

加酶腌制对冻藏猪肉品质的影响

崔春, 丛懿洁, 孙为正, 杨园媛

(华南理工大学轻工与食品学院, 广东广州 510641)

摘要: 研究了猪肉在冻藏期间 (0、20、30、60、90、120 d, -18 °C) 品质的变化及添加蛋白酶 (木瓜蛋白酶、复合蛋白酶、中性蛋白酶) 腌制对冻藏猪肉品质的影响。实验表明, 冻藏期间, 肉样变暗, 咀嚼性、弹性、凝聚性总体呈下降趋势 ($p < 0.01$), 蒸煮损失率增加 ($p < 0.01$); 加酶腌制后, 肉糜 CIE L* 显著提高 ($p < 0.05$), 且非冻藏肉提高的百分比更显著; 非冻藏肉 CIE a* 升高, 而冻藏肉 CIE a* 无显著变化或略有下降 ($p > 0.05$); 生肉糜 CIE b* 显著升高 ($p < 0.05$), 且冻藏肉提高的百分比更显著, 熟肉糜 CIE b* 显著降低 ($p < 0.01$); 肉及肉糜质构特性均显著提高, 蒸煮损失率显著降低, 且酶对于冻藏肉的效果更显著 ($p < 0.01$)。实验表明, 加酶腌制可以显著改善冻藏肉及其加工制品的质构特性, 提高其亮度, 抑制其变暗、变黄, 提高其保水性, 对实际加工生产起到一定的借鉴作用。

关键词: 冻藏; 猪肉; 蛋白酶; 腌制; 品质

文章编号: 1673-9078(2013)10-2436-2441

Effects of the Addition of Different Proteases on Properties of Frozen Pork in the Curing Process

CUI Chun, CONG Yi-jie, SUN Wei-zheng, YANG Yuan-yuan

(College of Light Industry and Food Sciences, South China University of Technology, Guangzhou 510641, China)

Abstract: Property changes of pork during the frozen storage (0~120 d, -18 °C) were studied. Effects of the addition of proteases (papain, neutrase and protamex) in the curing process on properties of frozen pork were also evaluated. During the frozen storage, pork became darker. Its chewiness, elasticity and cohesiveness all decreased ($p < 0.01$), and cooking loss rate increased ($p < 0.01$). Curing with addition of different proteases indicated that CIE L* of minced pork rose and the degree of improvement of unfrozen pork was increased ($p < 0.05$). CIE a* of unfrozen minced pork also rose, but no significant change or a slight decrease in frozen pork ($p > 0.05$) was found. CIE b* of minced pork increased ($p < 0.05$) and the degree of improvement of frozen pork was lower than the unfrozen one, whereas CIE b* of cooked minced pork decreased ($p < 0.01$). Changes in texture properties of both pork and minced pork were similar and represented ascent. Cooking loss rate was reduced and enzyme effectiveness was improved for frozen pork ($p < 0.01$). It was suggested that addition of proteases during the curing process of minced pork could significantly improve textural properties, inhibit products becoming dark or yellow and enhance water-retaining which provided reference for meat products processing.

Key words: frozen storage; pork; proteases; curing; quality

利用冷冻来保藏肉及肉制品是人们长期实践经验的总结, 是食品保藏方法中应用广、成本低、卫生安全的方法之一。冻藏是将肉制品冻结后放入冻藏库(库温一般为-18 °C)贮藏^[1]。冷冻肉是各类肉制品生产的主要原料, 原料肉的品质对于肉制品的加工品质有重

收稿日期: 2013-06-07

基金项目: 广东省教育部产学研结合项目 (2012B091000002), 广东省科技计划农业攻关项目 (2012B020312001)

作者简介: 崔春 (1978-), 男, 副教授, 硕士生导师, 研究方向: 食品生物技术

通讯作者: 孙为正 (1983-), 男, 副研究员, 硕士生导师, 研究方向: 食品生物技术

要影响, 是食品加工企业应该重点控制的对象。冷冻肉在现代肉及肉制品加工工业中起着很重要的作用, 是国家储备和调节肉食品市场的重要筹码, 也是肉类产品在进出口贸易和国内地区间流通的主要产品形态^[2]。然而猪肉在冻藏过程中冰晶的增长容易受到机械损伤, 造成解冻汁液流失等不良反应, 严重影响肉的质地与营养, 从而导致加工制品品质的下降, 进而影响猪肉的进出口和流通, 给生产企业带来一定的经济损失^[3]。因此, 研究冻藏肉的品质变化具有十分重要的学术价值和现实意义。

目前关于冷冻或冻藏对肉的影响研究甚多, 但大多数关注的是冷冻速率、冷冻温度、新的冷冻方法等,

也有关于冻藏对肉的品质影响方面的研究,但多数是关于牛肉方面的研究,关于猪肉方面的研究主要集中在解冻汁液流失、蒸煮损失率、蛋白溶解度、脂肪氧化等,关于冻藏肉的质构特性变化的研究主要集中在鱼肉方面,而关于冻藏对猪肉的质构、色泽的影响及如何改善冻藏肉品质方法的研究报道比较少。实验通过调查冻藏过程中猪肉的质构及色泽的各项指标变化规律,在此基础上,将冻藏的肉品绞碎并进行腌制,在腌制过程中添加不同蛋白酶,研究其对冻藏肉质构、色泽、蒸煮损失率的影响,为相关生产企业对冻藏肉的加工生产提供一定的理论依据和方法指导。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

原料肉,购于华南理工大学后勤综合楼;木瓜蛋白酶 (8.0×10^5 U/g),广州裕立宝生物科技有限公司;杰能科中性蛋白酶 Protex 7L (8.0×10^3 U/g),广州柏棠贸易有限公司;复合蛋白酶 (2.2×10^4 U/g),诺维信中国销售代理广州明曜公司;六偏磷酸盐、多聚磷酸盐、焦磷酸盐等均为分析纯;食盐、食糖等均购于华南理工大学后勤综合楼。

MM12 型绞肉机,广东省韶关市食品机械厂;CT-400 色差仪,柯尼卡美能达光电股份有限公司;TA.XT2i 物性测试仪:配有 P36R 探头,美国 Micro Stable 公司;CU600 电热恒温水箱,上海福玛实验设备有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 冻藏实验设计

将猪肉用密封袋包装,放入 -18 °C 冰柜贮藏。在第 0、20、30、60、90、120 d 分别取出,解冻后测定肉 TPA 质构特性、色差、蒸煮损失率。

1.2.2 加酶腌制实验设计

1.2.2.1 肉糜配方(以投料计)

食盐:2%;食糖:15%;复合磷酸盐(六偏磷酸盐:多聚磷酸盐:焦磷酸盐=1:1:1):0.30%;蛋白酶:0.04%。

1.2.2.2 冻藏肉加酶腌制实验设计

将冻藏 120 d 的猪肉取出,解冻,用 MM12 型绞肉机绞碎,所用孔板直径为 6 mm,添加 papain, protamex, neutrase, 斩拌 5 min, 腌制 12 h 后,测定生肉糜的 TPA 质构特性、色差; 80 °C 水浴 20 min 后测定熟肉糜的 TPA 质构特性、色差、蒸煮损失率。

1.2.3 测定方法

肉糜色差测定:采用 CR-400 便携式色差仪测定 CIE L*, CIE a*, CIE b*。

肉糜蒸煮损失率测定^[4]:称取腌制后的肉糜置于 50 mL 离心管中,置于 80 °C 水浴锅中水浴 20 min,蒸煮前称重 (W_1),蒸煮后冷却到室温,用吸水纸吸干水分,然后称重 (W_2)。

$$\text{蒸煮损失率} = (W_2 - W_1) / W_1 \times 100\%$$

肉糜 TPA 质构特性的测定^[5]:采用物性测试仪测定腌制后肉糜的质构特性,参数设定按照 Bourne (1978) 稍作调整。具体测定参数如下:探头 P/36R;测前速度 2.00 mm/s,测中速度 1.00 mm/s,测后速度 2.00 mm/s,间隔时间 5 s,数据收集率 400 点/s,压缩比 50%,触发力 5 g,触发类型 auto,以咀嚼性、弹性、凝聚性等为主要指标,每组 6 个重复。测试完用自带的软件 Texture Expert Exceed 2.64 a 内部宏 TPA.MAC 对测试结果进行处理。

1.2.4 统计分析

实验数据以平均数±标准差表示,应用 SPSS 18.0 软件包对各指标进行分析,差异性分析采用邓肯 (Duncan) 法。应用 Origin 7.5 进行作图。

2 结果与讨论

2.1 冻藏期间肉 TPA 质构特性的变化

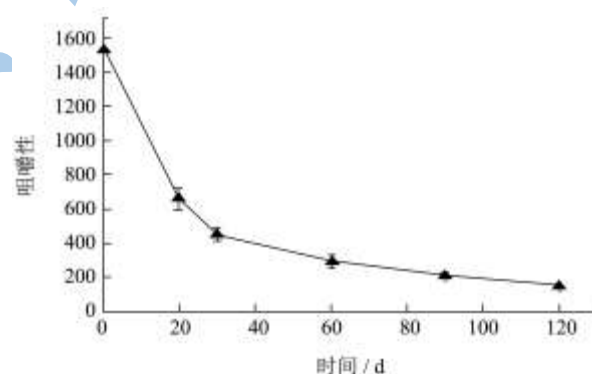


图 1 冻藏期间肉咀嚼性的变化

Fig.1 Effects of frozen storage on chewiness

咀嚼性 (chewiness) 即通常所说的咬劲,从定义看,咀嚼性是硬度、凝聚性、弹性三者的乘积,因此它是一项质地综合评价参数^[6]。由图 1 可见,冻藏过程中,随着冻藏时间的延长,在前 30 d,肉的咀嚼性呈显著下降趋势 ($p < 0.01$),随后缓慢下降 ($p < 0.05$)。其中,在冻藏第 20 d 时,肉样的咀嚼性下降了 56.88%,第 30 d 时下降了 70.46%。表明冻藏过程中肉变得松软无弹性,其咬劲明显不及新鲜肌肉,不利于实际生产中加工利用。

目前关于冻藏后解冻猪肉的质构报道较少,戴志

远等人^[6]研究不同冻藏条件对养殖大黄鱼咀嚼性的影响,实验中发现,随着冻藏时间延长,-18℃和-50℃贮藏条件下的大黄鱼咀嚼性都有不同程度的下降。刘铁玲等人^[7]研究冻藏对鲢鱼、鲤鱼鱼肉质构的影响,结果表明冻藏15d后鲢鱼咀嚼性值降幅明显,仅为冻前的18.02%,鲤鱼的咀嚼性值降为冻前的33.74%。

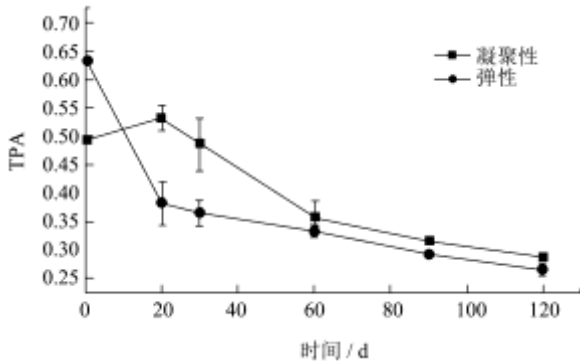


图2 冻藏期间肉凝聚性、弹性的变化

Fig.2 Effects of frozen storage on cohesiveness, elasticity

由图2可知,冻藏20d后,猪肉弹性降幅明显($p < 0.01$),下降了39.60%,随后呈缓慢下降趋势($p < 0.05$)。刘铁玲^[7]研究结果表明,冻藏15d后鲢鱼的弹性下降了36.05%,鲤鱼的弹性稍有下降,降幅仅为2.17%。肉的凝聚性在第20d有小幅上升,随后呈显著下降趋势($p < 0.01$),这可能是由于,在速冻起始时,猪肉温度由室温迅速降至-18℃,肌肉蛋白迅速变性,导致肌肉局部蛋白聚集,从而使凝聚性提高^[8]。而后随着冻藏时间的延长,猪肉由于冰晶增长而受到机械伤的作用,且微生物对蛋白的降解作用均使得肉的凝聚性下降。对凝聚性与冻藏时间的回归分析,得到方程 $y = -3E-06x^2 - 0.0025x + 0.5324$ ($R^2 = 0.8817$),相关系数具有极显著性,表明凝聚性与冻藏时间的二次方、一次方均呈负相关。

2.2 冻藏过程肉色差的变化

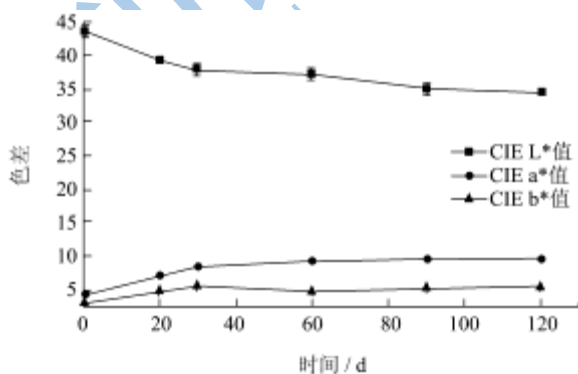


图3 冻藏期间肉色差的变化

Fig.3 Effects of frozen storage on color aberration

由图3可见,冻藏期间,随着时间延长,肉 CIE L*

降低, CIE a*和 CIE b*均先升高后趋于平缓 ($p < 0.05$)。各色差值在到达第30d时均发生显著性变化,其中 CIE L*下降了13.07%, CIE a*提高了98.39%, CIE b*提高了72.91%。这表明,冻藏使得肉亮度值下降,红度值升高,整体出现变暗的效果。

肉在冻藏过程中表面颜色会由于一系列反应的发生而产生变化,一方面样品在解冻后失去了更多的水分,这会引起表面光鲜反射率的降低,从而导致 CIE L*的降低;另一方面肉中的肌红蛋白氧化成红褐色的氧化肌红蛋白,使得肉呈褐色^[9],最终导致 CIE a*升高;且耐冷微生物分泌的水溶性或脂溶性色素,加之冰晶升华后产生的肉表面多孔质的海绵结构,充满了空气,增大了表面积,在氧气的作用下,促进了脂肪氧化,致使冻藏肉表面出现不同程度的黄色^[10],从而使 CIE b*升高。

2.3 冻藏期间肉蒸煮损失率的变化

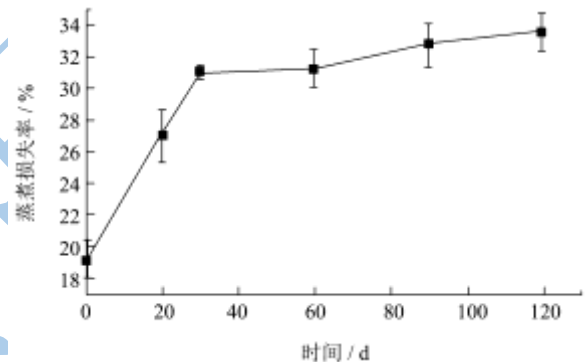


图4 冻藏期间肉蒸煮损失率的变化

Fig.4 Effects of frozen storage on cooking loss rate

由图4可见,随着冻藏时间的延长,猪肉的蒸煮损失率在第30d显著升高 ($p < 0.01$),升高了62.54%,随后呈缓慢升高趋势,变化不显著 ($p > 0.05$)。此结果与 Farouk 等^[11]在对于牛肉冻藏方面的研究规律相近,其研究表明,在9个月的冻藏过程中,解冻后牛肉的保水能力迅速降低,其后缓慢降低。这表明冻藏期间蛋白变性程度显著升高,蛋白溶解度显著降低,肉保水能力显著降低。

2.4 加酶腌制对肉糜 TPA 质构特性的影响

由表1可见,将冻藏肉及非冻藏肉绞碎后做成生肉糜,并添加蛋白酶腌制12h后,肉糜弹性、凝聚性、咀嚼性均显著升高 ($p < 0.01$)。对于非冻藏肉,添加 papain、protamex、neutrase 腌制后,弹性分别提高了141.80%、144.21%、145.89%,冻藏肉分别提高了295.17%、291.79%、278.70%;非冻藏肉的凝聚性分别提高了67.43%、68.73%、54.22%,冻藏肉分别提

高了 130.24%、101.31%、85.77%；非冻藏肉的咀嚼性分别提高了 48.87%、48.14%、138.80%，冻藏肉分别提高了 372.17%、610.74%、573.57%。由此可以看出，冻藏肉的变化趋势同非冻藏肉，但提高百分比比较冻藏肉更高。

在加工过程中，肌原纤维蛋白从肌肉细胞中释放出来并成为水溶状态是至关重要的^[12]。肉糜在腌制过程中添加适量食盐、少量蛋白酶，蛋白酶可以将肉品

中的肌原纤维蛋白降解成小分子，盐溶性蛋白的溶解性增大，在食盐的作用下，并通过斩拌，肌纤维被切断，更多的盐溶性蛋白释放出来，并且活化和膨胀了其他蛋白，由于斩刀高速旋转产生的摩擦热会使肉蛋白变性，从而最终提高肉蛋白的结合力。肉糜的弹性、凝聚性、咀嚼性会随着肉蛋白的结合力的提高而分别发生不同程度的提高。冻藏肉因部分蛋白已经变性，因此效果更显著。

表 1 加酶腌制对生肉糜的 TPA 质构特性的影响

Table 1 Effects of the addition of different enzymes in the curing process on TPA of raw pork patties

生肉糜	弹性		凝聚性		咀嚼性	
	非冻藏	冻藏	非冻藏	冻藏	非冻藏	冻藏
blank	0.37±0.00 ^a	0.24±0.00 ^a	0.36±0.05 ^a	0.24±0.00 ^a	42.33±3.89 ^a	32.04±3.17 ^a
papain	0.91±0.01 ^b	0.96±0.01 ^c	0.61±0.01 ^c	0.54±0.01 ^c	63.02±2.18 ^b	151.26±6.19 ^b
protamex	0.91±0.00 ^b	0.95±0.00 ^c	0.61±0.08 ^c	0.48±0.01 ^b	62.72±4.39 ^b	227.69±6.38 ^c
neutrase	0.92±0.03 ^b	0.92±0.03 ^b	0.56±0.00 ^b	0.44±0.04 ^b	101.10±4.45 ^c	215.78±7.12 ^c

注：同列不同小写字母表示同一指标添加不同酶之间具有显著性差异；表2、3、4、5同。

表 2 加酶腌制对熟肉糜的 TPA 质构特性的影响

Table 2 Effects of the addition of different enzymes in the curing process on TPA of cooked pork patties

熟肉糜	弹性		凝聚性		咀嚼性	
	非冻藏	冻藏	非冻藏	冻藏	非冻藏	冻藏
blank	0.24±0.00 ^a	0.21±0.00 ^a	0.30±0.01 ^a	0.20±0.03 ^a	487.67±3.29 ^a	234.13±3.34 ^a
papain	0.60±0.03 ^b	0.54±0.01 ^c	0.47±0.00 ^b	0.39±0.01 ^b	498.39±5.28 ^b	251.34±2.39 ^b
protamex	0.57±0.01 ^b	0.49±0.00 ^b	0.44±0.00 ^b	0.45±0.02 ^b	529.11±7.67 ^c	296.78±5.33 ^c
neutrase	0.56±0.02 ^b	0.52±0.00 ^b	0.46±0.02 ^b	0.42±0.00 ^b	533.78±4.18 ^c	316.99±3.23 ^c

由表 2 可见，将冻藏肉及非冻藏肉绞碎后做成熟肉糜，实验组熟肉糜弹性、凝聚性、咀嚼性均显著升高 (p<0.01)。对于非冻藏肉，添加 papain、protamex、neutrase 腌制后，弹性分别提高了 151.60%、141.30%、135.41%，冻藏肉分别提高了 157.94%、134.22%、147.96%；非冻藏肉的凝聚性分别提高了 56.71%、47.22%、52.42%，冻藏肉分别提高了 97.88%、126.44%、113.14%；非冻藏肉的咀嚼性分别提高了 2.20%、8.50%、9.45%，冻藏肉分别提高了 7.35%、26.76%、30.38%。由此可以看出，冻藏肉的变化趋势同非冻藏

肉，添加蛋白酶腌制后熟肉糜的质构特性均显著提高，除弹性外冻藏肉提高的百分比非冻藏肉更高，而添加 protamex 对非冻藏肉的效果更明显。

实验结果表明，蛋白酶对冻藏肉的熟肉糜的弹性、凝聚性、咀嚼性作用效果要优于非冻藏肉，此结果同生肉糜。但从整体来看，蛋白酶对生肉糜的作用效果优于熟肉糜。这可能是由于加热使得蛋白变性的结果。

2.5 加酶腌制对肉糜色差的影响

表 3 加酶腌制对冻藏后生肉糜色差的影响

Table 3 Effects of the addition of different enzymes in the curing process on color aberration of raw pork patties

生肉糜	CIE L*		CIE a*		CIE b*	
	非冻藏	冻藏	非冻藏	冻藏	非冻藏	冻藏
blank	38.97±0.96 ^a	36.80±0.25 ^a	2.57±0.07 ^a	5.64±0.15 ^b	2.75±0.14 ^a	5.15±0.31 ^a
papain	44.74±0.49 ^d	38.27±0.24 ^b	4.08±0.09 ^c	5.61±0.07 ^b	4.72±0.23 ^b	5.39±0.11 ^b
protamex	42.34±0.28 ^c	38.51±0.38 ^b	4.36±0.06 ^d	5.36±0.22 ^a	5.82±0.08 ^c	5.75±0.49 ^c
neutrase	41.41±0.34 ^b	39.53±0.44 ^b	3.63±0.21 ^b	5.52±0.01 ^b	4.80±0.31 ^b	5.96±0.62 ^c

由表 3 可见，对于生肉糜，添加 papain、protamex、neutrase 腌制后，非冻藏肉的 CIE L* 分别提高了

14.81%、8.65%、7.09% (p<0.05)，冻藏肉分别提高了 4.00%、4.65%、7.42%，因此添加 papain 和 protamex

对非冻藏肉生肉糜亮度的影响较之对于冻藏肉的作用更大,而 *neutrase* 对冻藏肉的效果更显著;添加蛋白酶腌制后非冻藏肉的 CIE a^* 均有显著提高 ($p < 0.01$),而对于冻藏肉,除 *protamex* 使得 CIE a^* 有显著下降外,其他二者对 CIE a^* 没有显著性影响 ($p > 0.05$),表明蛋白酶有显著抑制冻藏肉变暗的趋势;非冻藏肉的 CIE b^* 分别提高了 71.64%、111.64%、74.55% ($p < 0.01$),冻藏肉分别提高了 4.66%、11.65%、15.73%,这表明蛋白酶对冻藏肉及非冻藏肉具有提高 CIE b^* 的效果但是对于非冻藏肉的效果更加显著,这表明蛋白酶有显著抑制冻藏肉 CIE b^* 升高的趋势,可能在一定程度上阻止肉发生氧化等反应。

表 4 加酶腌制对冻藏后熟肉糜色差的影响

Table 4 Effects of the addition of different enzymes in the curing process on color aberration of cooked pork patties

熟肉糜	CIE L^*		CIE a^*		CIE b^*	
	非冻藏	冻藏	非冻藏	冻藏	非冻藏	冻藏
blank	64.50±0.11 ^a	63.89±1.30 ^a	3.48±0.12 ^a	4.56±0.26 ^b	10.77±0.22 ^c	11.55±0.23 ^c
papain	64.89±0.21 ^a	63.37±0.26 ^a	3.77±0.02 ^c	3.71±0.19 ^a	5.45±0.32 ^b	5.54±0.48 ^a
protamex	66.11±0.78 ^c	65.59±0.43 ^b	3.54±0.16 ^b	4.07±0.20 ^a	7.43±0.28 ^a	8.74±0.15 ^b
neutrase	65.49±0.54 ^b	63.95±0.61 ^a	3.53±0.02 ^b	4.11±0.25 ^a	7.86±0.32 ^a	8.60±0.09 ^b

由表 4 可见,对于熟肉糜,添加 *protamex*、*neutrase* 腌制后,非冻藏肉的 CIE L^* 分别提高了 2.50%、1.53%,冻藏肉除了添加 *protamex* 的肉提高了 2.66%,其他酶没有显著性差异 ($p > 0.05$);添加 *papain*、*protamex*、*neutrase* 腌制后,非冻藏肉的 CIE a^* 分别提高了 8.33%、1.72%、1.44%,冻藏肉的 CIE a^* 则均显著性降低,表明添加蛋白酶腌制具有抑制冻藏肉加工制品变暗的作用;添加 *papain*、*protamex*、*neutrase* 腌制后,非冻藏肉 CIE b^* 分别降低了 49.40%、31.01%、27.02%,冻藏肉分别降低了 52.03%、24.33%、25.54%,表明蛋白酶具有抑制冻藏肉加工制品变黄变褐的作用。

实验结果表明,对于生肉糜,添加蛋白酶腌制使得 CIE L^* 和 CIE b^* 升高,但冻藏肉提高的百分比非冻藏肉低,非冻藏肉 CIE a^* 升高,冻藏肉 CIE a^* 无显著性差异或略有下降;对于熟肉糜,添加蛋白酶腌制使得 CIE L^* 升高,但冻藏肉提高的百分比非冻藏肉低,非冻藏肉 CIE a^* 升高,冻藏肉 CIE a^* 降低, CIE b^* 降低 ($p < 0.05$),但 *papain* 对冻藏肉作用效果更明显。

生肉糜经蒸煮变成熟肉糜,肌红蛋白变性,红度值变化比较小。黄度值下降可能是由于酶将肉蛋白降解成小分子的氨基酸、肽,这些小分子物质在加热的条件下与其他物质进行反应生成其他一些黄度值较低的小分子物质。李宵等人^[16]研究表明,复合磷酸盐对 CIE b^* 影响最大,可能是由于复合磷酸盐可以螯合肉中的金属离子,从而延缓了肉制品的氧化,进而影响

蛋白酶使得肉糜中肌原纤维蛋白降解,形成一些小分子的肽、氨基酸,体系的 pH 值下降,使得肉糜表面变白,从而导致肉糜亮度增加。Jay 等人报道, pH 值下降可导致肉表面产生褪色漂白的效果,这是由于保护亚铁血红素的球蛋白在低 pH 值下变性导致的^[13]。高铁肌红蛋白还原酶系统的还原能力与肌浆蛋白中的肌红蛋白的自动氧化,共同决定着肉色的稳定性^[14]。腌制过程中,肉中食盐及脂肪的作用可能导致黄度值增加, *Soyer*^[15] 研究表明,如脂肪含量、斩拌等工艺条件对黄度值有较大影响。蛋白酶作用产生的小分子可能具备一定抗氧化活性,在一定程度上能够阻碍肌红蛋白的自动氧化,抑制肉样变暗变黄。

了肉丸制品的颜色,在加热使变得尤为明显。因此,蛋白酶的添加可以有效抑制冻藏肉及其加工制品变暗及变黄,对实际加工生产起到一定的借鉴作用。

2.6 加酶腌制对冻藏肉的蒸煮损失率的影响

表 5 加酶腌制对冻藏后肉糜蒸煮损失率的影响

Table 5 Effects of the addition of different enzymes in the curing process on cooking loss rate of pork patties

蒸煮损失率/%	非冻藏	冻藏
blank	8.43±0.67 ^b	10.93±1.03 ^b
papain	2.80±0.19 ^a	1.75±0.52 ^a
protamex	2.70±0.02 ^a	3.13±0.14 ^a
neutrase	2.44±0.25 ^a	1.75±0.13 ^a

由表 5 可知,添加蛋白酶腌制后,肉的蒸煮损失率显著降低 ($p < 0.01$)。其中非冻藏肉分别降低了 66.79%、67.97%、71.06%,冻藏肉分别降低了 83.95%、71.37%、83.96%,相比非冻藏肉降低的百分比更多。实验结果表明,蛋白酶对蛋白质进行裂解,起到嫩化作用,嫩化后肉中大分子降解为小分子,水分子更易进入这些小分子之间被小分子包住,从而形成致密的结构,提高了持水性,从而降低蒸煮损失率^[17],而实验发现此作用对于冻藏肉更加明显,因此添加蛋白酶腌制具有显著提高冻藏肉加工制品的保水性的作用。

3 结论

3.1 猪肉在冻藏期间(0、20、30、60、90、120 d, -18℃), CIE L*逐渐下降, CIE a*和 CIE b*均逐渐上升($p<0.05$), 即肉变暗; 咀嚼性、弹性均显著下降, 凝聚性则呈现先上升后下降趋势($p<0.01$); 肉蒸煮损失率随冻藏时间延长而逐渐上升($p<0.01$)。

3.2 将冻藏 120 d 的肉添加不同的蛋白酶(papain、protamex、neutrase)腌制, 可显著提高冻藏肉的 CIE L* ($p<0.05$), 抑制熟肉糜的 CIE a*和 CIE b*升高, 降低生肉糜 CIE b*的提高率($p<0.05$)。即蛋白酶的添加可以提高肉亮度, 抑制肉变暗、变黄。

3.3 添加蛋白酶腌制后, 冻藏肉的弹性、咀嚼性、凝聚性显著提高($p<0.01$), 蛋白酶的添加可以有效改善冻藏肉及其加工制品的质构特性。

3.4 添加蛋白酶腌制可以显著降低冻藏肉的蒸煮损失率, 提高其保水性($p<0.01$)。

参考文献

- [1] Margit M, Henrik J A, Søren B E, et al. Effect of Freezing Temperature, Thawing and Cooking Rate on Water Distribution in Two Pork Qualities [J]. Meat Science, 2006, 1: 34-36
- [2] Sasse A, Colindres P, Brewer M S. Effect of Natural and Synthetic Antioxidants on the Oxidative Stability of Cooked, Frozen Pork Patties [J]. Journal of Food Science, 2009, 74(1): 30-31
- [3] 黄鸿兵,徐幸莲,周光宏.冷冻贮藏对冻猪肉冰晶形态、TVB-N及TBARS的影响[J].食品工业科技,2008,29(2):117
Huang H B, Xu X L, Zhou G H. Effect of Frozen Storage on Ice Crystal, TVB-N and TBARS of Pork Muscle [J]. Science and Technology of Food Industry, 2008, 29(2): 117
- [4] Hsu S Y, Yu S H. Effects of Phosphate, Eater, Fat and Salt on Qualities of Low-fat Emulsified Meatball [J]. Journal of Food Engineering, 1999, 39: 25-128
- [5] Huang S C, Shiau C Y, Liu T E, et al. Effects of Rice Bran on Sensory and Physicochemical Properties of Emulsified Pork Meatballs [J]. Meat Science, 2005, 70: 614-615
- [6] 戴志远,崔雁娜,王宏海.不同冻藏条件下养殖大黄鱼肉质构变化的研究[J].食品与发酵工业,2008,34(8):189-190
Dai Z Y, Cui Y N, Wang H H. Changes of Textural Properties of Cultured Pseudosciaena Crocea Muscle under Different Frozen Storage Conditions [J]. Food and Fermentation Industries, 2008, 34(8): 189-190
- [7] 刘铁玲,何新益,李响.冻藏对鲢鱼、鲤鱼鱼肉质构影响的比较研究[J].食品与机械,2010,26(2):15-17
Liu T L, He X Y, Li Y. Effect Comparison of Frozen Storage on Texture Properties Between Silver Carp and Carp Fish Muscles [J]. Food and Machinery, 2010, 26(2): 15-17
- [8] Yu X L, Li X B, Xu X L, et al. Coating with Sodium Alginate and its Effects on the Functional Properties and Structure of Frozen Pork [J]. Journal of Muscle Foods, 2008, 19: 336-348
- [9] Ledward D A. Post-slaughter Influence on the Formation of Metmyoglobin in Muscles [J]. Meat Science, 1985, 38: 477-496
- [10] 王春齐,仵世清.冻藏肉的氧化及预防措施[J].肉类研究, 2002, 1: 38
Wang C Q, Wu S Q. Oxidation and Prevention to Freeze-stored Meat [J]. Meat Research, 2002, 1: 38
- [11] Farouk M M, Wieliczko K J, Merts I. Ultra-freezing and Low Storage Temperatures are not Necessary to Maintain the Functional Properties of Manufacturing Beef [J]. Meat Science, 2004, 66(1): 171-176
- [12] 齐晓辉.肉蛋白的结合力[J/OL]. China Academic Journal Electronic Publishing House, 1994
Qi X H. The Adhesion Strength of the Meat Protein [J/OL]. China Academic Journal Electronic Publishing House, 1994
- [13] 丛懿洁,孙为正,崔春,等.腌制过程中添加木瓜蛋白酶对猪肉糜的影响[J].食品工业科技,2013,34(12):294
Cong Y J, Sun W Z, Cun C, et al. Effects of Papain on the Minced Pork During the Curing Process [J]. Science and Technology of Food Industry, 2013, 34(12): 294
- [14] 孙学朋.高铁肌红蛋白还原酶及其对肉色稳定性的作用综述[J].江西农业学报,2008,20(5): 91-93
Sun X P. Research Progress in Metmyoglobin Reductase and its Effects on Stability of Meat Color [J]. Acta Agriculturae Jiangxi, 2008, 20(5): 91-93
- [15] Soyer A, Ertas A H, Uzumcuoglu U. Effect of Processing Conditions on the Quality of Naturally Fermented Turkish Sausages (sucuks) [J]. Meat Science, 2005, 69: 135-141
- [16] 李宵,史秋峰,王慧蓉,等.正交实验法优化鸡肉丸加工工艺[J].食品工业科技,2012,33(24):268
Li X, Shi Q F, Wang H R, et al. Optimization by Orthogonal Array Design of Chicken Meatballs' Processing [J]. Science and Technology of Food Industry, 2012, 33(24): 268
- [17] López LI, Cofrades S, Yakan A, et al. Frozen Storage Characteristics of Low-salt and Low-fat Beef Patties as Affected by Wakame Addition and Replacing Pork Back Fat with Olive Oil-in-water Emulsion [J]. Food Research International, 2010, 43: 1244-1246