

# 添加酪蛋白酸钠 对低脂乳化香肠食用品质的影响

曹莹莹,张百刚,任海伟,王永刚,刘晓风,赵萍,吴英,程松  
(兰州理工大学生命科学与工程学院,甘肃兰州 730050)

**摘要:**本研究测定不同添加量的酪蛋白酸钠(0、0.5%、1.0%、1.5%、2%)对各组乳化香肠保水性、蒸煮损失、色泽、pH、感官品质和质构特性等食用品质的影响。结果表明:添加酪蛋白酸钠组与对照组(酪蛋白酸钠添加量0)的保水性、蒸煮损失、色泽、感官品质和质构特性存在显著差异( $p < 0.05$ ),而pH无显著差异( $p > 0.05$ )。随着酪蛋白酸钠添加量的增加,保水性、硬度、胶黏性、胶着性、咀嚼性和感官得分显著提高,亮度( $L^*$ )和蒸煮损失显著降低。酪蛋白酸钠添加量为1.5%的样品组,香肠保水性、硬度、胶黏性、胶着性、咀嚼性和感官评定得分最高,蒸煮损失最小,添加1.5%的酪蛋白酸钠可作为脂肪替代品在肉制品中推广应用。

**关键词:**酪蛋白酸钠,低脂,乳化香肠,食用品质

## Effect of adding sodium caseinate on the eating quality of low-fat emulsion-type sausage

CAO Ying-ying, ZHANG Bai-gang, REN Hai-wei, WANG Yong-gang,  
LIU Xiao-feng, ZHAO Ping, WU Ying, CHENG Song

(College of Life science and Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China)

**Abstract:** This study examined the effect of different amounts of added sodium caseinate (0%, 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0%) on water-holding capacity, cooking loss, the color, pH, sensory evaluation and texture properties of each group emulsion-type sausage. The results showed that the significant differences ( $p < 0.05$ ) existed in water-holding capacity, cooking loss, the color, sensory evaluation and texture properties while the indistinctive differences existed in pH value ( $p > 0.05$ ) between the presence and absence of sodium caseinate. Water-holding capacity, hardness, adhesiveness, gumminess, chewiness and sensory evaluation were all increasing significantly while light value ( $L^*$ ) and cooking loss were both decreased significantly with increasing addition of sodium caseinate. The addition amount of 1.5% sodium caseinate group, which had the highest water-holding capacity, hardness, adhesiveness, gumminess, chewiness and sensory evaluation and the lowest cooking loss. The addition amount of 1.5% sodium caseinate can be used as fat substitutes in meat products.

**Key words:** sodium caseinate; low-fat; emulsion-type sausage; eating quality

中图分类号: TS251.6

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2016)03-0286-05

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2016.03.051

肉制品中的脂肪组织有很重要的作用,然而,高脂肪含量食物,尤其是动物脂肪,一般都含有较多的饱和脂肪酸和胆固醇<sup>[1]</sup>。研究表明,长期食用高脂肪食物会增加过度肥胖、高血压、心血管等疾病的发病率<sup>[2]</sup>。

对于肉制品而言,单纯减少的脂肪含量会给产品风味、质构和口感等特性带来一系列改变,甚至会导致产品的消费者接受性大大下降。低脂肉制品目的在于提供优质蛋白质来源、保证感官质量的同时,降低脂肪含量,减少人们由于食用肉制品所带来高

脂肪的摄入风险,同时能保证产品的品质不受影响,成了目前急需解决的重要课题。

在低脂肉制品的脂肪替代品研究中,酪蛋白酸钠(sodium caseinate,酪蛋白酸钠)是一种被联合国粮食及农业组织(Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO)和世界卫生组织(World Health Organization, WHO)食品添加剂委员会确定为无限量使用的食品添加剂<sup>[3]</sup>,我国食品添加剂使用卫生标准 GB-2760-2014 规定酪蛋白酸钠可在肉制品中按生产需要适量使用。

收稿日期: 2015-06-08

作者简介: 曹莹莹(1981-),女,博士,讲师,研究方向:肉品加工与质量控制, E-mail: cy\_0533@126.com。

基金项目: 博士启动基金项目(10-0106)。

酪蛋白酸钠作为一种天然、营养、多功能的食品添加剂在肉制品中的应用已日益受到人们的关注。与市场上应用较多的大豆蛋白相比,酪蛋白酸钠乳化液的热稳定性较高<sup>[4]</sup>。早期研究大都集中在酪蛋白酸钠对肉制品食用品质的某一方面,如酪蛋白酸钠可以减少猪肉凝胶的蒸煮损失<sup>[5]</sup>;增加法兰克福香肠产量<sup>[6]</sup>;显著提高火腿的保水性<sup>[7]</sup>,缺乏其对肉制品食用品质的系统研究。

本研究拟探讨添加酪蛋白酸钠对低脂乳化肠质构特性、保水性、蒸煮损失、色泽、pH 和感官品质等综合食用品质的影响,为低脂肉制品开发和酪蛋白酸钠在乳化香肠中的应用提供理论参考和技术支持。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

猪精肉、猪肥膘 兰州理工大学菜市场;市购猪肠衣、大豆分离蛋白、麦芽糊精、白砂糖、姜、白胡椒粉、食盐、白砂糖、硝酸钠均为食品级。酪蛋白酸钠 食品级(蛋白质含量 $\geq 90.0\%$ ),郑州皇朝化工产品有限公司。

MM12 型绞肉机 广州市番禺成功烘培设备制造有限公司;ZB-5 型斩拌机 河北省大厂县华映食品机械有限公司;HH-4 型数显恒温水浴锅 国华电器有限公司;HX-202 型电子天平 慈溪市天东衡器厂;TD5A-WS 型离心机 长沙湘仪离心机仪器有限公司;BCD-206STPA 型冰箱 青岛海尔股份有限公司;SP60 系列积分球式色差仪 爱色丽股份有限公司;ES-2002H 型电子分析天平 长沙湘平科技发展有限公司;JRJ-300-1 型剪切乳化搅拌机 上海标本模型厂制造;便捷式手持 pH 计 天津市盛邦科学仪器技术公司;TA.XTPlus Texture Analyser 质构仪 英国 Stable Micro Systems 公司。

### 1.2 实验方法

1.2.1 乳化肠的制备 在低温操作间温度(0~4℃),将猪瘦肉清洗、去皮、剔除可见脂肪、结缔组织和肌膜,切成 3 cm×3 cm×3 cm 肉块;肥肉去皮切成 2 cm×2 cm×2 cm 块状,瘦肉和肥肉分别放入绞肉机连续绞 2 次。

制作工艺(参照王健方法<sup>[1]</sup>并稍作修改):鲜肉→修整→绞肉→腌制(加入食盐、亚硝酸盐,拌和均匀,0~4℃,24 h)→斩拌(加冰水,10 min)→灌肠→蒸煮→冷却→冷藏(4℃)→测定。

配方(参考 A.M.Pearson, T.A.Gillett<sup>[8]</sup>) 瘦肉糜(86%)、肥肉糜(14%)、水(26.5%)、大豆分离蛋白(8.571%)、盐(1.857%)、麦芽糊精(1.429%)、白胡椒粉(0.343%)、白砂糖(0.171%)、姜(0.029%)、硝酸钠(0.015%)。酪蛋白酸钠(按照总肉质量的 0、0.5%、1%、1.5%、2% 分 5 个处理组加入),比例按总肉质量计。

1.2.2 保水性测定 参照 Perez-Mateos 等<sup>[9]</sup>和周存六方法<sup>[10]</sup>并稍作改动。称取肉糜样品 2~3 g,从斩拌好的肉馅中称取约 2.00~3.00 g 肉糜,称其质量记为  $w_1$ ,用滤纸包好,置于 10 mL 离心管中(底部放一小块棉花球),在 25℃ 以下 3500 r/min 转速离心 10 min,取出称离心后的质量,记为  $w_2$ ,每组做至少 3 个平行。保水性由下式计算:

$$\text{保水性}(\%) = \frac{w_1 - w_2}{w_1} \times 100$$

1.2.3 蒸煮损失测定 参考王晓娟<sup>[11]</sup>方法,准确称量蒸煮前香肠的重量,并记录数据。将香肠在 80℃ 恒温水浴中加热 30 min,取出后用清水冲淋使其温度降低。再用滤纸将香肠表面的水分吸干,并准确称量蒸煮后香肠的重量。每组做 3 个平行,按下式计算蒸煮损失率。

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

式中: $m_1$  为蒸煮前香肠的质量,g; $m_2$  为蒸煮后香肠的质量,g。

1.2.4 色泽检测 用薄型刀片沿横向将香肠切成约 3 mm 厚的薄片,色差仪进行测定,测定前要先进行校正。检测结果以  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  表示。每组做 3 个平行。

1.2.5 pH 测定 称取约 30.00 g 香肠样品,切碎,加入 200 mL 蒸馏水,用均浆机均浆后用 pH 计进行测定。每组做 3 个平行,实验重复 3 次。

1.2.6 感官评价 以 8 位食品专业的教师和学生作为感官评定小组,对产品的色泽、香气、口感、切片性能进行感官评价<sup>[10]</sup>,评分标准见表 1。

1.2.7 成品质构 参照邓亚敏<sup>[12]</sup>和于建行方法<sup>[13]</sup>,将斩拌的肉糜样品装入 50 mL 离心管中,室温下以 2500 r/min 转速离心 3 min,驱除肉糜中较大的气泡然后置于 80℃ 恒温水浴加热 30 min,低温冷却后,放入 0~4℃ 冰箱中放置 24 h,备用。每个处理重复三次。

将冷却样品放入室温平衡 2 h 进行质构测试,将

表 1 感官评价标准

Table 1 Sensory evaluation criteria of emulsion-type sausage

得分(分)	色泽(30%)	口感(40%)	香气(20%)	切片性能(10%)
9~10	颜色呈红色,色泽正常	较嫩,富有弹性,有点甜味	香气浓郁,有猪肉的香味	切片坚实,平滑、
7~8	色泽呈灰色或灰红色,色泽一般	较嫩,弹性一般,稍有甜味	香气一般,基本没猪肉的香味	切片偶有裂隙,外周有软化现象
4~6	颜色呈灰色,色泽暗淡,表面无光泽	嫩度一般,弹性一般,没有甜味	香气较少,较难闻到	切片裂隙较多,外周软化
0~3	颜色呈灰色或暗黑色,表面无光泽,不愿意接受	嫩度较差,弹性较差,没有甜味	没有香气	切片易散

成品处理成 1 cm × 1 cm × 1 cm 的标准立方体。采用质构仪质构剖面分析 (texture profile analysis, TPA) 程序模块测定香肠的质构特性。测定指标有: 硬度 (Hardness)、弹性 (Springiness)、粘聚性 (Cohesiveness)、胶着性 (Gumminess)、咀嚼性 (Chewiness)、回复性 (Resilience)、粘附性 (Adhesiveness)。具体测定参数参考邓亚敏<sup>[12]</sup>方法, 如下: 探头 P 50; 测前速度 2 mm/s, 测中速度 1 mm/s, 测后速度 1 mm/s, 间隔时间 5S, 数据收集率 200 点/s, 压缩比 50%, 触发力 5.0 g, 触发类型 auto, 每组 6 个平行, 重复 3 次。测试完后, 用仪器自带的软件 Texture Expert Exceed 2.64 a 内部宏 TPA.MAC 对测试结果进行处理。

### 1.3 数据分析

运用 SPSS 13.0 数据分析软件 (SPSS Inc., Chicago, USA) 进行单因素方差分析 ANOVA, 并通过 Duncan 法进行多重比较, 结果以平均值 ± 标准差的形式表示, 显著性水平  $p < 0.05$ 。

## 2 结果与分析

### 2.1 酪蛋白酸钠添加量对香肠保水性和蒸煮损失的影响

对照组香肠的保水性为 90.73%, 当酪蛋白酸钠添加量在 0.5%~2.0% 范围内时, 随着酪蛋白酸钠用量的增加, 香肠的保水性逐渐增加, 且所有处理组香肠的保水性都显著高于对照组 ( $p < 0.05$ )。这与 Silva J I<sup>[14]</sup> 的研究结果一致, 酪蛋白酸钠的加入显著提高火腿的保水性 ( $p < 0.05$ )。当酪蛋白酸钠添加量为 0.5%、1.0% 时香肠保水性的差异不显著 ( $p > 0.05$ ), 这与华晓南<sup>[15]</sup> 的结果一致。

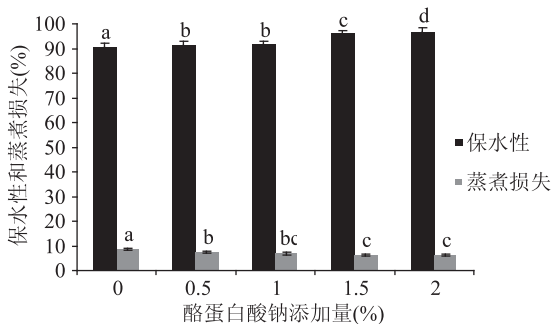


图1 酪蛋白酸钠添加量

对乳化肠保水性和蒸煮损失的影响

Fig.1 Effect of adding sodium caseinate

on water-holding capacity and cooking loss of emulsion-type sausage

注: 字母相同表示差异不显著 ( $p > 0.05$ ),

字母不同表示差异显著 ( $p < 0.05$ )。图2、表3、表4同。

蒸煮损失影响原料肉的成本和最终产品的组分和风味<sup>[16]</sup>。对照组香肠的蒸煮损失为 8.61%, 当酪蛋白酸钠含量在 0.5%~2.0% 范围内时, 随着酪蛋白酸钠用量的增加, 香肠的蒸煮损失逐渐降低, 最小值为 6.21%, 且所有处理组香肠的蒸煮损失显著低于对照组 ( $p < 0.05$ )。这说明酪蛋白酸钠对香肠的蒸煮损失的降低有显著的效果, 这与 Pietrasik Z<sup>[17]</sup> 的研究

结果一致, 酪蛋白酸钠可以减少猪肉凝胶的蒸煮损失。陈建良等<sup>[18]</sup> 发现添加酪蛋白酸钠经高静压处理的鸡肉肠制品蒸煮损失明显降低。王晓娟<sup>[11]</sup> 用不同比例酪蛋白酸钠-葵花籽油预乳化液替代猪背膘制备乳化肠对其蒸煮损失率的研究发现, 替代比例为 (0%~75%) 范围时, 乳化肠的蒸煮损失率逐渐下降, 且均低于对照组。当酪蛋白酸钠含量为 0.5%、1.0% 时香肠蒸煮损失的差异不显著 ( $p > 0.05$ ), 这与保水性规律一致, 当酪蛋白酸钠含量为 1.0%~2.0% 时, 各处理组香肠的蒸煮损失差异不显著 ( $p > 0.05$ ), 这表明当酪蛋白酸钠用量达到一定程度后, 香肠的蒸煮损失趋于稳定。

### 2.2 酪蛋白酸钠添加量对香肠色差的影响

肉色是影响肉和肉制品消费接受度的一个重要的质量属性。当酪蛋白酸钠含量在 0.5%~2.0% 范围内时, 随着酪蛋白酸钠用量的增加, 香肠的  $L^*$  先降低后升高, 且所有处理组香肠的  $L^*$  都显著低于对照组 ( $p < 0.05$ )。这可能是该酪蛋白酸钠颜色稍黄影响了肉品表面对光线的反射能力; 随着酪蛋白酸钠用量的增加, 香肠的  $a^*$  先降低后升高, 各处理组香肠的  $a^*$  差异不显著 ( $p > 0.05$ )。对照组的黄度  $b^*$  为 11.64, 当酪蛋白酸钠含量在 0.5%~1.5% 范围内时, 随着酪蛋白酸钠用量的增加, 香肠的  $b^*$  呈现波浪式变化, 各处理组香肠的  $b^*$  差异不显著 ( $p > 0.05$ )。当酪蛋白酸钠含量为 2.0% 时, 香肠的  $b^*$  达到最大, 与其他组香肠相比,  $b^*$  显著增加 ( $p < 0.05$ )。

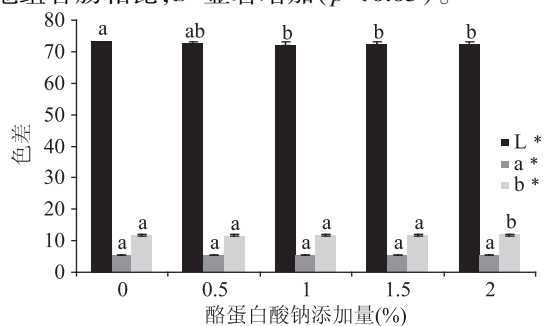


图2 酪蛋白酸钠添加量对产品色差的影响

Fig.2 Effect of adding sodium caseinate

on color parameters of emulsion-type sausage

### 2.3 酪蛋白酸钠添加量对香肠 pH 的影响

pH 是影响香肠制品货架期的重要因素, 脂肪替代品的加入不应影响这个指标的变化<sup>[19]</sup>。对照组的 pH 为 6.70, 当酪蛋白酸钠含量在 0.5%~2.0% 范围内时, 随着酪蛋白酸钠用量的增加, pH 先降低后升高再降低, 最高值为 6.70, 最小值为 6.67, 各处理组 pH 差异不显著 ( $p > 0.05$ ), 因此, 用酪蛋白酸钠替代脂肪是可行的, 不会显著影响产品的货架期。

### 2.4 酪蛋白酸钠添加量对香肠感官品质的影响

表3说明了各组香肠在色泽、香气、口感、切片性和总分的差异。当酪蛋白酸钠添加量 0.5%~1.5% 范围内, 对香肠的感官特性有一定的改善作用, 当酪蛋白酸钠添加量为 2% 时, 会影响色泽、香气、口感。总体而言, 酪蛋白酸钠添加量为 1.5%, 香肠的感官特性最好。

表2 酪蛋白酸钠添加量对产品 pH 的影响

Table 2 Effect of added sodium caseinate on pH of emulsion-type sausage

酪蛋白酸钠添加量(%)	0	0.5	1.0	1.5	2.0
pH	6.70 ± 0.00	6.70 ± 0.00	6.67 ± 0.05	6.68 ± 0.05	6.68 ± 0.05

表3 酪蛋白酸钠添加量对产品感官品质的影响

Table 3 Effect of adding sodium caseinate on sensory attributes of emulsion-type sausage

酪蛋白酸钠添加量(%)	色泽 30%	香气 20%	口感 40%	切片性 10%	总分
0	22.50 ± 1.50 <sup>ab</sup>	15.33 ± 1.15 <sup>a</sup>	29.33 ± 2.30 <sup>a</sup>	7.67 ± 0.57 <sup>a</sup>	74.83 ± 3.32 <sup>ab</sup>
0.5	25.50 ± 1.50 <sup>bc</sup>	15.33 ± 1.15 <sup>a</sup>	31.33 ± 1.15 <sup>a</sup>	8.33 ± 0.57 <sup>a</sup>	80.33 ± 2.29 <sup>c</sup>
1	25.00 ± 1.73 <sup>abc</sup>	15.00 ± 1.73 <sup>a</sup>	30.67 ± 2.30 <sup>a</sup>	7.83 ± 0.76 <sup>a</sup>	78.50 ± 1.32 <sup>bc</sup>
1.5	26.00 ± 1.73 <sup>c</sup>	14.33 ± 0.57 <sup>a</sup>	32.00 ± 2.00 <sup>a</sup>	8.00 ± 0.50 <sup>a</sup>	80.50 ± 1.89 <sup>c</sup>
2	22.00 ± 1.73 <sup>a</sup>	13.33 ± 1.15 <sup>a</sup>	28.67 ± 1.15 <sup>a</sup>	8.00 ± 1.00 <sup>a</sup>	72.00 ± 2.64 <sup>a</sup>

表4 酪蛋白酸钠添加量对产品质构的影响

Table 4 Effect of adding sodium caseinate on texture properties of emulsion-type sausage

酪蛋白酸钠添加量(%)	硬度(g)	粘附性(g)	粘聚性	弹性(mm)	胶着性(g)	咀嚼性(g × mm)	回复性
0	1166.31 ± 214.35 <sup>a</sup>	1.59 ± 0.58 <sup>a</sup>	0.45 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.85 ± 0.01	502.14 ± 137.47 <sup>a</sup>	427.81 ± 105.68 <sup>a</sup>	0.16 ± 0.01 <sup>a</sup>
0.5	1158.32 ± 175.38 <sup>a</sup>	6.24 ± 3.10 <sup>b</sup>	0.46 ± 0.01 <sup>ab</sup>	0.87 ± 0.01	538.79 ± 83.22 <sup>a</sup>	470.63 ± 71.35 <sup>ab</sup>	0.17 ± 0.0 <sup>ab</sup>
1	1214.88 ± 110.85 <sup>a</sup>	7.11 ± 3.72 <sup>bc</sup>	0.48 ± 0.01 <sup>bc</sup>	0.87 ± 0.05	578.97 ± 42.07 <sup>a</sup>	528.96 ± 39.77 <sup>b</sup>	0.18 ± 0 <sup>bcd</sup>
1.5	1525.86 ± 223.21 <sup>b</sup>	9.81 ± 4.72 <sup>c</sup>	0.48 ± 0.02 <sup>bc</sup>	0.86 ± 0.02	760.95 ± 158.77 <sup>b</sup>	660.05 ± 130.19 <sup>c</sup>	0.18 ± 0.01 <sup>bcd</sup>
2	1468.39 ± 124.62 <sup>b</sup>	13.25 ± 2.97 <sup>d</sup>	0.49 ± 0.02 <sup>c</sup>	0.86 ± 0.02	730.51 ± 95.31 <sup>b</sup>	633.41 ± 85.83 <sup>c</sup>	0.19 ± 0.01 <sup>d</sup>

## 2.5 酪蛋白酸钠添加量对香肠质构的影响

由表4的质构数据可知,随着酪蛋白酸钠用量的增加,低脂香肠硬度、粘附性、粘聚性、胶着性、咀嚼性和回复性,都呈现逐渐升高的趋势;低脂香肠的弹性变化不显著( $p > 0.05$ )。

与对照组相比,添加酪蛋白酸钠组的香肠的质构特性具有明显的改善,综合来看,酪蛋白酸钠添加量为1.5%组的香肠的质构特性最好。

## 3 讨论

酪蛋白酸钠添加到肉糜中,因酪蛋白酸钠分子中既含有亲水基团又含有疏水基团,作为乳化剂形成的乳化液黏着性强,在与肉糜一起斩拌的过程中,可以与肌原纤维蛋白紧密结合,另外它可以优先于脂肪结合,这样肌原纤维蛋白节省下来形成凝胶的三维网络,从而包裹更多的水分、脂肪(脂肪则可形成更细的颗粒,填充在溶胀的肉纤维间,加热时形成稳定的凝胶体系)和其他物质,减少水分和油滴的析出,所以保水性提高,蒸煮损失降低<sup>[20]</sup>。另一方面,由于酪蛋白酸钠缺乏二级结构中的 $\alpha$ -螺旋和 $\beta$ -折叠,它的多肽链任意卷曲,所以具有良好的柔韧性和延展性,在乳化脂肪时,可包裹在脂肪球的表面上形成一层约1  $\mu\text{m}$ 厚的均匀的强韧亲水蛋白膜,即使是在巴氏杀菌温度下,酪蛋白酸钠也不会变性凝结,蛋白膜也依然稳定,脂肪球被完好的保存在蛋白膜中,不会因为收缩破裂而导致乳化体系稳定性的破坏,有效防止了油滴和水分的流失<sup>[21]</sup>,所以可以提高体系的保水性。酪蛋白酸钠添加到肉糜中,成品中的脂肪可被乳化成细小的球滴,分散在溶胀的肉纤维间,阻止溶胀纤维的过度收缩<sup>[22]</sup>。

本研究表明,与对照组相比,加入酪蛋白酸钠后乳化肠的质构特性和感官品质提高;弹性无显著的变化( $p > 0.05$ ),这可能与酪蛋白酸钠的添加方式有关。另外,酪蛋白酸钠的加入使香肠中的各组分均匀分布,这使得质构特性均匀稳定。曹莹莹<sup>[23]</sup>研究酪蛋白酸钠对兔肉肌球蛋白热凝胶的影响发现,加入酪蛋白酸钠后,凝胶结构显著改变,形成多孔、结实、光滑具有规则的三维网络结构,凝胶孔径变小,交联增多,相邻的大分子之间形成很多的桥联。这说明肌球蛋白-酪蛋白酸钠相互作用的形成。Dimitris Petridis<sup>[24]</sup>研究酪蛋白酸钠等成分对法兰克福香肠质构的影响发现,酪蛋白酸钠可以改善产品的质构特性。吕兵等<sup>[25]</sup>研究发现,添加2%的酪蛋白可显著提高肉糜的出品率和感官质量评分。赵颖颖等<sup>[16]</sup>用酪蛋白酸钠-大豆油预乳化液超声处理对低脂法兰克福香肠品质的影响,发现酪蛋白酸钠能够减少法兰克福香肠的胆固醇,显著降低能量,随着替代比例的增大,香肠的硬度和咀嚼性减小,弹性、内聚性和回复性增加,该研究质构特性的变化趋势与本研究不同的原因可能与该研究进行的超声处理有关。

## 4 结论

本文研究了添加不同酪蛋白酸钠(0.5%~2.0%)对低脂乳化肠保水性、蒸煮损失、色泽、pH、感官品质和质构特性等食用品质的影响。应用方差分析方法对数据进行统计分析,得到如下结果:随着酪蛋白酸钠用量的增加,香肠的保水性逐渐增加,所有处理组香肠的保水性都显著高于对照组( $p < 0.05$ );蒸煮损失逐渐降低,所有处理组香肠的蒸煮损失都显著低于对照组( $p < 0.05$ );酪蛋白酸钠的添加,香肠的L\*

显著降低,  $a^*$  变化不显著, 最大量添加 2%, 显著增加香肠的  $b^*$  ( $p < 0.05$ ); 香肠的 pH 无显著的改变 ( $p > 0.05$ ), 不会影响产品的货架期; 其添加显著增加香肠的硬度、胶黏性、粘聚性、胶着性、咀嚼性、回复性, 不显著增加香肠的弹性; 酪蛋白酸钠的添加对低脂乳化肠的感官特性有一定的改善作用。本实验得出 1.5% 是酪蛋白酸钠较优的添加量。

本研究的意义是开发了酪蛋白酸钠在低脂乳化肠中的应用, 发现它不仅能降低产品的脂肪含量, 而且能改善其食用品质, 这为低脂肉制品的开发提供了理论指导和技术支持。本实验得出添加 1.5% 的酪蛋白酸钠可以作为脂肪替代品在肉制品中推广应用。

### 参考文献

- [1] 王健, 张坤生, 任云霞. 柑橘纤维在低脂肉制品中的应用研究[J]. 中国食品添加剂, 2010(6): 204-208.
- [2] Ozvural E B, Vural H. Utilization of interesterified oil blends in the production of frankfurters[J]. Meat Science, 2008, 78(3): 211-216.
- [3] 胡国华. 功能性食品胶[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004.
- [4] 张芳, 徐学万. 酪蛋白酸钠在食品工业中的应用[J]. 肉类工业, 2001(6): 31-33.
- [5] Pietrasik Z, Jarmoluk A. Effect of sodium caseinate and k-carrageenan on binding and textural properties of pork muscle gels enhanced by microbial transglutaminase addition[J]. Food Research International, 2003, (36): 285-294.
- [6] Yoshino A, Haga S. Effects of curing agents on processing properties of high pressure treatment porcine minced meat[J]. High Pressure Biotechnology, 1994, 264-277.
- [7] Atughonu A G, Zayas J F, Herald T J, et al. Thermorheology, quality characteristics, and microstructure of frankfurters prepared with selected plant and milk additives[J]. Journal of Food Quality, 1998, 21(3): 223-238.
- [8] AMPearson, TAGillett. 肉制品加工技术[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2004.
- [9] Pietrasik Z. Binding and textural properties of beef gels processed with k-carrageenan, egg albumin and microbial transglutaminase[J]. Meat Science, 2003(63): 317-324.
- [10] 周存六, 汤忠, 阮敏敏, 等. 灵芝多糖替代脂肪对猪肉灌肠品质特性影响[J]. 食品研究与开发, 2012(7): 84-87.
- [11] 王晓娟, 李伟锋, 唐长波, 等. 酪蛋白酸钠-葵花籽油协同对乳化肠品质特性的影响[J]. 食品科学, 2015(3): 51-56.
- [12] 邓亚敏, 张立芳, 邵俊花, 等. 胡萝卜汁添加对乳化肠食用品质的影响[J]. 肉类研究, 2014, (4): 1-4.
- [13] 于建行, 夏杨毅, 尚永彪, 等. 卡拉胶和黄原胶对转谷氨酰胺酶处理 PSE 兔肉糜蒸煮损失与成胶能力的影响[J]. 食品科学, 2014(15): 77-81.
- [14] Silva J I, Morais H A, Oliveira A L, et al. Addition effects of bovine blood globin and sodium caseinate on the quality characteristics of raw and cooked ham paté[J]. Meat Science, 2003, (63): 177-184.
- [15] 华晓南. 酪蛋白酸钠预乳化对低饱和脂肪-蛋白质体系乳化凝胶特性的影响[D]. 南京: 南京农业大学, 2012.
- [16] 赵颖颖, 邹玉峰, 徐幸莲, 等. 预乳化液超声处理对低脂法兰克福香肠品质的影响[J]. 中国农业科学, 2014(13): 2634-2642.
- [17] Pietrasik Z, Jarmoluk A. Effect of sodium caseinate and k-carrageenan on binding and textural properties of pork muscle gels enhanced by microbial transglutaminase addition[J]. Food Research International, 2003, (36): 285-294.
- [18] 陈建良, 芮汉明, 邱志敏. 高静压下添加酪蛋白酸钠鸡肉肠制品保水性与其质构特性的相关性研究[J]. 食品科学, 2010(5): 52-57.
- [19] 张立栋, 张坤生, 任云霞. 橄榄油作为脂肪替代物在发酵香肠中的应用[J]. 食品研究与开发, 2009(3): 102-105.
- [20] Milanovi J, Petrovi L, Sovilj V, et al. Complex coacervation in gelatin/sodium caseinate mixtures[J]. Food Hydrocolloids, 2014, (37): 196-202.
- [21] 梁琪. 酪蛋白酸钠功能性的研究[J]. 食品科学, 2002, 23(3): 30-33.
- [22] 赵全, 陈奇. 酪蛋白酸钠稳定肉糜机理的研究[J]. 食品与机械, 2006(4): 52-53.
- [23] 曹莹莹. 超高压结合热处理对肌球蛋白凝胶特性的影响研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2012.
- [24] Dimitris Petridis, Christos Ritzoulis, Iakovos Tzivanos, et al. Effect of fat volume fraction, sodium caseinate, and starch on the optimization of the sensory properties of frankfurter sausages[J]. Food Science and Nutrition, 2013(1): 32-44.
- [25] 吕兵, 张静. 肉制品保水性的研究[J]. 食品科学, 2000(4): 23-26.

全国中文核心期刊  
轻工行业优秀期刊