

基于主成分分析构建大豆蛋白 对低盐乳化肠的品质综合评价模型

赵春波, 余小领, 李苗云, 肖康, 张秋会, 赵改名

(河南农业大学食品科学技术学院, 河南郑州 450002)

摘要: 为研究大豆蛋白对低盐乳化肠品质的影响, 用氯化钾替代 0%、20%、30%、40%、50% 的食盐, 在每个替代量下又设计添加了大豆蛋白, 添加量分别为 0%、4%、6%、8%; 来探究它们对乳化肠的品质影响。结果表明: 氯化钾替代食盐量为 20%~40% 时, 添加 6%~8% 的大豆蛋白能提高乳化肠的出品率和保水率 ($p<0.05$), 最高比空白组提高了 3.89% 和 3.28%; 降低乳化肠的红色, 提高乳化肠的黄色。其中在氯化钾替代食盐量为 50% 时, 大豆蛋白 4%~8% 可以提高乳化肠的硬度、弹性、咀嚼性 ($p<0.05$), 乳化肠的硬度和弹性最高提高了 19.37% 和 5.00%。在氯化钾替代食盐量为 30%~40% 时, 添加 4%~8% 的大豆蛋白能降低乳化肠的回复性 ($p<0.05$)。感官评分方面, 4%~8% 的大豆蛋白能提高低盐乳化肠的组织结构, 但是降低了乳化肠的色泽和口感。大豆蛋白添加量与弹性、出品率、保水率、b 值显著相关, 氯化钾替代食盐量与其他品质指标相关性不显著。建议氯化钾替代食盐量为 40%, 大豆蛋白添加量为 4%~6%; 根据乳化肠品质指标的主成分分析的结果, 得出了关于大豆蛋白对低盐乳化肠的品质综合评价模型; 可以为生产低盐乳化肠提供一定的参考。

关键词: 猪肉乳化肠; 氯化钾; 盐替代品; 大豆蛋白; 综合品质评价

文章编号: 1673-9078(2020)12-188-197

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2020.12.1231

Constructing a Comprehensive Evaluation Model for Assessing the Quality of Low-salt Emulsified Sausage with Soybean Protein Based on Principal Component Analysis

ZHAO Chun-bo, YU Xiao-ling, LI Miao-yun, XIAO Kang, ZHANG Qiu-hui, ZHAO Gai-ming

(College of Food Science and Technology, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: In order to study the effect of soy protein on the quality of low-salt emulsified sausage, the influences of the proportion of KCl to replace salt (0%, 20%, 30%, 40% or 50%), and the amount of added soy protein (0%, 4%, 6%, or 8%) on the quality of the emulsified sausages were examined. The results indicated that the substitution by KCl at 20%~40% along with the addition of 6%~8% of soy protein significantly improved the yield and water retention rate of the emulsified sausage ($p<0.05$) (increased by 3.89% and 3.28%, respectively, compared to the blank group), decreased the redness and increased the yellowness of the sausage. In particular, the substitution by KCl by 50% and addition of 4%~8% of soy protein improved the hardness, springiness and chewiness of the sausage ($p<0.05$), with the hardness and springiness increasing by 19.37% and 5.00%, respectively. When the substitution of salt by KCl at 30%, adding 4%~8% of soy protein could reduce the resilience of the emulsified sausage ($p<0.05$). In terms of sensory scores, the addition of 4%~8% of soy protein significantly improved the tissue structure of the low-salt emulsified sausages but worsen significantly the color and mouthfeel of sausage. The amount of

引文格式:

赵春波, 余小领, 李苗云, 等. 基于主成分分析构建大豆蛋白对低盐乳化肠的品质综合评价模型[J]. 现代食品科技, 2020, 36(12): 188-197

ZHAO Chun-bo, YU Xiao-ling, LI Miao-yun, et al. Constructing a comprehensive evaluation model for assessing the quality of low-salt emulsified sausage with soybean protein based on principal component analysis [J]. Modern Food Science and Technology, 2020, 36(12): 188-197

收稿日期: 2019-12-13

基金项目: 国家重点研发计划项目 (2018YFD0401200); 河南农业大学特殊创新基金项目 (KJCX2019C03); 河南农业大学博士科研启动费资助项目 (30500583); 河南省高等学校重点研究项目 (20A550008)

作者简介: 赵春波 (1994-), 男, 硕士生, 研究方向: 肉品质量控制; 通讯作者: 李苗云 (1976-), 女, 博士, 教授, 研究方向: 肉品质量控制

added soy protein was significantly correlated with the springiness, product yield, water holding rate and b value of the emulsified sausage, while the amount of salt substituted by KCl was insignificantly correlated with other quality indicators. It is recommended that the amount of KCl for substitution is 40% and the amount of soy protein for addition is 4%~6%. According to the results of the principal component analysis of the quality indices of emulsified sausages, a comprehensive evaluation model for assessing the quality of low-salt sausage with soybean protein was obtained. The results of this study provide a certain reference for the production of low-salt emulsified sausages.

Key words: pork emulsified sausage; potassium chloride; salt substitute; soy protein; comprehensive quality evaluation

熏煮香肠属于低温肉制品,味道鲜美,营养丰富,被广大消费者所喜欢。但是目前市场上销售的很多熏煮香肠钠含量偏高,食盐添加量较高^[1]。有研究表明中国是因食盐摄入过多,饮食不均衡导致的癌症、心血管疾病风险增加的大国^[2]。我国居民人均每日食盐摄入量 10.5 g,远超世卫组织推荐的 5 g 数值^[3]。

为了降低乳化肠中的钠盐含量,可以采用直接减少食盐用量或者用非钠盐来替代部分食盐;但是大幅度直接减少食盐会造成香肠的品质和风味下降,从而降低消费者的接受程度^[4]。氯化钾与食盐中的主要成分氯化钠性质相似,并且氯化钾也常作为营养强化剂使用,它可以替代部分食盐来降低乳化肠中钠含量^[5-7],为了防止氯化钾替代食盐后乳化肠的品质发生改变,可以将大豆蛋白作为品质改良剂加入低盐乳化肠中验证是否能起到改善乳化肠品质的作用^[8]。

国内外对此已有相关研究,荣良燕等人在低盐香肠中添加 8%的膳食纤维,香肠的食用品质得到显著提高^[9];甘潇等人以不同比例氯化钾替代氯化钠制备低盐腊肉发现氯化钾比例高可以使腊肉腌制阶段的蒸煮损失提高^[10];也有研究表明用氯化钾替代食盐 50%时对香肠的 pH 值,色泽等影响很小^[11];有学者研究用 1%的赖氨酸等呈味剂来改善氯化钾替代 50%食盐对乳化肠风味带来的不利影响^[12]。本实验以猪肉乳化肠为载体,通过用氯化钾来替代食盐,在乳化肠中添加大豆蛋白来过对猪肉乳化肠进行出品率、保水率、色差和 TPA 测定(硬度、弹性、内聚性、胶着性、咀嚼性、回复性)测定,来探究大豆蛋白对猪肉低盐乳化肠品质的影响以及利用主成分分析构建低盐乳化肠品质综合评价模型。

1 材料与方法

1.1 主要实验材料

猪瘦肉、猪肥膘、食盐、氯化钾、调味料、复合磷酸盐、复合硝酸盐、异抗坏血酸钠、大豆分离蛋白、谷氨酰胺转氨酶、均为市场销售。

1.2 主要仪器与设备

TA.XTplus 物性测试仪,英国 SMS 公司;MM12B 型绞肉机,广东省韶关市大金食品机械厂;VF608Plus 真空灌肠机,百诚润和机械有限公司;BYXX-50 型烟熏箱,中国艾博公司。

1.3 实验方法

1.3.1 工艺流程^[13]

原料肉→去膜筋→绞肉→腌制→斩拌→灌肠→烘烤→蒸煮→冷却→成品

1.3.2 基础配方

每千克肉食盐 25 g、白砂糖 15 g、生姜粉 1.5 g、八角粉 1 g、异抗坏血酸钠 0.5 g、白胡椒粉 1.5 g、冰水 450 g、亚硝酸盐 0.15 g、复合磷酸盐 3 g、味精 3 g、鸡精 2 g、谷氨酰胺转氨酶 2 g。

1.3.3 操作要点

猪后腿肉去除筋膜,用绞肉机(6 mm 孔板)把清洗后的猪瘦肉绞碎,猪肥膘切碎。把绞后的猪后腿肉加入食盐(部分被氯化钾替代)、磷酸盐、硝酸盐、异抗坏血酸钠,搅拌均匀后,放在在 0~4 °C 的冷库中腌制 24 h。将腌制后的瘦肉和肥膘按肥瘦比为 4:1 分成 20 组,每组 1.5 kg。然后把腌制好的肉糜放入斩拌机中进行斩拌,斩拌时,为防止肉馅温度上升,应随时添加冰水,并在斩拌的过程中加入其他配料。第一步斩拌腌制完成的猪瘦肉 1 min;第二步斩拌 1 min 并加 1/3 冰水;第三步斩拌 1 min 添加白砂糖、生姜粉、八角粉、味精、鸡精、谷氨酰胺转氨酶等调料,加 1/3 冰水;第四步斩拌 1.5 min 添加肥膘,大豆分离蛋白和 1/3 的冰水;第五步斩拌 1.5 min,添加 1/3 冰水。将斩拌均匀的肉糜用灌肠机灌入 24 mm 胶原蛋白肠衣中。称重后放在烟熏箱中用 60 °C 的温度中烘烤大约 60 min。将水加热至 90 °C 左右放入灌好的乳化肠在水温 80 °C 左右的条件下煮制 30~40 min 取出,冷却称重。

1.4 试验设计

以肉重 1 kg 计,实验为在氯化钾替代食盐量为 0%、20%、30%、40%、50%的乳化肠下分别添加 0%、4%、6%、8%的大豆分离蛋白,实验共 20 组,第一

组为空白，具体实验分组见表 1。

表 1 试验因素设计表

Table 1 Test factor design table

实验组别	氯化钾替代食盐量/%	大豆蛋白添加量/%	实验组别	氯化钾替代食盐量/%	大豆蛋白添加量/%
1	0	0	11	30	6
2	0	4	12	30	8
3	0	6	13	40	0
4	0	8	14	40	4
5	20	0	15	40	6
6	20	4	16	40	8
7	20	6	17	50	0
8	20	8	18	50	4
9	30	0	19	50	6
10	30	4	20	50	8

1.5 指标测定方法

1.5.1 出品率 (product yield rate, PYR)

$$PYR / \% = \frac{m_1}{m_2} \times 100 \% \quad (1)$$

注：m₁ 为蒸煮后乳化肠质量/g；m₂ 为蒸煮前猪肉乳化肠肉糜质量/g，式 (2) 中相同。

1.5.2 保水率 (water holding rate, WHR)^[14]

测得蒸煮后乳化肠和烘烤前乳化肠的水分含量 x₁ 和 x₂，每个重复测 3 次。

$$WHR / \% = \frac{m_1 \times x_1}{m_2 \times x_2} \times 100 \% \quad (2)$$

1.5.3 色差

使用前把 CR-400 色差计先与标准比色板校准，再将准备好的样放于小孔中心进行测定。每组选取三根乳化肠，每根乳化肠选取两个点测定乳化肠样品的 L 值、a 值、b 值；L 值代表亮度，a 值代表红度，b 值代表黄度。每组测定 6 次。

1.5.4 质构 TPA 的测定

TPA 测试可以提供从双重压缩测试中获得的大量纹理特征有意义的信息^[15]。参考杨欢欢等人^[16]的方法并加以修改，采用 TA.XTplus 物性测试仪进行 TPA 测定，测定的指标有硬度(Hardness)、弹性(Springiness)、内聚性(Cohesiveness)、胶着性(Chumminess)、咀嚼性(Chewiness)、回复性(Resilience)。参数设置：探头：P/50，测前速度：2 mm/s，测试速度 0.8 mm/s，测试后速度 0.8 mm/s，压缩比 75%，时间 5 s，用模具把把灌肠切成 16 mm 高，直径 18 mm 的圆柱体，处理好的猪肉乳化肠取出，放在质构仪中测定，记录数据。每个处理测定 10 次。

1.5.5 感官评价

把乳化肠切到合适大小，选定 10 名人员对低盐猪肉乳化肠进行感官评定。使用 9 分评分表对产品进行评定，在感官评定的时，人员之间不能交流且在评定完一组后用温开水漱口。该评分方法根据赵春波^[13]的评定方法进行了修改。见表 2。

表 2 感官评价标准

Table 2 The sensory evaluation standard table

指标分数	组织结构	弹性	口感	滋味	色泽
1~3	切面粗糙、肠体疏松、气泡较多	弹性差	粗糙干涩或过黏、不易咀嚼	肉香味不足、过咸或过淡，余味有苦涩	色泽不均匀，颜色浅，光泽差
4~6	切面均匀、肠体较致密、气泡较少	稍硬或稍软	口感适中、有一定的咀嚼感	有肉香味、稍咸或稍淡，余味稍有苦涩	色泽一般，光泽一般
7~9	切面均匀、肠体致密、细腻、无气泡	松软度良好	软硬适口、有咀嚼感	肉香味较浓、咸淡适中，余味没有苦涩	色泽均匀，红润，自然协调

1.6 数据处理

采用 SPSS 24.0 对各项实验数据进行分析，用 Origin 2017 软件进行绘图。

2 结果与分析

2.1 大豆蛋白添加量对低盐猪肉乳化肠的出品率与保水率影响

由图 1 可知，当氯化钾替代食盐量为 20%~30% 时，随着大豆蛋白添加量的增加，乳化肠的出品率和保水率升高(p<0.05)；在氯化钾替代食盐量为 20%，大豆蛋白添加量为 6%时乳化肠的出品率达到最大值 90.91%；与空白组相比提高了 3.89%。氯化钾替代食盐量为 30%，大豆蛋白添加量为 8%时，乳化肠的保水率得到显著提高且达到最大值 89.18%；较空白组提高了 3.28%。随着氯化钾替代食盐的比重增加到 40%，乳化肠的出品率和保水率与空白组相比略微下降，但在加入 4%~8%的大豆蛋白后，乳化肠的出品率和保水

率又有所提高;由此可知,添加大豆蛋白能改善乳化肠因食盐量减少而带来的出品率和保水率的降低。Sang keun Jin^[17]研究表明添加 1.5%以上的大豆蛋白在猪肉香肠中,能降低香肠的蒸煮损失,增加乳化肠得率;刘广娟等也发现在香肠中添加大豆蛋白,香肠的蒸煮损失降低,有较强保水能力;还有研究指出添加一定量大豆分离蛋白,在制作乳化肠时能促进肉糜中蛋白凝胶网络的形成,改善乳化肠的保水能力^[18]。

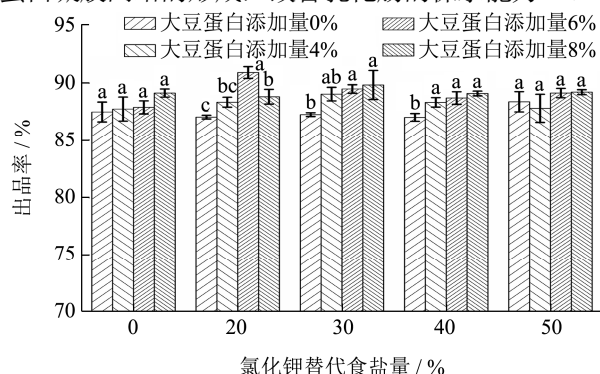


图1 大豆蛋白添加量对低盐猪肉乳化肠出品率的影响

Fig.1 Effect of soy protein addition on the yield of low-salt pork emulsions sausage

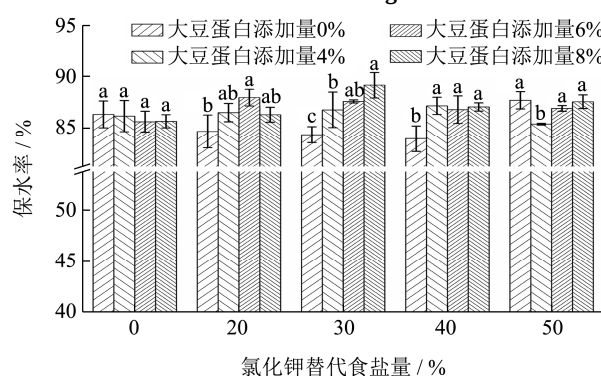


图2 大豆蛋白添加量对低盐猪肉乳化肠的保水率影响

Fig.2 Effect of soy protein addition on low-salt pork sausage water retention

2.2 大豆蛋白添加量对低盐猪肉乳化肠色差的影响

由图3可知,氯化钾替代食盐后对乳化肠的亮度影响较小,但在氯化钾替代食盐量在30%时,随着大豆蛋白添加量的增加乳化肠的亮度也有所增加($p<0.05$)。由图4可知,随着大豆蛋白添加量的增加乳化肠的红度逐渐降低,尤其当氯化钾替代食盐量在20%,30%和50%时,乳化肠的红度随着大豆蛋白添加量的增加显著降低($p<0.05$);大豆蛋白添加量为8%时下降的最为显著,红度值为3.38,较空白组下降了11.05%。随着大豆蛋白添加量的增加乳化肠的黄色

明显在升高,最高达到10.20。由此可知,添加大豆蛋白可以提高乳化肠的黄色;降低乳化肠的红度,在生产乳化肠时要适量添加,否则会影响乳化肠的红润度,降低消费者的喜爱程度。Cheol-Won Lee^[19]等人的实验结果表明,在早餐肠中添加1%的大豆蛋白,可以使早餐肠的红度降低,黄度升高;这可能与大豆蛋白形成凝胶后颜色有稍微的淡黄色有关。这也与何志勇^[20]和 Gnanasambandam R^[21]等人研究的添加大豆蛋白导致香肠颜色变化的趋势一致。

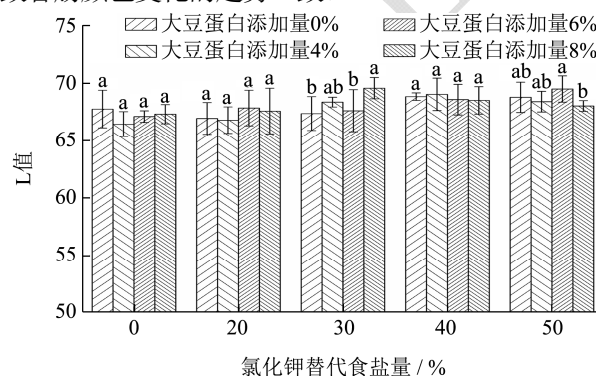


图3 大豆蛋白添加量对低盐猪肉乳化肠色差L值的影响

Fig.3 Effect of soy protein addition on low-salt pork sausage color difference L value

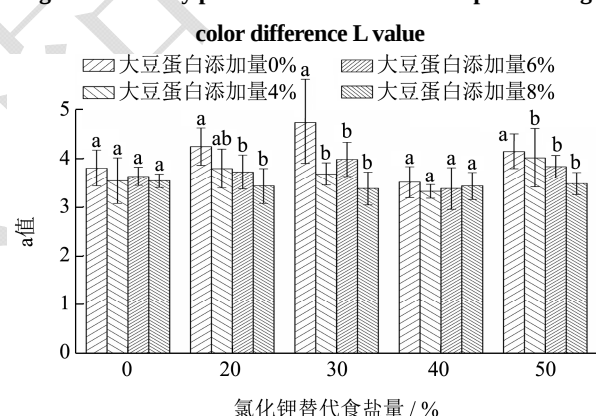


图4 大豆蛋白添加量对低盐猪肉乳化肠色差a值的影响

Fig.4 Effect of soy protein addition on low-salt pork sausage color difference a value

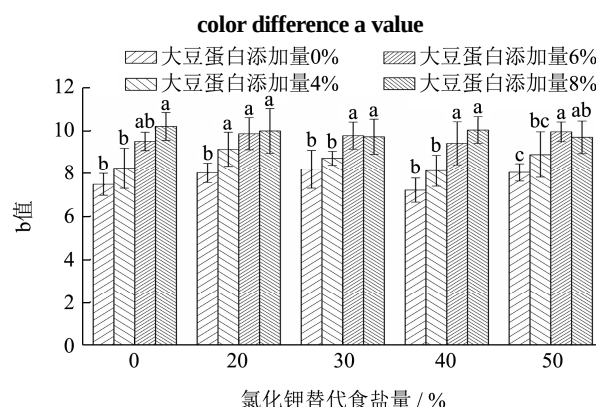


图5 大豆蛋白添加量对低盐猪肉乳化肠色差b值的影响

Fig.5 Effect of soy protein addition on low-salt pork sausage color difference b value

表3 大豆蛋白添加量对低盐猪肉乳化肠质构的影响

Table 3 Effect of soybean protein on the texture of low-salt pork emulsion sausage

氯化钾替代食盐量/%	大豆蛋白添加量/%	硬度/g	弹性	内聚性	胶着性	咀嚼性/g	回复性
0	0	4364.78±670.11 ^b	0.80±0.08 ^a	0.24±0.03 ^a	1055.07±294.29 ^a	865.27±246.58 ^a	0.09±0.01 ^a
	4	4312.84±707.62 ^b	0.82±0.03 ^a	0.23±0.03 ^a	1011.01±314.36 ^a	837.01±276.54 ^a	0.08±0.01 ^a
	6	4915.65±570.26 ^a	0.82±0.06 ^a	0.23±0.02 ^a	1143.26±250.45 ^a	941.51±230.40 ^a	0.08±0.01 ^a
	8	5045.99±753.64 ^a	0.81±0.06 ^a	0.24±0.03 ^a	1326.78±338.96 ^a	1085.05±309.29 ^a	0.09±0.01 ^a
20	0	4203.06±779.54 ^a	0.79±0.04 ^a	0.23±0.04 ^a	991.39±367.57 ^a	786.55±316.19 ^a	0.09±0.02 ^a
	4	4373.14±657.68 ^a	0.82±0.04 ^a	0.22±0.02 ^a	926.61±192.71 ^a	748.56±194.02 ^a	0.08±0.01 ^a
	6	4357.72±539.81 ^a	0.79±0.07 ^a	0.23±0.02 ^a	1025.23±228.21 ^a	814.84±182.96 ^a	0.08±0.01 ^a
	8	4369.34±571.86 ^a	0.78±0.06 ^a	0.24±0.03 ^a	1062.49±277.88 ^a	829.69±216.75 ^a	0.08±0.01 ^a
30	0	4151.98±659.74 ^a	0.79±0.05 ^a	0.25±0.03 ^a	1044.80±280.61 ^a	824.74±222.00 ^a	0.09±0.01 ^a
	4	3969.88±860.22 ^a	0.75±0.06 ^a	0.23±0.02 ^b	907.33±248.04 ^a	695.91±218.57 ^a	0.07±0.01 ^b
	6	4272.49±622.41 ^a	0.75±0.08 ^a	0.23±0.02 ^{ab}	994.45±251.90 ^a	720.86±135.45 ^a	0.08±0.01 ^{ab}
	8	4200.05±427.43 ^a	0.74±0.06 ^a	0.22±0.02 ^b	927.71±145.35 ^a	687.20±105.53 ^a	0.07±0.01 ^b
40	0	4396.02±730.91 ^b	0.79±0.03 ^a	0.24±0.03 ^a	1043.14±281.55 ^a	898.86±265.89 ^a	0.09±0.02 ^a
	4	5226.15±886.48 ^a	0.79±0.06 ^a	0.24±0.04 ^a	1313.67±405.65 ^a	1057.29±320.58 ^a	0.10±0.02 ^{ab}
	6	4604.38±771.99 ^{ab}	0.77±0.05 ^a	0.25±0.03 ^a	1215.91±335.92 ^a	920.79±243.34 ^a	0.09±0.01 ^{ab}
	8	4365.76±801.05 ^b	0.81±0.04 ^a	0.24±0.03 ^a	1060.51±320.55 ^a	863.69±285.10 ^a	0.08±0.01 ^b
50	0	3825.54±488.27 ^b	0.76±0.06 ^b	0.23±0.01 ^a	903.68±165.11 ^a	680.68±127.89 ^b	0.08±0.01 ^a
	4	4322.67±704.87 ^a	0.79±0.05 ^{ab}	0.23±0.05 ^a	1044.43±339.59 ^a	929.05±337.36 ^a	0.08±0.01 ^a
	6	4455.24±691.36 ^a	0.80±0.06 ^{ab}	0.25±0.03 ^a	1113.64±215.23 ^a	873.49±171.31 ^a	0.09±0.01 ^a
	8	4385.23±370.36 ^a	0.84±0.05 ^a	0.23±0.02 ^a	1049.07±170.36 ^a	884.97±140.86 ^a	0.08±0.01 ^a

注：平均值±标准差；同列均值有共同上标字母表示差异不显著 ($p>0.05$)；同列均值有不同上标字母表示差异显著 ($p<0.05$)。

2.3 大豆蛋白添加量对低盐猪肉乳化肠质构的影响

由表3可知，在各个氯化钾替代食盐量下，添加大豆蛋白的猪肉乳化肠与未添加的相比，硬度、咀嚼性有所提高；其中在氯化钾替代食盐量为50%时，添加4%~8%的大豆蛋白的猪肉乳化肠可以显著提高乳化肠的硬度和咀嚼性($p<0.05$)，氯化钾替代食盐量为40%时，添加4%~6%的大豆蛋白使乳化肠的硬度显著提高($p<0.05$)，并且在大豆蛋白添加量为4%达到最高，达到5226.15 g，较空白组相比提高了19.37%；添加6%和8%大豆蛋白对乳化肠硬度的改善作用差异不显著。Z. Pietrasik^[22]等人也得了出类似的结果，添加2%大豆蛋白制成的猪肉凝胶与空白组相比，硬度明显提高。就本实验而言，可能是因为随着氯化钾量的增加，食盐添加量的减少，猪肉肉糜形成的凝胶强度减弱^[23]，在加入一定量的大豆蛋白后，大豆蛋白和猪肉肉糜复合形成的混合凝胶强度增强^[24]；由此可得，低盐乳化肠的硬度可通过添加适量大豆蛋白进行改善。

在氯化钾替代食盐量为0%~40%时，大豆蛋白可以改善乳化肠的弹性，但并不显著($p>0.05$)，但是在氯化钾替代食盐的比重为50%时，添加4%~8%的大豆蛋白的猪肉肠可以显著增强乳化肠的弹性($p<0.05$)；大豆蛋白添加量为8%时，乳化肠的弹性显著提高达到最高值为0.84，较空白组提高了5%。这与曹雪妍^[25]和孙方达^[26]等人研究的结果相似。他们的研究表明在乳化肠和红肠中加入大豆蛋白可以改善其弹性。可能是由于在斩拌时，加入的大豆蛋白与肉糜中盐溶蛋白、水分、猪脂肪相互结合，形成了一种比较稳定的凝胶乳化体系，使乳化肠的组织状态得到了改善。国外学者Cheol-Won Lee^[19]的研究结果也表明，在早餐肠中添加2%的大豆蛋白，香肠的弹性得到了改善。由此可以得出，大豆蛋白可以提高猪肉乳化肠的硬度，咀嚼性和弹性并且在氯化钾替代食盐量高时，改善作用更明显，保证了低盐乳化肠的品质。

氯化钾替代食盐的比重为30%时，添加4%和8%的大豆蛋白的猪肉肠与未添加大豆蛋白的猪肉肠相比较，乳化肠的内聚性和回复性都显著的降低($p<0.05$)；当氯化钾替代食盐量为40%时，添加8%的大豆蛋白

也会使低盐乳化肠的回复性显著降低 ($p<0.05$), 乳化肠的内聚性和回复性最低为 0.22 和 0.07。其他氯化钾替代食盐比重下, 大豆蛋白对乳化肠的内聚性影响较小。在氯化钾替代食盐量为 0%~50% 时, 大豆蛋白对乳化肠的胶着性影响不显著 ($p>0.05$)。由表 2 可知, 在不添加大豆蛋白时, 氯化钾替代食盐量 20-50% 与空白组相比, 猪肉乳化肠的硬度、弹性、内聚性、胶着性和回复性变化不大, 硬度、胶着性、咀嚼性稍有下降但并不显著 ($p>0.05$); Bibiana A. dos Santos 等人^[27]也发现用氯化钾替代一定量食盐生产的低盐香肠的质构指标有略微下降但是差异不显著。

在本实验范围内添加大豆蛋白可以提高低盐猪肉乳化肠的硬度、弹性和咀嚼性, 尤其是在氯化钾替代食盐量为 50% 时, 更为显著。大豆蛋白添加量 6% 和 8% 相比, 大豆蛋白对低盐猪肉乳化肠质构的影响不显著, 从经济效益上来说, 大豆蛋白添加量在 6% 时最合适。由表 3 可知, 由于食盐含量减少, 猪肉乳化肠硬度和弹性有所下降, 影响乳化肠的品质, 尤其在氯化钾替代食盐量为 50% 时, 并且氯化钾替代食盐过多会影响香肠的风味出现苦涩的味道^[28]; 所以氯化钾替代食盐的含量不宜过高。综上所述, 建议氯化钾替代食盐的比重为 40% 以下, 大豆蛋白的添加量为 4%~6% 既减少了乳化肠钠盐的含量, 又改善了乳化肠的品质。

2.4 低盐猪肉乳化肠品质指标主成分分析结果

低盐猪肉乳化肠品质指标主成分分析的结果见表 4, 品质指标前三个主成分特征值分别为 4.172、2.964

和 1.735, 三者均大于 1; 第一个方差贡献率为 37.927%, 第二个方差贡献率为 26.947%, 第三个方差贡献率为 15.773%, 累积贡献率达 80.648%; 因此这三个成分能够反映乳化肠品质的绝大部分信息^[29], 因此可以选取前三个成分进行分析。按照主成分结果计算各指标的权重, 其中胶着性所占的权重最高, 并且质构指标所占权重都比较高; 可以看出质构指标的好坏对评价乳化肠品质有着重要作用。

表 4 猪肉乳化肠品质指标主成分分析结果

Table 4 Principal component analysis results of pork sausage

品质指标	quality indicators			权重
	成分 1	成分 2	成分 3	
硬度	0.839	0.364	-0.204	0.234
弹性	0.506	-0.04	-0.676	0.008
内聚性	0.665	0.065	0.501	0.240
胶着性	0.918	0.308	0.018	0.274
咀嚼性	0.951	0.159	-0.127	0.231
回复性	0.784	-0.265	0.453	0.196
出品率	-0.33	0.872	-0.006	0.092
保水率	-0.478	0.769	0.140	0.060
L 值	-0.015	0.415	0.808	0.197
a 值	-0.249	-0.691	0.078	-0.180
b 值	-0.084	0.797	-0.294	0.092
特征值	4.172	2.964	1.735	
方差贡献率/%	37.927	26.947	15.773	
累计方差贡献率/%	37.927	64.874	80.648	

表 5 大豆蛋白添加量和氯化钾替代食盐量与猪肉乳化肠品质指标相关性分析结果

Table 5 Results of correlation analysis between soybean protein content and potassium chloride substitute salt content and pork sausage

指标	quality index								
	氯化钾替代食盐量/%					大豆蛋白添加量/%			
	0	20	30	40	50	0	4	6	8
	大豆蛋白添加量					氯化钾替代食盐量			
硬度	0.842	0.866	0.333	-0.051	0.905	-0.606	0.278	-0.550	-0.750
弹性	0.716	-0.184	-0.981*	0.118	0.977*	-0.720	-0.486	-0.427	0.260
内聚性	0.173	0.569	-0.902	0.013	0.389	0.229	0.557	0.839	-0.196
胶着性	0.772	0.561	-0.646	0.139	0.831	-0.614	0.386	0.126	-0.710
咀嚼性	0.789	0.581	-0.883	-0.195	0.779	-0.479	0.459	-0.171	-0.529
回复性	0.024	-0.578	-0.910	-0.650	-0.039	-0.047	0.407	0.695	-0.678
出品率	0.830	0.689	0.977*	0.990**	0.640	0.392	0.159	0.188	0.179
保水率	-0.904	0.707	0.996*	0.860	-0.048	0.092	-0.125	0.404	0.584
L 值	-0.335	0.711	0.748	-0.658	-0.211	0.629	0.869	0.912*	0.476
a 值	-0.824	-0.987*	-0.897	-0.461	-0.923	0.061	0.301	0.090	-0.448
b 值	0.970*	0.983*	0.937	0.978*	0.931	0.192	0.197	0.356	-0.748

注: *表示显著相关 ($p<0.05$); **表示极显著相关 ($p<0.01$)。

2.5 大豆蛋白添加量和氯化钾替代食盐量与猪肉乳化肠品质指标相关性分析结果

由表 5 可知,在氯化钾替代食盐量 0%、20%时,大豆蛋白的添加量变化与 b 值显著正相关 ($p<0.05$);在氯化钾替代食盐量 20%时,大豆蛋白的添加量与 a 值呈现显著负相关 ($p<0.05$);在氯化钾替代食盐量 30%时,大豆蛋白的添加量与出品率和保水率呈现显著正相关 ($p<0.05$),与弹性呈现出显著负相关;在氯化钾替代食盐量 40%时,大豆蛋白的添加量与出品率和 b 值呈现显著正相关 ($p<0.05$);在氯化钾替代食盐量 50%时,大豆蛋白的添加量与弹性呈现显著正相关 ($p<0.05$)。在大豆蛋白的添加量 6%时,氯化钾替代食盐量与 L 值呈显著正相关 ($p<0.05$);此外,氯化钾替代食盐量与其他品质指标相关性不显著 ($p<0.05$),氯化钾替代食盐 0~50%对猪肉乳化肠品质的作用不大。

2.6 建立低盐猪肉乳化肠品质综合评价模型

表 6 猪肉乳化肠品质指标主成分特征向量

Table 6 Pork sausage quality index principal component

变量		主成分特征向量		
		1	2	3
Z_1	硬度	0.411	0.211	-0.155
Z_2	弹性	0.248	-0.023	-0.513
Z_3	内聚性	0.326	0.038	0.380
Z_4	胶着性	0.449	0.179	0.014
Z_5	咀嚼性	0.466	0.092	-0.096
Z_6	回复性	0.384	-0.154	0.344
Z_7	出品率	-0.162	0.506	-0.005
Z_8	保水率	-0.234	0.447	0.106
Z_9	L 值	-0.007	0.241	0.613
Z_{10}	a 值	-0.122	-0.401	0.059
Z_{11}	b 值	-0.041	0.463	-0.223

由表 4 可知,根据主成分分析结果可以选取前三个成分进行综合评价模型建立,第 1 主成分主要是胶着性、咀嚼性、硬度、内聚性、回复性,这些质构指标载荷因子较大;第 2 主成分载荷因子较大的主要有出品率、保水率、红度、黄度;第 3 主成分主要是亮度与弹性,亮度的载荷因子最大。表 6 中的特征向量是各自主成分载荷除以各自主成分特征值的算术平方根,以 F1、F2 和 F3 为主成分 1、2 和 3 的得分,结合表 5 中的变量和特征向量,可得三个主成分的函数

表达式为:

$$F1=0.411Z_1+0.248Z_2+\dots-0.122Z_{10}-0.041Z_{11}$$

$$F2=0.487Z_1+0.294Z_2+\dots-0.145Z_{10}-0.049Z_{11}$$

$$F3=-0.155Z_1-0.513Z_2+\dots+0.059Z_{10}-0.223Z_{11}$$

计算出各实验组别的主成分得分并进行排名,结果见表 7。从表 7 可以看出排名较高的主要分布在 13~20 组,说明利用氯化钾替代部分食盐降低乳化肠钠盐含量具有一定的可行性。根据三个主成分的方差贡献率,再结合表 4、表 6 和表 7 对主成分分析的结果,以 F 为综合得分我们可以建立出低盐猪肉乳化肠综合品质评价模型: $F=0.470F1+0.334F2+0.200F3$,模型显示,各实验组评分最高的为氯化钾替代食盐量为 40%,大豆蛋白添加量为 4%。对于已知品质指标可以通过该模型对低盐乳化肠的品质进行评价,进而对氯化钾替代食盐量和大豆蛋白添加量进行调控;找出合适的添加量,生产出品质优良,绿色健康的低盐乳化肠。

表 7 主成分得分

Table 7 Principal component score

实验组别	主成分得分			综合得分 F	得分排名
	F1	F2	F3		
1	2635.55	1290.55	-696.31	1530.49	10
2	2580.00	1269.29	-687.20	1499.10	13
3	2936.00	1430.31	-788.74	1699.89	3
4	3139.76	1504.92	-820.18	1814.30	2
5	2504.20	1236.68	-665.36	1456.96	17
6	2526.68	1259.61	-689.18	1470.42	14
7	2594.73	1282.69	-691.12	1509.72	12
8	2623.91	1291.49	-694.19	1525.76	11
9	2524.96	1238.93	-660.13	1468.51	15
10	2327.58	1166.94	-559.70	1371.78	19
11	2502.36	1249.46	-669.44	1459.54	16
12	2426.56	1220.72	-654.57	1417.29	18
13	2659.37	1297.05	-704.07	1542.30	6
14	3194.87	1537.84	-843.93	1846.44	1
15	2831.78	1377.08	-736.41	1643.60	4
16	2637.18	1294.23	-696.30	1532.48	9
17	2259.39	1134.12	-596.44	1321.42	20
18	2643.27	1286.09	-696.06	1532.68	8
19	2702.35	1323.52	-709.71	1570.22	5
20	2649.83	1298.25	-701.71	1538.69	7

2.7 感官评分验证主成分分析结果

大豆蛋白添加量对低盐猪肉乳化肠感官评定的影响结果见表 8,在氯化钾替代食盐量 0%~40%时,随着大豆蛋白添加量的增加,低盐乳化肠的组织结构和

弹性也在提高;在氯化钾替代食盐量 40%和 50%,添加 4%~6%的大豆蛋白使低盐乳化肠的组织结构显著提高 ($p<0.05$);在氯化钾替代食盐量为 0%时,添加 4-8%的大豆蛋白对乳化肠的弹性影响最显著 ($p<0.05$)。添加大豆蛋白可以使低盐乳化肠的口感降低,在氯化钾替代食盐量为 0%和 20%,大豆蛋白添加量 4%~8%时最显著 ($p<0.05$);在氯化钾替代食盐量为 0%、20%,添加大豆蛋白可以显著降低乳化肠的色泽 ($p<0.05$);随着大豆蛋白添加量的增加,低盐乳

化肠的滋味评分逐渐降低但影响并不显著 ($p>0.05$)。由此可知,消费者们还是对不含非肉蛋白,肠体红润的乳化肠更加喜爱。从滋味评分可以看出,氯化钾替代食盐量 50%时,乳化肠还是可以被人们所接受,可能是香辛料掩盖了氯化钾给乳化肠带来的苦涩味。从乳化肠的感官评分来看,最优组为 14 组,氯化钾替代食盐量为 40%,大豆蛋白添加量为 4%;组织结构评分和总分排名第一,弹性、口感、滋味和色泽的评分也名列前茅;也符合主成分分析结果。

表 8 大豆蛋白添加量对低盐猪肉乳化肠感官评定的影响

Table 8 Effects of soy protein content on sensory evaluation of low-salt pork sausage

实验组别	组织结构	弹性	口感	滋味	色泽	总分
1	5.75±1.16 ^a	6.25±0.71 ^b	7.25±0.46 ^a	6.88±0.99 ^a	6.88±0.99 ^a	33.00±2.14 ^a
2	5.63±0.92 ^a	7.25±0.89 ^a	7.00±0.93 ^{ab}	6.25±0.89 ^a	5.63±1.51 ^b	31.75±2.92 ^a
3	6.25±0.71 ^a	7.00±0.76 ^{ab}	6.88±0.83 ^{ab}	6.63±0.92 ^a	5.00±1.20 ^b	31.75±2.60 ^a
4	6.55±0.83 ^a	7.40±0.70 ^a	6.05±1.21 ^b	6.40±0.97 ^a	5.00±1.25 ^b	31.40±2.60 ^a
5	6.00±1.63 ^a	6.30±1.16 ^a	7.00±1.33 ^a	7.00±1.25 ^a	6.80±1.40 ^a	33.10±3.73 ^a
6	6.80±0.92 ^a	6.60±1.17 ^a	6.50±1.08 ^{ab}	6.60±1.17 ^a	5.65±1.67 ^a	32.15±4.15 ^a
7	6.40±0.97 ^a	6.80±0.92 ^a	6.20±0.92 ^{ab}	5.90±1.29 ^a	6.05±1.07 ^a	31.35±3.21 ^a
8	6.85±1.45 ^a	7.30±0.95 ^a	5.80±0.92 ^b	5.70±1.95 ^a	6.00±0.82 ^a	31.65±3.67 ^a
9	6.50±1.27 ^a	6.80±1.23 ^a	6.80±1.23 ^a	6.30±0.82 ^a	7.40±1.17 ^a	33.00±4.24 ^a
10	6.50±1.08 ^a	6.70±1.06 ^a	6.70±1.06 ^a	6.70±0.95 ^a	6.80±1.40 ^{ab}	32.90±3.54 ^a
11	6.80±1.48 ^a	6.70±1.16 ^a	6.70±1.16 ^a	6.30±0.95 ^a	6.30±1.25 ^{ab}	32.90±4.53 ^a
12	6.80±1.14 ^a	6.70±1.16 ^a	6.70±1.16 ^a	6.50±1.08 ^a	5.80±1.03 ^b	31.90±4.48 ^a
13	6.00±1.56 ^b	6.80±1.23 ^a	6.80±1.23 ^a	6.50±1.08 ^a	6.80±1.23 ^a	33.20±4.10 ^a
14	7.30±0.82 ^a	7.10±1.20 ^a	7.10±1.20 ^a	6.90±0.99 ^a	6.45±1.26 ^{ab}	34.85±2.43 ^a
15	6.45±1.46 ^{ab}	7.00±1.41 ^a	7.00±1.41 ^a	6.10±1.45 ^a	5.80±1.14 ^{ab}	32.15±4.23 ^a
16	6.95±0.83 ^{ab}	7.20±1.23 ^a	7.20±1.23 ^a	6.20±1.32 ^a	5.50±1.43 ^b	32.55±3.64 ^a
17	6.30±1.49 ^{ab}	6.50±1.18 ^a	6.50±0.97 ^a	6.30±1.34 ^a	7.00±1.15 ^a	32.60±3.69 ^a
18	6.80±1.03 ^a	6.60±1.43 ^a	6.40±0.97 ^a	6.60±1.26 ^a	6.35±1.25 ^a	32.75±4.29 ^a
19	7.00±0.67 ^a	6.70±0.82 ^a	6.50±1.35 ^a	5.90±1.37 ^a	6.00±1.15 ^a	32.10±3.76 ^a
20	5.80±0.63 ^b	7.05±1.01 ^a	5.90±1.20 ^a	5.70±0.95 ^a	5.90±1.20 ^a	30.35±3.70 ^a

注: 平均值±标准差; 同列均值有共同上标字母表示差异不显著 ($p>0.05$); 同列均值有不同上标字母表示差异显著 ($p<0.05$)。

3 结论

3.1 就实验范围内,添加大豆蛋白可以提高低盐乳化肠的出品率, 保水率和黄度;但是低盐乳化肠的红色会随之降低。除此之外,添加大豆蛋白可以提高低盐猪肉乳化肠的硬度、弹性和咀嚼性,改善低盐乳化肠的品质;并且在氯化钾替代食盐量为 40%~50%时,大豆蛋白对猪肉肠的硬度、弹性和咀嚼性改善作用越强。感官评定方面,随着大豆蛋白的添加乳化肠的组织结构和弹性评分得到提高,但是乳化肠的口感和色泽评分降低。综合考虑,建议氯化钾替代食盐的量为 40%,大豆蛋白添加量在 4%~6%。

3.2 质构指标之间有很显著的相关性且对评价乳化肠品质至关重要。通过对保水率、色差等指标进行主成分分析和相关性分析,评价大豆蛋白添加量对低盐猪肉乳化肠影响,建立了关于大豆蛋白对低盐猪肉乳化肠的品质综合评价模型,该模型可为低盐猪肉乳化肠的生产和改良提供参考,对工厂的实际生产具有一定的指导意义。

参考文献

- [1] 刘贺,章启鹏,徐婧婷等.减盐相关产品研究进展及开发现状[J].中国调味品,2017,42(11):175-180
- LIU He, ZHANG Qi-peng, XU Jing-ting, et al. Research

- progress and development status of low-salt products [J]. China Condiment, 2017, 42(11): 175-180
- [2] Ashkan Afshin, Patrick John Sur, Kairsten A Fay, et al. Health effects of dietary risks in 195 countries, 1990–2017: a systematic analysis for the global burden of disease study 2017 [J]. Lancet, 2019, 393: 1958-1972
- [3] 张东,李洪军,吴练军,等.减少肉制品中氯化钠含量的研究进展[J].食品与发酵工业,2017,43(11):238-243
ZHANG Dong, LI Hong-jun, WU Lian-jun, et al. Research progress on reducing sodium chloride in meat products [J]. Food and Fermentation Industries, 2017, 43(11): 238-243
- [4] Brian D Tobin, Maurice G O'sullivan, Ruth M Hamill, et al. The impact of salt and fat level variation on the physiochemical properties and sensory quality of pork breakfast sausages [J]. Meat Science, 2013, 93(2): 145-152
- [5] Ruusunen Marita, Puolanne Eero. Reducing sodium intake from meat products [J]. Meat Science, 2005, 70(3): 531-541
- [6] Gou P, Guerrero L, Gelabert J. 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
- [7] Gap-Don Kim, Sun Jin Hur, Tae Seon Park. Quality characteristics of fat-reduced emulsion-type pork sausage by partial substitution of sodium chloride with calcium chloride, potassium chloride and magnesium chloride [J]. LWT, 2018, 89(3): 140-147
- [8] Z Pietrasik, Z Duda. Effect of fat content and soy protein/carrageenan mix on the quality characteristics of comminuted, scalded sausages [J]. Meat Science, 2000, 56(2): 181-188
- [9] 荣良燕,蔺艳婷,何青,等.复配膳食纤维对低盐乳化肠食用品质的影响[J].肉类研究,2019,33(7):30-35
RONG Liang-yan, LIN Yan-ting, HE Qing, et al. Effect of dietary fiber mixture on eating quality of low-salt sausage [J]. Meat Research, 2019, 33(7): 30-35
- [10] 甘潇,李洪军,贺稚非.以不同比例 KCl 替代 NaCl 制备低盐腊肉其理化及品质特征的变化[J].食品与发酵工业,2020, 46(9):176-184
GAN Xiao, LI Hong-jun, HE Zhi-fei, Effect of partial replacement of NaCl with KCl on physicochemical and quality characteristics of Chinese bacon in processing [J]. Food and Fermentation Industries, 2020, 46(9): 176-184
- [11] Gap-Don Kim, Sun Jin Hur, Tae Seon Park, et al. Quality characteristics of fat-reduced emulsion-type pork sausage by partial substitution of sodium chloride with calcium chloride, potassium chloride and magnesium chloride [J]. LWT, 2018, 89(3): 140-147
- [12] Agostinho D S A L A, Lorenzo José Manuel, Gonçalves C A A, et al. Impact of lysine and liquid smoke as flavor enhancers on the quality of low-fat Bologna-type sausages with 50% replacement of NaCl by KCl [J]. Meat Science, 2017, 123: 50- 56
- [13] 赵春波,张秋会,马长明,等.氯化钾替代部分食盐对猪肉乳化肠品质的影响[J].肉类工业,2019,1:15-19
ZHAO Chun-bo, ZHANG Qiu-hui, MA Zhang-ming, et al. The effect of replacement of some salt by potassium chloride on the quality of emulsified pork sausage [J]. Meat Industry, 2019, 1: 15-19
- [14] 张秋会,李苗云,柳艳霞,等.食盐含量对熏煮鸡肉乳化肠的品质特性的影响[J].内蒙古农业大学学报(自然科学版), 2017,38(2):62-68
ZHANG Qiu-hui, LI Miao-yun, LIU Yan-xia, et al. Effects of salt contents on the quality properties of cooked and smoked sausages [J]. Journal of Inner Mongolia Agricultural University (Natural Science Edition), 2017, 38(2): 62-68
- [15] Jianshe Chen. Food oral processing: Mechanisms and implications of food oral destruction [J]. Trends in Food Science & Technology, 2015, 45(2): 222-228
- [16] 杨欢欢.低温肉制品质构评定方法的建立[D].郑州:河南农业大学,2012
YANG Huan-huan. Establishment of texture evaluation method of low temperature meat product [D]. Zhengzhou: Henan Agricultural University, 2012
- [17] Sang-keun Jin, Sung-Ho Kim, Jung-Seok Choi, et al. Effect of diverse binder materials and their addition levels on physico-chemical characteristics of sausages [J]. Springer US, 2019, 13(2): 1558-1565
- [18] 刘广娟,徐泽权,邢世均等.卡拉胶、转谷氨酰胺酶及大豆分离蛋白对猪 PSE 肉低温乳化肠保水性和感官品质的影响[J].肉类研究,2019,33(3):34-39
LIU Guang-juan, XU Ze-quan, XING Shi-jun, et al. Effects of carrageenan, transglutaminase and soybean protein isolate on water-holding capacity and sensory quality of low-temperature sausage made from PSE pork [J]. Meat Research, 2019, 33(3): 34-39
- [19] Lee Cheol-Won, Kim Tae-Kyung, Hwang Ko-Eun, et al. Combined effects of wheat sprout and isolated soy protein on quality properties of breakfast sausage [J]. Korean Journal for Food Science of Animal Resources, 2017, 37(1): 52-61
- [20] 何志勇,安丰富,曾茂茂,等.预乳化大豆分离蛋白对乳化乳

- 化肠品质的影响[J].食品与发酵工业,2014,40(6):179-182.
- HE Zhi-yong, AN Feng-fu, ZENG Mao-mao, et al. Effect of pre-emulsified soy protein isolate on quality of emulsified sausage product [J]. Food and Fermentation Industries, 2014, 40(6): 179-182
- [21] Gnanasambandam R, Zayas J F. Functionality of wheat germ protein in comminuted meat products as compared with corn germ and soy proteins [J]. Journal of Food Science, 1992, 57(4): 829-833
- [22] Z Pietrasik, A Jarmoluk, P J Shand. Effect of non-meat proteins on hydration and textural properties of pork meat gels enhanced with microbial transglutaminase [J]. LWT-Food Science and Technology, 2006, 40(5): 915-920
- [23] Pietrasik Z, Li Chan ECY. Response surface methodology study on the effects of salt, microbial transglutaminase and heating temperature on pork batter gel properties [J]. Food Research International, 2002, 35(4): 387-396
- [24] 林玉惠,李鹏鹏,何志勇,等.不同盐浓度下黄原胶对大豆分离蛋白—肌原纤维蛋白复合凝胶性质的影响[J].食品与机械,2015,31(5):11-15
- LIN Yu-hui, LI Peng-peng, HE Zhi-yong, et al. Effect of xanthan on gelling properties of myofibrillar protein-soy protein composite with various salt levels [J]. Food & Machinery, 2015, 31(5): 11-15
- [25] 曹雪妍,李新华.大豆分离蛋白的酶改性与水解处理对猪肉火腿肠品质的影响[J].食品科技,2015,40(2):139-144
- CAO Xue-yan, LI Xin-hua. Microbial transglutaminase modified and hydrolytic soybean protein in pork sausages [J]. Food Science and Technology, 2015, 40(2): 139-144
- [26] 孙方达,赵钜阳,李媛媛,等.大豆分离蛋白、复配胶及变性淀粉对红肠品质影响的研究[J].食品工业,2016,37(5):201-205
- SUN Fang-da, ZHAO Ju-yang, LI Yuan-yuan, et al. Study on the effects of soybean protein isolate, complex gum and denaturated starch on quality of red sausage [J]. The Food Industry, 2016, 37(5): 201-205
- [27] Bibiana A Dos Santos, Paulo C B Campagnol, Rodrigo N Cavalcanti, et al. Impact of sodium chloride replacement by salt substitutes on the proteolysis and rheological properties of dry fermented sausages [J]. Journal of Food Engineering, 2015, 151: 16-24
- [28] Rongxin Wen, Yingying Hu, Lang Zhang, et al. Effect of NaCl substitutes on lipid and protein oxidation and flavor development of Harbin dry sausage [J]. Meat Science, 2019, 156: 33-43
- [29] 崔桂娟,亢灵涛,侯宇豪,等.基于主成分与聚类分析的辣椒品质综合评价[J].食品工业科技,2019,40(14):49-55
- CUI Gui-juan, KANG Ling-tao, HOU Yu-hao, et al. Comprehensive evaluation of hot pepper quality based on principal component analysis and cluster analysis [J]. Science and Technology of Food Industry, 2019, 40(14): 49-55

(上接第 152 页)

- [16] 杨天庆,龚建军,杨敬东,等.藜麦杂粮粥配方研制[J].农产品加工,2019,12:19-22
- YANG Tian-qin, Gong Jian-jun, YANG Jing-dong, et al. Preparation of quinoa cereal congee formula [J]. Farm Products Processing, 2019, 12:19-22
- [17] 贲东旭,周小悦,陶文初,等.八宝粥原料冻融稳定性研究[J].食品科技,2015,12:56-59
- BEN Dong-xu, ZHOU Xiao-yue, TAO Wen-chu et al. Study on the freeze-thaw stability of Babao porridge [J]. Food Science and Technology, 2015, 12: 56-59
- [18] 李毅丽,耿静静,王成祥,等.杂粮八宝粥的研制[J].河北农业科学,2013,17(5):87-89
- LI Yi-li, GENG Jing-jing, WANG Chen-xiang, et al. Development of the minor cereals eight treasure gruel [J]. Journal of Hebei Agricultural Sciences, 2013, 17(5): 87-89
- [19] 刘义凤,段盛林,柳嘉,等.低升糖八宝粥的自稳定体系筛选及其 GI 人体测试[J].食品科学,2020,41(5):143-151
- LIU Yi-feng, DUAN Shen-lin, LIU Jia, et al. Screening for self-stabilizing system for mixed congee with low glycemic Index and valuation of its GI in the human body [J]. Food Science, 2020, 41(5): 143-151