳酸钾和10%抗坏血酸钙替代NaCl加工法兰克福香肠, 产品的品质和传统香肠差别很小; Anna等^[20]发现0.75% NaCl、1%谷氨酰胺转氨酶、0.375% KCl和0.375% MgCl₂的组合能使腌制猪肉具有较好的多汁性等。我国对于这方面的研究尚处于起步阶段^[21], 目前市场上还没有低钠盐肉制品。刘媛^[22]曾用16% KCl、8%鸟胺牛磺酸和6%谷氨酸钙加工低钠盐灌肠, 灌肠的NaCl含量从2.19%降至1.53%。另外, 低钠盐产品开发中也存在一些瓶颈问题, 在一定程度上制约了低钠盐的应用, 如Horita等^[23]发现使用1.0% NaCl、0.5% KCl和0.5% MgCl₂加工的低钠盐烟熏肠虽然具有很好的乳化性, 但风味较差, 需要加入其他的调味料来弥补; Armenteros等^[24]发现用CaCl₂代替NaCl对香肠的感官特性有不良影响; 吴海舟等^[25]发现KCl的替代比例不宜超过40%, 否则产品会有明显的苦涩味。目前, 开发具有良好口感且适用于肉制品的低钠盐成为研究热点。

本研究以牛肉丸为研究对象, 用KCl、MgCl₂和乳酸钾替代NaCl加工牛肉丸, 并添加一定量的酵母提取物以提高产品的风味。通过对牛肉丸的解冻损失、蒸煮损失、水分活度、质构特性、色差值、贮藏期间的菌落总数及感官指标进行测定, 开发一种低钠复合盐, 为低钠盐肉制品的加工提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

牛肉(大黄瓜条) 河南伊赛牛肉股份有限公司。

KCl、MgCl₂、乳酸钾(均为食品级) 连云港康食品配料公司; 酵母提取物(食品级) 郑州指南针生物科技有限公司; 大豆分离蛋白、牛肉香精、香辛料(均为食品级) 河南牧业经济学院畜产品研究室。

1.2 仪器与设备

CT3质构仪 美国Brookfield公司; 600W多功能搅拌机 德国博朗公司; HWS-26电热恒温水浴锅 上海一恒科技有限公司; 11063探针中心温度计 杭州数测科技有限公司; CR-400色差计 日本Konica Minolta有限公司; HD-6水分活度测定仪 无锡市华科仪器仪表有限公司; S10匀浆机 宁波新芝生物科技股份有限公司。

1.3 方法

1.3.1 牛肉丸的加工

基本配方: 牛肉500 g、食盐17 g、白砂糖10 g、乳清粉17 g、牛肉精膏0.25 g、磷酸盐2 g、味精2.5 g、I+G 0.06 g、花椒粉1.2 g、大豆分离蛋白50 g及冰水(屑) 300 g。

工艺流程: 原料牛肉的选择→修整→切条→绞肉→配料→搅拌(擂溃)→成型→定型→煮制→冷却→包装→速冻→冻藏→成品

操作要点: 将原料牛肉(大黄瓜条)解冻至中心温度为-1~0℃, 洗净后剔除筋膜、多余脂肪及其他不可食部分, 切成200 g左右的长条状; 用经清洗、热烫消毒并用冰屑预冷的绞肉机(6 mm孔板)将原料肉绞成肉馅, 控制肉温在-1~2℃; 将绞碎的牛肉加入搅拌机中, 铺满底部, 加入食盐、白砂糖、磷酸盐及1/3的冰屑, 低速搅拌, 搅打3~4 min; 加入乳清粉、大豆分离蛋白和1/3的冰屑, 继续搅打2~3 min; 再加入花椒粉、味精、I+G、牛肉精膏及剩余冰水, 搅打5 min。每次搅打间歇1 min, 至肉馅具有很好的弹性并具有光泽为止, 约搅打15 min即可出料。将搅打好的肉馅用手挤成均匀的圆球形, 直径35 mm; 煮锅内的水温控制在(50±2)℃, 放入成型的牛肉丸, 定型时间15~20 min; 将定型好的牛肉丸捞入水温为85~90℃的煮锅内煮制10 min, 煮时要不断翻动牛肉丸; 煮熟的丸子及时捞入冷水槽内冷却3~5 min后, 送入-23℃速冻库内进行速冻, 至中心温度达-18℃后进行包装。

1.3.2 样品处理

将冻藏60 d的牛肉丸从冷库中取出, 室温自然解冻后, 待检测。

1.3.3 实验设计

在前期单因素试验的基础上, 将KCl、MgCl₂和乳酸钾3种盐按不同配比组合部分替代NaCl, 进行复合低钠盐对牛肉丸品质影响的研究。另外, 添加1%~2%(根据产品说明书要求确定添加量)的酵母提取物以提高产品的风味。以添加2% NaCl的处理组为对照组, 通过对牛肉丸的解冻损失、蒸煮损失、水分活度、质构特性、色差值、贮藏期间的菌落总数及感官指标进行测定, 确定复合低钠盐的最优配比。对照组和各处理组中盐类物质的添加量如表1所示。

表1 各组产品中盐类物质的添加量

Table 1 Control (NaCl alone) and combinations of salts with yeast extract

组别	盐类物质添加量
对照	2.0% NaCl
1	1.0% NaCl+0.3% KCl+0.3% MgCl ₂ +0.4% 乳酸钾+1.0% 酵母提取物
2	1.0% NaCl+0.5% KCl+0.5% MgCl ₂ +1.0% 酵母提取物
3	1.0% NaCl+0.5% KCl+0.5% MgCl ₂ +2.0% 酵母提取物
4	1.0% NaCl+0.5% KCl+0.5% 乳酸钾+1.0% 酵母提取物
5	1.0% NaCl+0.5% KCl+0.5% 乳酸钾+2.0% 酵母提取物
6	1.0% NaCl+0.4% KCl+0.4% MgCl ₂ +0.2% 乳酸钾+1.0% 酵母提取物

1.3.4 指标测定

解冻损失：取加工好的牛肉丸，测定其解冻前的质量，放入铺有滤纸的培养皿内，加盖后置于室温下自然解冻，2 h后取出，用滤纸轻轻拭去肉丸表面的液体后称质量。解冻损失按照式（1）计算。

$$\text{解冻损失}/\% = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100 \quad (1)$$

式中： m_1 为牛肉丸解冻前质量/g； m_2 为牛肉丸解冻后质量/g。

蒸煮损失：用滤纸吸去解冻后的牛肉丸表面可见的水分，称其质量，将牛肉丸用蒸煮袋包装好后，置于90℃水浴锅中加热。当牛肉丸的中心温度达到70℃时取出，冷却至室温，用滤纸吸去肉丸表面可见的水分，称质量。按照式（2）计算蒸煮损失。

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

式中： m_3 为牛肉丸蒸煮前质量/g； m_4 为牛肉丸蒸煮后质量/g。

水分活度：将煮熟的肉丸放入粉碎机内粉碎后，装入专用塑料器皿内，样品量达到器皿容量的50%以上，再放入水分活度仪传感器中，测定其水分活度。

质构：将牛肉丸充分解冻并煮熟后，用CT3型质构仪进行质构分析，测定其弹性，以胶凝性和咀嚼性来表示。测定参数：TA-AACC36探头，TA-DEC夹具，测试类型为压缩，预测试速率2.00 mm/s，测试速率1.00 mm/s，返回速率1.00 mm/s，触发点负载10 g，形变比50%，循环2次。

色差值：取解冻好的牛肉丸，用洁净的刀切取肉丸中间2 cm厚的片状肉丸样品。使用色差计，采用C光源（ $Y=89.2$ 、 $x=0.3153$ 、 $y=0.3222$ ）进行色差的测量，记录样品的亮度值（ L^* ）、红度值（ a^* ）和黄度值（ b^* ）。

菌落总数：参照GB 4789.2—2016《食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定》^[26]。

感官评分：由8位有经验的感官评定人员对牛肉丸的色泽、口感、弹脆度和组织状态4项指标进行感官评

定，评分采用5分制，4项指标评分的加和为产品的总体可接受度评分。牛肉丸的感官评分标准如表2所示。

表2 牛肉丸的感官评分标准

Table 2 Criteria for sensory evaluation of beef meatballs

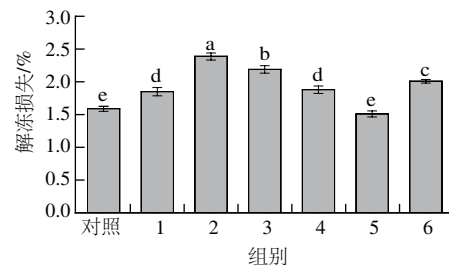
评价指标	1分	2分	3分	4分	5分
色泽	深褐色	灰褐色	灰白色	粉红色	红色
口感	有苦味	稍苦	无苦味	稍咸	适中
弹脆度	较硬、无弹性	稍硬、弹性差	弹性较好	弹性好	弹性很好
组织状态	粗糙	较粗糙	稍细腻	较细腻	非常细腻

1.4 数据处理

每项指标均取不同处理组的3个牛肉丸，重复测定3次，结果表示为平均值±标准差。采用Sigmaplot 13.0软件绘图，采用SPSS Statistics 20.0统计分析软件中的独立样本t检验法进行数据的显著性分析。

2 结果与分析

2.1 不同处理组牛肉丸的解冻损失



小写字母不同，表示不同组别间差异显著（ $P < 0.05$ ）。下同。

图1 不同处理组牛肉丸的解冻损失

Fig. 1 Thawing loss of different groups of meatballs

由图1可知，在所有处理组中，第1组和第5组牛肉丸的解冻损失较低，其中第5组最低，为1.51%，但与对照组差异不显著（ $P > 0.05$ ），说明第5组牛肉丸中所添加复合盐的保水性与单独添加NaCl接近；其他处理组牛肉丸的解冻损失均显著高于对照组（ $P < 0.05$ ）。第2、4组牛肉丸的解冻损失分别为2.39%和1.88%，分别显著高于第3、5组（ $P < 0.05$ ），说明酵母提取物中含有丰富的蛋白质，可以提高肉丸的保水性；第4、5组牛肉丸的解冻损失均显著低于第2、3组（ $P < 0.05$ ），原因可能是钾离子的渗透速率比镁离子快，能够加速盐溶蛋白的溶出，使肉的保水性提高，这与Aliño等^[27]的研究结果一致。另外，乳酸钾的添加在一定程度上提高了牛肉丸的pH值，也使其保水性提高。

2.2 不同处理组牛肉丸的蒸煮损失

由图2可知，所有处理组中第5组牛肉丸的蒸煮损失较低，与对照组差异不显著（ $P > 0.05$ ），说明第5组牛肉丸中所添加复合盐的保水性与单独添加NaCl

接近；第2、3、6组牛肉丸的蒸煮损失差异不显著 ($P>0.05$)，且均显著高于对照组 ($P<0.05$)；第5组牛肉丸的蒸煮损失显著低于第4组 ($P<0.05$)，但差异没有解冻损失明显，这可能是由蒸煮过程的热处理使蛋白质部分变性所致；第1、4、5组牛肉丸的蒸煮损失均显著低于其他处理组 ($P<0.05$)，与解冻损失的测定结果基本一致。

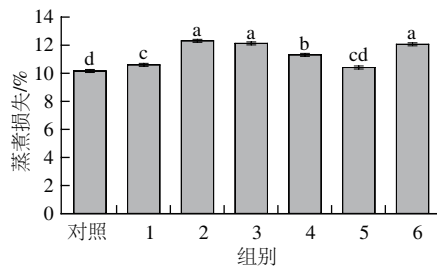


图2 不同处理组牛肉丸的蒸煮损失

Fig. 2 Cooking loss of different groups of meatballs

2.3 不同处理组牛肉丸的水分活度

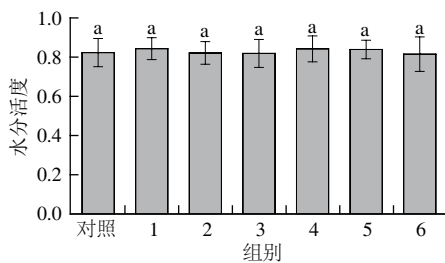


图3 不同处理组牛肉丸的水分活度

Fig. 3 Water activity of different groups of meatballs

由图3可知，所有处理组中，第2、3、6组牛肉丸的水分活度分别为0.821、0.819和0.815，略低于对照组 (0.823)，但差异不显著 ($P>0.05$)；第1、4、5组牛肉丸的水分活度均略高于对照组，分别为0.843、0.842和0.839，差异也不显著 ($P>0.05$)。水分活度是反映肉丸贮藏稳定性的重要指标，一般认为水分活度在0.9以下为安全值^[9]。由此可见，在冻藏60 d时，低钠复合盐对降低牛肉丸的水分活度具有一定效果。

2.4 不同处理组牛肉丸的色差值

肉色是评价食品品质及可接受性的重要指标， L^* 和 a^* 越大表明肉丸颜色较红且有光泽，品质越好。由表3可知，各处理组牛肉丸的 L^* 均显著低于对照组 ($P<0.05$)，其中第4、5、6组牛肉丸与对照组较为接近；除第2组外，其他处理组牛肉丸的 a^* 均显著高于对照组 ($P<0.05$)，其中第5组最高；各个处理组牛肉丸的 b^* 均显著低于对照组 ($P<0.05$)，其中第1组最低，其次是第5、6组。由此可见，第5组牛肉丸的色差值比较理想，说明采用KCl和乳酸钾复合低钠盐加工对牛肉丸的色

差值有比较好的影响，这与Gou等^[17]的研究结果存在差异，可能是由于NaCl的替代比例不同，另外可能是由于乳酸钾的添加对亚硝酸盐发色有一定的促进作用，这与张喜才^[9]的研究结果基本一致。

表3 不同处理组牛肉丸的色差值

Table 3 Color parameters of different groups of meatballs

组别	L^*	a^*	b^*
对照	56.95±0.16 ^a	4.64±0.01 ^d	18.31±0.03 ^a
1	53.01±0.12 ^d	6.76±0.02 ^b	15.31±0.03 ^d
2	54.63±0.24 ^c	4.75±0.01 ^d	17.76±0.02 ^b
3	53.70±0.06 ^d	5.86±0.02 ^c	16.27±0.04 ^c
4	55.42±0.20 ^b	5.67±0.02 ^c	16.80±0.05 ^c
5	54.84±0.05 ^c	7.31±0.02 ^a	16.12±0.02 ^c
6	54.82±0.04 ^c	5.45±0.02 ^c	16.07±0.03 ^c

注：同列小写字母不同，表示不同组别间差异显著 ($P<0.05$)。下同。

2.5 不同处理组牛肉丸的菌落总数

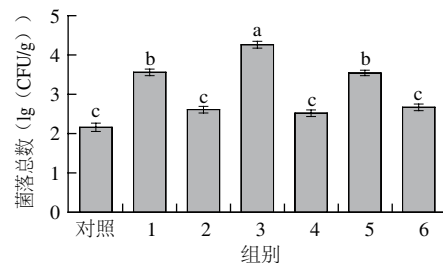


图4 不同处理组牛肉丸的菌落总数

Fig. 4 Aerobic plate counts of different group meatballs

由图4可知，第1、3、5组牛肉丸的菌落总数均显著高于对照组 ($P<0.05$)，第2、4、6组与对照组接近 ($P>0.05$)。除第3组外，其他处理组牛肉丸的菌落总数均在国家标准允许的范围 ($\lg (\text{CFU/g}) < 4$) 内，说明低钠复合盐对牛肉丸的菌落总数有一定的抑制作用，这与Blesa^[15]、Gimeno^[16]、Aliño^[18]等的研究结论基本一致。

2.6 不同处理组牛肉丸的质构特性

由图5~6可知，不同比例的复合盐对牛肉丸的胶凝性和咀嚼性影响不尽相同。第1、2、3组牛肉丸的胶凝性显著低于对照组 ($P<0.05$)，而第4、5、6组显著高于对照组 ($P<0.05$)，其中第5组牛肉丸的胶凝性最佳，可能是由于乳酸钾及酵母提取物的添加改变了肉馅的pH值并使蛋白质的空间网络变得疏松，增加了肉丸的保水性，经加热煮制使得胶原蛋白和肌纤维蛋白充分凝胶化所致。第4组牛肉丸的咀嚼性与对照组最为接近，且差异不显著 ($P>0.05$)；第5组牛肉丸的咀嚼性与第4组差异不显著 ($P>0.05$)；其他处理组牛肉丸的咀嚼性均高于对照组，其中第1、2、3、6组显著高于对照组 ($P<0.05$)。

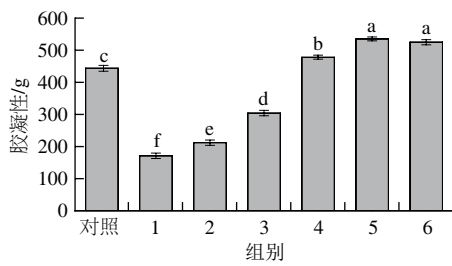


图5 不同处理组牛肉丸的胶凝性

Fig. 5 Gelation properties of different groups of meatballs

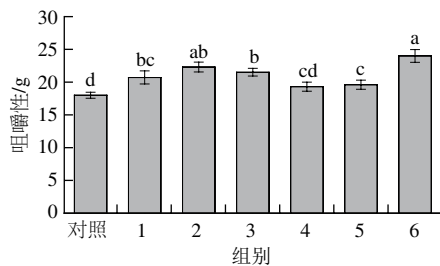


图6 不同处理组牛肉丸的咀嚼性

Fig. 6 Chewiness of different groups of meatballs

2.7 不同处理组牛肉丸的感官评分

表4 不同处理组牛肉丸的感官评分

Table 4 Sensory evaluation of different groups of meatballs

组别	口感	色泽	弹脆度	组织状态	综合评分
对照	3.00±0.63 ^a	2.67±0.58 ^a	3.67±0.58 ^a	3.67±0.58 ^a	13.01±1.00 ^a
1	3.00±0.63 ^a	2.00±1.00 ^b	2.67±0.58 ^{ab}	4.67±0.58 ^b	12.34±1.15 ^{ab}
2	2.50±0.84 ^b	1.33±0.58 ^b	2.33±0.58 ^b	3.33±0.58 ^b	9.49±1.15 ^c
3	2.85±0.75 ^b	2.00±1.00 ^b	2.67±0.58 ^{ab}	4.00±0.00 ^b	11.52±1.73 ^b
4	2.33±0.82 ^b	2.33±0.58 ^b	2.00±0.00 ^c	3.67±0.58 ^a	10.33±1.53 ^c
5	3.00±0.63 ^a	2.67±0.00 ^b	3.33±0.58 ^{ab}	3.33±0.58 ^b	12.33±1.00 ^{ab}
6	2.75±1.25 ^a	2.00±0.00 ^b	2.00±0.00 ^c	2.67±0.58 ^a	9.42±1.50 ^{bc}

低钠盐的咸度和口感是衡量低钠盐配方品质好坏的重要指标^[28]。由表4可知,第1、3、5、6组牛肉丸的口感评分均与对照组无显著差异($P>0.05$),第2、4组的口感评分显著低于其他处理组($P<0.05$),这说明KCl的添加会影响产品的口感,与吴海舟^[25]、Gelabert^[29]等的研究结果基本一致,同时,添加一定量的酵母提取物确实起到了很好的提高风味的作用;除第2组外,其他处理组牛肉丸的色泽评分均与对照组无显著差异($P>0.05$);第1、3、5组的弹脆度评分均与对照组无显著差异($P>0.05$),第2、4、6组则显著低于对照组($P<0.05$);除1、3组外,其他处理组牛肉丸的组织状态评分均与对照组无显著差异($P>0.05$);第1、5组的综合评分与对照组最为接近,且差异不显著($P>0.05$)。

3 结论

本研究将KCl、MgCl₂、乳酸钾以及酵母提取物按6种不同配比复合,进行低钠盐牛肉丸的加工,在牛肉丸冻藏第60天时分别测定其解冻损失、蒸煮损失、水分活度、质构特性、色差值、贮藏期间的菌落总数及感官指标,并与添加2.0% NaCl的对照组相比较,筛选出适用于肉制品加工的低钠复合盐配比为1.0% NaCl、0.5% KCl、0.5%乳酸钾与2.0%酵母提取物,采用此低钠复合盐加工牛肉丸不仅能减少产品中50%的NaCl含量,还能达到单纯使用NaCl时的效果,是一种理想的NaCl替代物。

综上所述,目前对于寻求钠盐替代物的研究较多,而针对低钠盐对产品品质及安全性方面的研究还不够深入,尤其是对于低钠盐的使用缺乏具体的政策、配套的产品标准及检验方法,这些方面还需进一步研究和探讨。本研究开发的低钠复合盐中的KCl可作为盐及代盐制品,乳酸钾可作为水分保持剂,二者在牛肉丸中的添加均符合国家标准中的规定,且安全、可靠,具有很好的应用前景。

参考文献:

- [1] EOIN D. Reducing salt: a challenge for meat industry[J]. Meat Science, 2006, 74(1): 188-196. DOI:10.1016/j.meatsci.2006.04.014.
- [2] TIM H. Technological functions of salt in the manufacturing of food and drink productions[J]. British Food Journal, 2002, 104(2): 126-152. DOI:10.1111/1541-4337.12277.
- [3] 李培迪,张德权,田建文.低盐低脂功能性肉制品的研究进展[J].食品工业科技,2014,35(16):391-394. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2014.16.076.
- [4] 孔保华.肉制品深加工技术[M].北京:科学出版社,2014:64-65.
- [5] GRAIVER N, PINOTTI A, CALIFANO A, et al. Diffusion of sodium chloride in pork tissue[J]. Journal of Food Engineering, 2006, 77(4): 910-918. DOI:10.1016/j.jfoodeng.2005.08.018.
- [6] PETRACCI M, BIANCHI M, MUDALAL S, et al. Functional ingredients for poultry meat products[J]. Trends in Food Science and Technology, 2013, 33: 27-39. DOI:10.1016/j.tifs.2013.06.004.
- [7] 安攀宇.低脂低钠传统中式香肠的研究[D].昆明:云南农业大学,2012:9-10.
- [8] 詹昌玲.复合食盐对鸭肉干品质的影响[D].合肥:合肥工业大学,2010:4-5.
- [9] 张喜才.低盐腊肉的复合腌制剂配方研究[J].荆楚理工学院学报,2015,30(2):25-28. DOI:10.14151/j.cnki.jclgxyxb.2015.02.005.
- [10] 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):22-26.
- [11] 张露,张雅玮,惠腾.低钠盐对干腌肉制品加工过程中理化特性的影响[J].食品科学,2014,35(17):77-82. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201417016.
- [12] 林欢.冷鲜猪肉制作低钠盐香肠的品质特性、机理及风味优化研究[D].武汉:武汉轻工大学,2015:1-2.
- [13] World Health Organization/Food Agriculture Organization. Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases[R]. Geneva: World Health Organization, 2003, 916: 1-149.



- [14] ZANARDI E, GHIDINI S, CONTER M, et al. Mineral composition of Italian salami and effect of NaCl partial replacement on compositional, physicochemical and sensory parameters[J]. *Meat Science*, 2010, 86(3): 742-747. DOI:10.1016/j.meatsci.2010.06.015.
- [15] BLES A E, ALINO M, BARAT J M, et al. Microbiology and physicochemical changes of dry-cured ham during the post-salting stage as affected by partial replacement of NaCl by other salts[J]. *Meat Science*, 2008, 78(1/2): 135-142. DOI:10.1016/j.meatsci.2007.07.008.
- [16] GIMENO O, ASTIASARAN I, BELLO J. Influence of partial replacement of NaCl with KCl and CaCl₂ on microbiological evolution of dry fermented sausages[J]. *Food Microbiology*, 2001, 18(3): 329-334. DOI:10.1006/fmic.2001.0405.
- [17] GOU P, GUERRERO L, GELABERT J, et al. Potassium chloride, potassium lactate and glycine as sodium chloride substitutes in fermented sausages and in dry-cured pork loin[J]. *Meat Science*, 1996, 42(1): 37-48. DOI:10.1016/0309-1740(95)00017-8.
- [18] ALIÑO M, GRAU R, TOLDRA F, et al. Physicochemical properties and microbiology of dry-cured loins obtained by partial sodium replacement with potassium, calcium and magnesium[J]. *Meat Science*, 2010, 85(3): 580-588. DOI:10.1016/j.meatsci.2010.03.009.
- [19] CHOI Y M, JUNG K C, JO H M, et al. Combined effects of potassium lactate and calcium ascorbate as sodium chloride substitutes on the physicochemical and sensory characteristics of low-sodium frankfurter sausage[J]. *Meat Science*, 2014, 96(1): 21-25. DOI:10.1016/j.meatsci.2013.06.022.
- [20] ANNA C C, BRUNO R C, SURENDRANATH S, et al. Physico-chemical and sensory attributes of low-sodium restructured caiman steaks containing microbial transglutaminase and salt replacers[J]. *Meat Science*, 2014, 96: 623-632. DOI:10.1016/j.meatsci.2013.08.003.
- [21] 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(2): 163-167. DOI:10.13995/j.cnki.11-1802/ts.2010.02.023.
- [22] 刘媛. 低钠盐对灌肠品质的影响[D]. 长春: 吉林农业大学, 2015: 42-43.
- [23] HORITA C N, MORGANO M A, CELEGHINI R M S, et al. Physicochemical and sensory properties of reduced-fat mortadella prepared with blends of calcium, magnesium and potassium chloride as partial substitutes for sodium chloride[J]. *Meat Science*, 2011, 89(4): 426-433. DOI:10.1016/j.meatsci.2011.05.010.
- [24] ARMENTEROS M, ARISTOY M C, BARAT J M, et al. Biochemical and sensory changes in dry-cured ham salted with partial replacements of NaCl by other chloride salts[J]. *Meat Science*, 2012, 90(2): 361-367. DOI:10.1016/j.meatsci.2011.07.023.
- [25] 吴海舟, 张迎阳, 黎良浩, 等. KCl部分替代NaCl腌制对干腌肉制品蛋白质水解和感官品质的影响[J]. *食品科学*, 2014, 35(1): 39-43. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201401008.
- [26] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. GB 4789.2—2016 食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [27] ALIÑO M, GRAU R, FUENTES A, et al. Influence of low-sodium mixtures of salts on the post-salting stage of dry-cured ham progress[J]. *Journal of Food Engineering*, 2010, 99(2): 198-205. DOI:10.1016/j.jfoodeng.2010.02.020.
- [28] 惠延波, 白薇薇, 樊留强, 等. 电子舌技术在低钠盐配方检测评价中的应用[J]. *食品工业科技*, 2017, 38(5): 315-318. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2017.05.051.
- [29] GELABERT J, GOU P, GUERRERO L, et al. Effect of sodium chloride replacement on some characteristics of fermented sausages[J]. *Meat Science*, 2003, 65(2): 833-839. DOI:10.1016/s0309-1740(02)0028-7.