

复合处理对煮熟瘦猪肉嫩化的影响

汤亦悠¹, 张 愨¹, 唐文林¹, 徐丰民²

(1. 江南大学 食品科学与技术国家重点实验室, 江苏 无锡 214122; 2. 严州府食品有限公司, 浙江 建德 315300)

摘要: 通过化学试剂和外源酶的作用, 根据感官评定、蒸煮损失和剪切力的测定结果, 确定嫩化效果明显的一组试剂, 再通过单因素实验和正交优化实验, 确定最优的实验条件和最优作用时间。通过单因素实验得到木瓜蛋白酶的最佳作用温度为 30 ℃, 最佳作用时间为 1.5 h, 最佳作用质量浓度为 0.5 g/L, 碳酸钠的最佳质量浓度为 $m(\text{Na}_2\text{CO}_3):V(\text{H}_2\text{O})=6$ g/dL, 复合磷酸盐的添加量为肉质量的 0.5%; 复合磷酸盐的质量比为: $m(\text{多聚磷酸钠}):m(\text{焦磷酸钠}):m(\text{六偏磷酸钠})=2:2:1$ 。并通过正交优化实验确定最适的添加量为木瓜蛋白酶 0.7 g/L, 温度 30 ℃, 碳酸钠质量浓度 6 g/dL, 聚磷酸钠、焦磷酸钠、偏磷酸钠的质量比为 2:2:1, 添加量为肉质量的 0.5%, 然后在此条件下确定最适作用时间为 1.5 h, 达到了猪肉煮熟嫩化的目的。

关键词: 猪肉; 嫩化; 木瓜蛋白酶; 碳酸钠; 复合磷酸盐

中图分类号: TS277 文献标识码: A 文章编号: 1673—1689(2015)06—0584—08

Effect of Combined Treatment on the Tenderness of Pork

TANG Yiyou¹, ZHANG Min¹, TANG Wenlin¹, XU Fengmin²

(1. State Key Laboratory of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 2. Yanzhoufu Food Group Company, Jiande 315300, China)

Abstract: In order to tender the pork meat by the action of chemical agents and exogenous enzymes, sensory evaluation, cooking loss and chewiness force were evaluation to determine a group of agents which has the most significant tenderizing effect, and then determine the optimal experimental condition by the single factor experiment and the orthogonal experiment. Eventually, the best group was obtained. Then, on the basis of the single factor experiments, we designed the orthogonal experiment and obtained the optimal conditions. Finally, papain, sodium and compound phosphate were combined as the pork tenderness treatment. For papain, the optimum reaction temperature was 30 ℃, optimum reaction time was 1.5 hand the optimal concentration was 0.5 g/L For Na_2CO_3 , the optimum added content($m\text{Na}_2\text{CO}_3:v\text{H}_2\text{O}$)was 6%. The optimal content of phosphate compounds was 0.5%, and the ratio among these phosphate compounds was sodium polyphosphate : pyrophosphate : hexametaphosphate =2:2:1. Meanwhile according to the orthogonal experiment ,optimized conditions of papain was content of papain 0.7 g/L, temperature 30 ℃, 6% of sodium carbonate concentration, compound phosphate (sodium tripolyphosphate ,sodium pyrophosphate, sodium metaphosphate =2:2:1),0.5% addition level. Then the optimum time of pretreatment was 1.5h in this condition.

Keywords: Pork, Tenderness, Papain, Na_2CO_3 , Compound phosphate

收稿日期: 2014-06-25

基金项目: 国家自然科学基金项目(21176104)

通讯作者: 张愨(1962-), 男, 浙江平湖人, 工学博士, 教授, 博士研究生导师, 主要从事农产品贮藏与加工研究。E-mail: min@jiangnan.edu.cn

嫩度是肉品质的重要标志,它是消费者评判肉质优劣的最常用的指标。所谓“肉老”,是指肉品坚韧,难于咀嚼;所谓“肉嫩”,是指肉品在被咀嚼时柔软、多汁和容易嚼烂。肉的嫩度指肉在食用时口感的老嫩,反映了肉的质地,由肌肉中各种蛋白质结构特性所决定^[1]。因为肉的嫩度与屠宰前后的因素都有关,所以嫩化技术可以被分为宰前嫩化技术和宰后嫩化技术。宰前嫩化技术主要涉及家畜的品种选育、饲养管理、遗传调控等。目前研究和应用最广泛的是宰后嫩化,可分为物理嫩化法、化学嫩化法和生物嫩化法、酶类嫩化法等。

物理嫩化方法包括低温吊挂自动排酸法、电刺激嫩化法、机械嫩化法、声波嫩化法、冷冻嫩化处理、超高压嫩化等。化学方法有磷酸盐嫩化法、有机酸嫩化法、碳酸盐嫩化法、钙盐嫩化法等。生物嫩化法主要是指生物技术、基因技术及DNA重组技术。酶类嫩化法分为外源酶嫩化法和激活内源蛋白酶嫩化法。常用的植物来源的蛋白酶包括木瓜蛋白酶、无花果蛋白酶、猕猴桃蛋白酶等,微生物来源的主要包括黑曲霉蛋白酶、枯草蛋白酶、米曲蛋白酶、根霉蛋白酶等;内源嫩化酶主要是钙蛋白酶体系,将钙蛋白酶活性下降作为发挥水解作用的标志^[2]。

1 材料与方法

1.1 实验原料及试剂

新鲜猪后腿肉,购自无锡华润万家超市;木瓜蛋白酶(800 000 U/g)、焦磷酸钠、三聚磷酸钠、六偏磷酸钠(均为分析纯)、碳酸钠、氯化钙、复合蛋白酶、胰蛋白酶、氯化钠、醋酸、碳酸氢钠等试剂,上海国药集团化学有限公司制品;酱油、糖等调味料,购自无锡华润万家超市。

1.2 主要仪器与设备

FA1104型电子天平,TA.XT2i质构分析仪,美国梅特勒-托利多仪器有限公司制造;恒温箱,上海博泰实验设备有限公司制造;美的电磁炉,顺德美的的有限公司制造。

1.3 工艺流程

原料去骨、解冻(或冷鲜)肉→猪肉预处理(用浸泡液浸泡)→蒸40 min→成型(7.8 cm×7.8 cm)→卤制50 min→冷却→真空包装→低温(90℃)杀菌→冷却→冻结

1.4 猪肉蒸煮损失测定方法

将猪肉切分成小块,放于蒸煮袋中,在95℃水浴锅中加热,当肉的中心温度达到85℃时,取出样品,冷却至常温,用滤纸擦干表面水分,然后称质量。蒸煮损失按下式^[3]计算:

$$l = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100\% \quad (1)$$

式(1)中, l 为蒸煮损失, m_1 为煮前肉的质量, m_2 为煮后肉的质量。

1.5 猪肉剪切力测定方法

肉块煮熟后,将肉块沿垂直于肌纤维方向切割成长、宽、高均为2.5 cm厚的肉块,肉块冷却至常温后取样。在质构仪上进行全质构的测定,然后在TA.XT2i质构仪上测其全质构,重复测定3次,取平均值。剪切力测定的TA-XT2i参数:探头P25,测试计数点200.00,测试模式与选择TPA,测试前速度2.00 mm/s,测试速度2.00 mm/s,测试后速度2.00 mm/s,压缩距离20 mm,形变量30%,测试时间10.00 s^[4]。

1.6 嫩化配方的选择

查阅资料,配制能够起嫩化作用的酶液或者化学试剂,采用单一或者组合的方式,进行多次实验后,在室温25℃下预处理2 h,根据感官评定和蒸煮损失选择最适合的一组,再进行单因素实验和正交优化实验。实验组数见表1。

表1 不同嫩化实验处理组编号

Table 1 Different experimental treatment group number

组号	嫩化方式
1号	木瓜蛋白酶
2号	复合蛋白酶
3号	胰蛋白酶
4号	木瓜+Na ₂ CO ₃
5号	木瓜+NaCl
6号	木瓜+CaCl ₂
7号	NaCl+ Na ₂ CO ₃
8号	CaCl ₂ + Na ₂ CO ₃
9号	木瓜+NaHCO ₃
10号	木瓜+ Na ₂ CO ₃ +复合磷酸盐
11号	木瓜+醋酸
12号	木瓜+复合磷酸盐
13号	木瓜+复合磷酸盐+NaCl
14号	木瓜+复合磷酸盐+CaCl ₂
15号	木瓜+复合磷酸盐+NaHCO ₃
16号	木瓜+复合磷酸盐+醋酸

1.7 单因素实验

分别对影响肉嫩度的木瓜蛋白酶、碳酸钠、复合磷酸盐进行单因素实验研究,结合感官评定考察以上3种不同嫩化剂质量浓度、时间和温度对猪肉的剪切力与烹饪失水率的影响。其中木瓜蛋白酶单因素实验分别以添加量、作用时间、作用温度为变量,质量浓度分别为0.1、0.3、0.5、0.7、0.9 g/L,时间分别为0.5、1、1.5、2、2.5、3 h,作用温度分别为20、30、40、50、60 ℃,并控制其他两个因素为常量进行单因素实验。碳酸钠的单因素实验,控制质量浓度变化为从1~10 g/dL,质量浓度梯度为1 g/dL。复合磷酸盐的添加量的确定,将复合磷酸盐的添加量作为单因素,复合磷酸盐的质量比为 $m(\text{多聚磷酸钠}):m(\text{焦磷酸钠}):m(\text{六偏磷酸钠})=2:2:1$,浸泡时间为2 h,浸泡液水量为100 g肉加40 g水,复合磷酸盐的添加量分别为肉质量的0.1%、0.2%、0.3%、0.4%、0.5%、0.6%、0.7%;复合磷酸盐的配比见表2。猪肉煮熟以后,再分别测定剪切力和蒸煮损失,并进行感官评定。

表3 正交因素水平表

Table 3 Orthogonal factors

水平号	因素		
	A 木瓜蛋白酶质量浓度(g/L)	B 碳酸钠质量浓度(g/dL)	C 复合磷酸盐质量配比
1	0.3	5	2:2:1
2	0.5	6	2:1:1
3	0.7	7	2:1:2

1.9 木瓜蛋白酶、碳酸钠和复合磷酸盐的最适作用时间

按照正交优化实验的最佳条件在一定浓度和温度下按照作用时间的不同进行实验,时间分别为0、0.5、1、1.5、2 h。实验结束之后,根据感官评定并结合剪切力和蒸煮损失的结果,确定最终最适作用时间。

2 结果与讨论

2.1 嫩化配方的选择实验

根据上述实验方法,进行16组实验。实验结束后,按照建立的感官评分表进行感官评定,结果见表4和图1。可知,每一组的感官评定分数和蒸煮损失都不同。从蒸煮损失来看,会发现蒸煮损失低的组感官评分不一定高;从感官评分发现,有NaCl的肉偏干,有失水现象;有CaCl₂的会有苦味,有醋酸的肉偏酸。因此结合感官评分和蒸煮损失,选择第10

表2 多聚磷酸盐的配比

Table 2 ratio of Polyphosphates

组数	质量配比
1	1:1:1
2	1:2:1
3	1:1:2
4	1:2:2
5	2:1:1
6	2:1:2
7	2:2:1
8	2:2:2

1.8 正交优化实验

在单因素的基础上,初步确定木瓜蛋白酶用量是0.5 g/L,碳酸钠质量浓度为 $m(\text{Na}_2\text{CO}_3):V(\text{H}_2\text{O}_3)=6 \text{ g/dL}$,复合磷酸盐的质量比为 $m(\text{多聚磷酸钠}):m(\text{焦磷酸钠}):m(\text{六偏磷酸钠})=2:2:1$,复合磷酸盐添加量为肉质量的0.5%,然后再根据嫩化剂的量和浓度不同设计三因素三水平的正交优化实验,确定合适的浓度配比。见表3。

组。因为第10组蒸煮损失最小且肉味纯正,无其他苦味、酸味等。第10组为木瓜蛋白酶、碳酸钠和复合磷酸盐混合。研究表明,木瓜蛋白酶、碳酸钠和复合磷酸盐均对肉有嫩化效果,因为木瓜蛋白酶对肌肉的作用组分主要是肌动球蛋白质、胶原蛋白和弹性蛋白质,木瓜蛋白酶能将肌动球蛋白质分解为肌球蛋白质和肌动蛋白质,肌动蛋白质易溶于水,使肉的保水性增强,嫩度提高。胶原蛋白和弹性蛋白质是结缔组织的主要成分,木瓜蛋白酶对这两种蛋白质的作用能使结缔组织降解成无定形的小块,导致肉的嫩化^[5];碳酸钠能够对蛋白质有一定腐蚀作用,可破坏肉类的组织结构,促使结构发生改变,一定程度嫩化猪肉^[6]。复合磷酸盐的作用机理是提高肉的pH、螯合金属离子、增加蛋白质静电斥力、增加肌球蛋白质的溶解性^[7-8]。主要是因为磷酸盐加强了肌肉蛋白质结合水分子的能力,使其

在加热过程中有效地保持水分,减少肉汁溢出,从而使肉柔嫩多汁。

表4 感官评分表

Table 4 Sensory score sheet

组数	分数
1	81
2	80
3	78
4	84
5	75
6	77
7	74
8	76
9	84
10	86
11	76
12	83
13	78
14	77
15	82
16	74

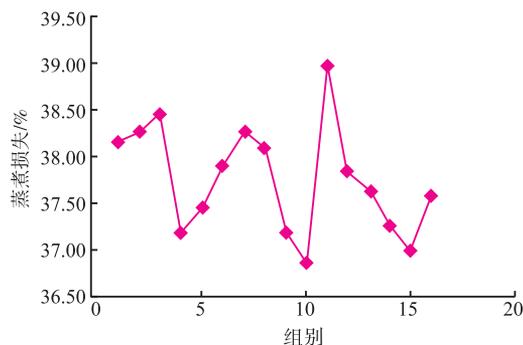


图1 各组的蒸煮损失变化
Fig.1 Change of cooking loss

2.2 木瓜蛋白酶单因素实验

2.2.1 木瓜蛋白酶质量浓度的单因素实验 木瓜蛋白酶添加量对煮熟猪肉嫩化指标的影响见图2。由图可知,当添加量在0.5 g/L之前,蒸煮损失、剪切力在逐渐降低;当超过0.5 g/L后,蒸煮损失、剪切力逐渐上升。蒸煮损失表征的是肉的持水性和汁液损失度,蒸煮损失越大,肉的持水性越低,汁液损失越多,肉的硬度增强,造成嫩度下降。剪切力是肉的另一质构指标,剪切力值越高说明肉越老,剪切力值越小,说明肉越嫩^[9]。木瓜蛋白酶用量超过0.5 g/L的时候,造成剪切力上升,可能是因为肌动球

蛋白质的过度裂解和结缔组织过分降解造成的。肌动球蛋白是肌原纤维的主要成分,肌动球蛋白的过度裂解溶解和结缔组织的过分降解可能会造成肌肉的超微网状结构遭到过度破坏,导致肌肉结构过于松散,过度收缩,液体流出,保水性差,从而造成肉的硬度上升,剪切力上升,嫩度下降^[10]。而且可以发现,木瓜蛋白酶的质量浓度过大可能导致肉的过度嫩化,嫩度过低,也达不到良好效果^[11]。因此综合考虑蒸煮损失和剪切力,可认为酶的最适作用添加量是0.5 g/L。

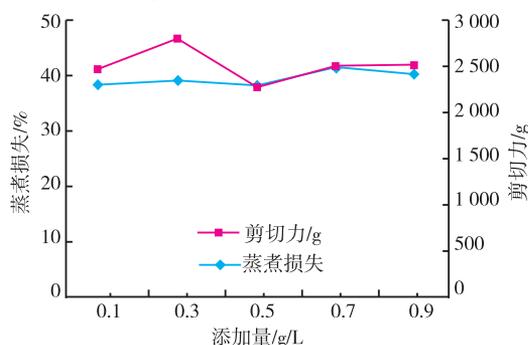


图2 木瓜蛋白酶添加量对煮熟猪肉嫩化指标的影响
Fig.2 Affect of the amount of papain on cooked pork tenderness indicators

2.2.2 木瓜蛋白酶作用时间对猪肉蒸煮损失和质构的影响 木瓜蛋白酶作用时间对煮熟猪肉嫩化指标的影响见图3。由图可知,两线在以作用时间为自变量时的变化趋势是不完全一致的。蒸煮损失在1 h处取得最低值,剪切力在1.5 h取得最低值,当作用时间超过1.5 h时,蒸煮损失、剪切力都有上升。蒸煮损失的增加可能是时间太长导致肌原纤维蛋白质变性及肉中胶原蛋白收缩,使得肉的持水性降低。此外,还可能与肌原纤维的聚积和短缩有关,导致肉变硬^[12]。而剪切力在之前下降又上升,这可能是因为在开始随着作用时间的加长,酶水解的能力越强,水解的量越多,因此肉的主要变化是变嫩的;当酶解时间超过1.5 h时,剪切力又上升,可能是因为在一定数量的猪肉能够提供的木瓜蛋白酶的作用位点是有限的,因此木瓜蛋白酶的嫩化效果才不随作用时间的延长而无限提高^[13],所以才会有剪切力先下降后上升的情况出现。综合蒸煮损失和剪切力的情况来看,因为蒸煮损失的差别不是很大,可以先初步选取木瓜蛋白酶最适作用时间为1.5 h,然后再结合感官评定的结果确定木瓜蛋白酶的作用时间。

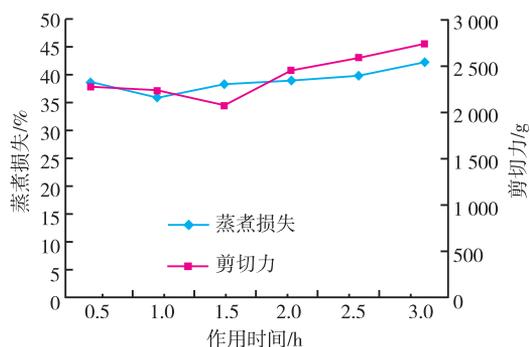


图3 木瓜蛋白酶作用时间对煮熟猪肉嫩化指标的影响

Fig.3 Effect of the action time of papain on cooked pork tenderness indicators

2.2.3 木瓜蛋白酶作用温度对猪肉的蒸煮损失和质构的影响 木瓜蛋白酶作用温度对煮熟猪肉嫩化指标的影响见图4。由图可知,蒸煮损失在40℃时最低,但温度为30℃时,蒸煮损失几乎没什么区别,当酶的作用温度低于30℃时,剪切力和硬度随着温度的上升而下降,当温度超过30℃时剪切力和硬度又在上升。剪切力一开始很高,是因为温度低,酶的活性低,所以作用强度弱,肉的剪切力变化不明显,到30℃,剪切力最低;随后剪切力上升的原因可能是,温度过高导致木瓜蛋白酶活性下降,温度更高时将导致酶部分失活,致使猪肉嫩化效果变差。但是,木瓜蛋白酶的最适作用温度为65℃^[13],分析可能是对于作者所做的猪肉的量来说,在嫩化时间是2 h,酶量是0.5 g/L时,在30℃的时候,木瓜蛋白酶就作用完全了,温度越高,反应越快,所以可能在2 h内肉就被反应完全了,随着时间的延长并不能降低剪切力使猪肉变嫩。所以当温度高于30℃时,猪肉剪切力反而上升了。

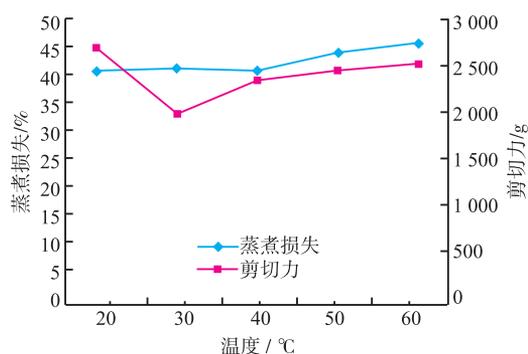


图4 木瓜蛋白酶作用温度对煮熟猪肉嫩化指标的影响

Fig.4 Effect of the action temperature of papain add to cooked pork tenderness indicators

综上,结合蒸煮损失和剪切力的值,选取木瓜

蛋白酶最适作用温度为30℃。

2.2.4 木瓜蛋白酶作用不同时间、不同温度和质量浓度对感官评分的影响 图5分别表示的是不同木瓜蛋白酶的质量浓度,不同的木瓜蛋白酶溶液作用的时间和不同的作用温度下对肉进行预处理、煮熟之后的感官评分变化表,分数越大说明嫩化效果越好,口感越嫩。从图可以看出,在木瓜蛋白酶的添加量是0.5 g/L,作用温度是30℃,作用时间是1.5 h时感官评分最高,所以结合蒸煮损失和剪切力分析得到,木瓜蛋白酶的最适质量浓度是0.5 g/L,作用温度是30℃,作用时间是1.5 h。

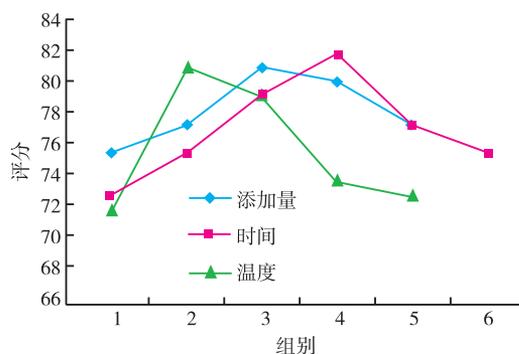


图5 不同木瓜蛋白酶质量浓度、时间、温度的感官评分表

Fig.5 Sensory score sheet of different papain concentration, time, temperature

2.3 碳酸钠单因素实验

木瓜蛋白酶添加量是0.5 g/L,作用温度是30℃,作用时间是1.5 h时,碳酸钠对猪肉的嫩度感官评分和蒸煮损失以及剪切力的影响见图6和图7。

从蒸煮损失和剪切力的变化趋势来看,当碳酸钠的质量浓度在7 g/dL之前,剪切力是随着质量浓度的增加而下降的,从1 887.63 g降到了1 457.25 g,随后虽然在8 g/dL时有小幅度的上升,但最后剪切力的值还是下降,到10 g/dL时剪切力值是1 458.09 g,但是蒸煮损失在质量浓度为6 g/dL时取得最小值,蒸煮损失越小,说明持水性越强,即肉的嫩度越好^[9]。碳酸钠能够对蛋白质有一定腐蚀作用,可破坏肉类的组织结构,促使结构发生改变,一定程度嫩化猪肉^[6],结合感官评分,当碳酸钠的质量浓度超过5 g/dL时,肉的碱味变重,且浸泡肉的颜色越红。木瓜蛋白酶作用的最适pH为7.0左右,需偏碱则加一点碱进去即可以调节pH,但碱太多,又容易引起pH太高,降低木瓜蛋白酶的作用强度,所以结合感官评定,选取碳酸钠的质量浓度为6 g/dL最适。

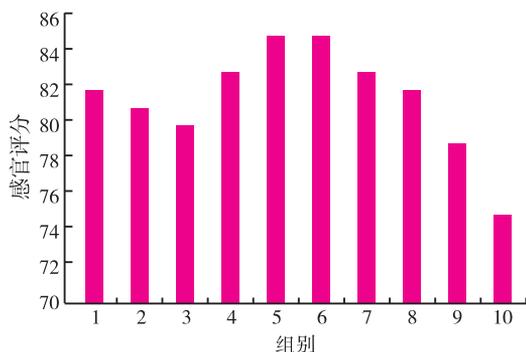


图6 碳酸钠不同质量浓度的感官评分

Fig.6 Sensory score sheet of different concentrations of sodium carbonate

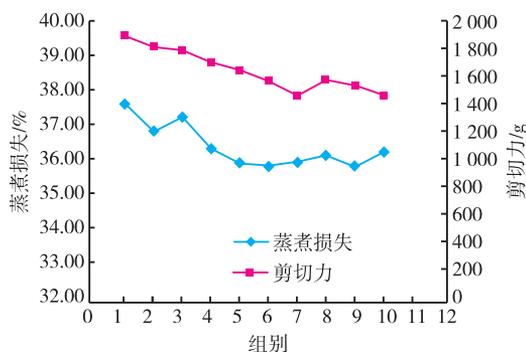


图7 不同质量浓度碳酸钠溶液对蒸煮损失和剪切力的影响

Fig.7 Effect of different concentrations of sodium carbonate solution on the loss for cooking and the shear force change

2.4 复合磷酸盐单因素实验

2.4.1 复合磷酸盐添加量的单因素实验 不同质量分数复合磷酸盐的剪切力和蒸煮损失变化见图8。可以看出,肉的剪切力先是降低,到添加量为肉质量的0.5%时达到最低值,且剪切力随后增大,故最适的应在0.5%。之前已经论述过复合磷酸盐能使猪肉变嫩的机理,当添加量低于0.5%时,多聚磷酸盐的作用强度随添加量的增加而增加,主要是因为磷酸盐加强了肌肉蛋白质结合水分子的能力,使其在加热过程中有效地保持水分,减少肉汁溢出,从而使肉柔嫩多汁^[4]。而当添加量超过0.5%时,剪切力升高,可能是因为磷酸盐溶液作用猪肉后,肌浆蛋白质溶出,高质量分数的磷酸盐溶液又导致了肌浆蛋白质溶出之后盐析,此时盐溶性蛋白质的溶解性降低,不能将脂肪包裹,加热过程中产品易出油,导致硬度增加,嫩度下降^[6]。蒸煮损失的变化趋势与剪切力的变化趋势大致一致,虽然在添加量为肉质量的0.4%时蒸煮损失最小,但是结合感官评分

(图9),最终确定添加量为肉质量的0.5%。

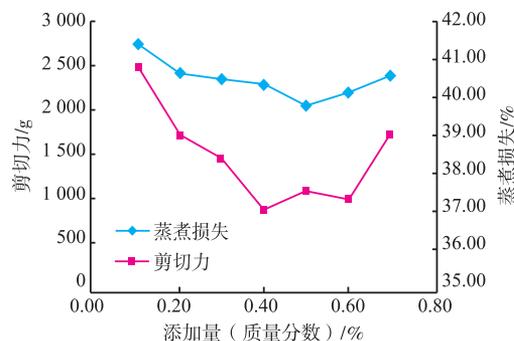


图8 不同质量分数复合磷酸盐的剪切力和蒸煮损失变化

Fig.8 Affect of different concentrations of phosphate composite to the shear force and cooking loss

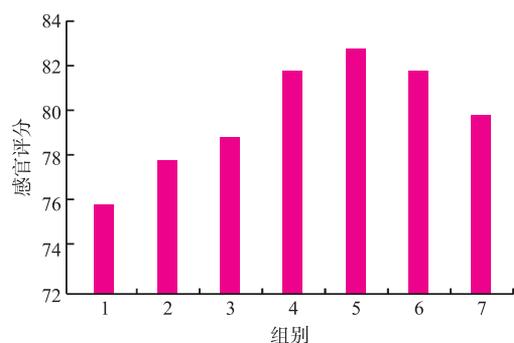


图9 不同质量分数复合磷酸盐的感官评分柱状图

Fig.9 Sensory score histogram of different concentrations of compound phosphate

2.4.2 复合磷酸盐质量配比的确定 由图10可知,第7组的剪切力和蒸煮损失是最小的,复合磷酸盐的作用效果优于单一任何一种磷酸盐的作用效果,不同品种的肉制品对复合磷酸盐要求的最佳配比是不同的,应用于猪肉中的嫩化效果大小顺序为三聚磷酸钠>焦磷酸钠>六偏磷酸钠^[9],所以本实验根据剪切力和蒸煮损失确定三聚磷酸钠、焦磷酸钠、六偏磷酸钠的配比,确定所添加复合磷酸盐的质量之比为2:2:1。

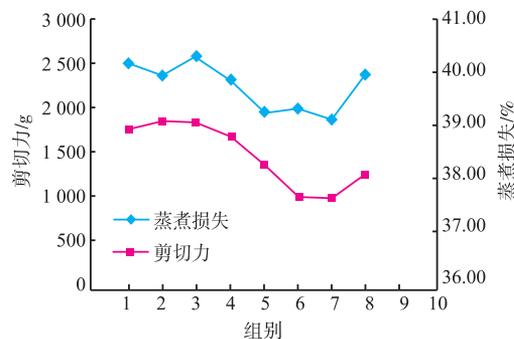


图10 剪切力和蒸煮损失变化图

Fig.10 Change map of shear force and cooking loss

2.5 正交优化实验结果

由表5可知,影响肉的剪切力的大小的各因素的主次关系为C(复合磷酸盐质量比)>B(碳酸钠质量浓度)>A(木瓜蛋白酶质量浓度)。从表6极差分析来看,浸泡的最佳质量浓度为0.7 g/L,碳酸钠最适质量浓度为6 g/dL,复合磷酸盐的质量配比为: $m(\text{多聚磷酸钠}):m(\text{焦磷酸钠}):m(\text{六偏磷酸钠})=2:2:1$ 。

表5 正交优化表

Table 5 Table of Orthogonal Optimization

因素	木瓜蛋白酶质量浓度	碳酸钠质量浓度	复合磷酸盐质量比	剪切力/g
1	1	1	1	1 831.84
2	1	2	2	1 610.06
3	1	3	3	2 222.28
4	2	1	2	1 887.90
5	2	2	3	1 743.70
6	2	3	1	1 459.71
7	3	1	3	1 624.78
8	3	2	1	1 483.05
9	3	3	2	1 877.43

表6 极差分析表

Table 6 range analysis table

	A	B	C
K_1	5 664.18	5 344.52	4 774.60
K_2	5 091.31	4 836.81	5 375.39
K_3	4 985.26	5 559.42	5 588.70
R值	678.92	722.61	814.10

2.6 最佳作用时间

按照正交优化实验的木瓜蛋白酶最适质量浓度0.7 g/L,温度30℃,碳酸钠质量浓度6 g/dL,复合磷酸盐添加量为肉质量的0.5%,在此条件下按照作用时间的不同进行实验,测得剪切力结果,见图11。由图可知,从剪切力和蒸煮损失而言,随着作用时间的延长,蒸煮损失逐渐减小,到1.5 h的时候达到最小。感官评定时,也是在1.5 h时肉的口感更

好。碳酸盐溶液一般呈碱性,对蛋白质有一定腐蚀作用,可破坏肉类的组织结构,促使结构发生改变,一定程度提高了嫩度。但是随着时间的延长,也会引起营养物质的流失^[6],所以时间不能太长,并且伴有弱碱性,可加速木瓜蛋白酶的作用强度,在1.5 h的时候底物作用完成。但随着时间的增长,对肉的风味和营养物质的破坏也应给予考虑,因此确定最佳作用时间为1.5 h。

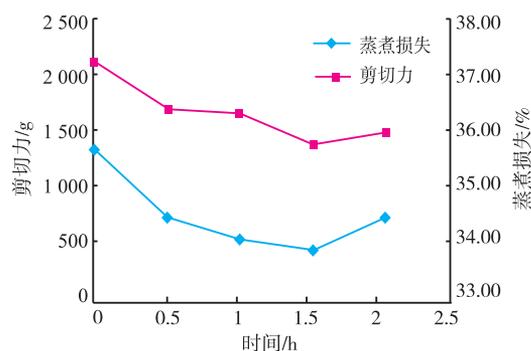


图11 剪切力和蒸煮损失变化图

Fig.11 Change of shear force and cooking loss

3 结语

通过多次控制嫩化剂种类进行不同的预实验,选出嫩化效果明显的一组,其组成为木瓜蛋白酶、碳酸钠和复合磷酸盐联合处理。然后分别通过单因素实验确定木瓜蛋白酶的最佳作用温度为30℃,最佳作用时间为1.5 h,最佳作用质量浓度为0.5 g/L,碳酸钠的最佳浓度为6 g/dL,复合磷酸盐的质量比为: $m(\text{多聚磷酸钠}):m(\text{焦磷酸钠}):m(\text{六偏磷酸钠})=2:2:1$,复合磷酸盐的添加量为肉质量的0.5%。通过正交优化实验确定最适的木瓜蛋白酶质量浓度为0.7 g/L,温度30℃,碳酸钠质量浓度6 g/dL;复合磷酸盐质量比为: $m(\text{聚磷酸钠}):m(\text{焦磷酸钠}):m(\text{偏磷酸钠})=2:2:1$,其添加量为肉质量的0.5%的条件下确定最适的作用时间为1.5 h。

参考文献:

- [1] 王志耕. 肉的嫩化[J]. 安徽农业大学学报, 1997, 24(2): 186-188.
WANG Zhigen. Meat tenderization [J]. *Journal of Anhui Agricultural University*, 1997, 24(2): 186-188. (in Chinese)
- [2] 陈永强. 肉类嫩化研究现状与发展趋势[J]. 肉类研究, 2008(5): 25-28.
CHEN Yongqiang. The status quo and development trend of meat tenderization [J]. *Meat Research*, 2008(5): 25-28. (in Chinese)
- [3] 卢彩霞, 李洪军. 肉类嫩化技术的研究进展与思考[J]. 食品工业科技, 2010(2): 345-347.
LU Caixia, LI Hongjun. Research progresses in meat tenderization technology and some discussion [J]. *Science and Technology*

- of Food Industry, 2010(2):345-347.(in Chinese)
- [4] 刘寿春,钟赛意,葛长荣. 肉品嫩化理论及嫩化方法的研究进展[J]. 肉品卫生, 2005 (7):25-28.
LIU Shouchun, ZHONG Saiyi, GE Changrong. Research progress of meat tenderization mechanism and method[J]. **Meat Staggering**, 2005 (7):25-28. (in Chinese)
- [5] 王利民. 肉类嫩化酶的研究现状[J]. 农产品加工学刊, 2008(6): 34-35.
WANG Liming. The present research situation of the tenderizing enzyme of meat[J]. **Academic Periodical of Farm Products Processing**, 2008(6): 34-35.(in Chinese)
- [6] 李培红,王怀欣,郇延军. 木瓜蛋白酶对猪肉脯嫩化效果的研究[J]. 肉类研究, 2008(1):40-45.
LI Peihong, WANG Huaixin, HUAN Yanjun. Research on tenderizing effect of papain on dried meat slice[J]. **Meat Research**, 2008 (1):40-45.(in Chinese)
- [7] 刘鹭,李洪军. 肉类嫩化方法及技术研究进展[J]. 肉类工业, 2001(11):40-42.
LIU Lu, LI Hongjun. Progress of meat tenderizing methods and techniques[J]. **Meat Industry**, 2001(11):40-42.(in Chinese)
- [8] 李培红,郇延军,刘君,等. 复合磷酸盐对猪肉脯嫩度的改善研究[J], 肉类研究, 2010(6):47-54.
LI Peihong, HUAN Yanjun, LIU Jun, et al. Improvement of the Tenderness on the dry meat slice using compound phosphate[J], **Meat Research**, 2010(6):47-54.(in Chinese)
- [9] 李培红,王怀欣,郇延军. 复合磷酸盐和木瓜蛋白酶对猪肉脯嫩化效果对比研究[J]. 肉类工业, 2011(2):34-42.
LI Peihong, WANG Huaixin. HUAN Yanjun, Comparison between tenderizing effects of papain and compound phosphate on dried meat slice[J]. **Meat Industry**, 2011(2):34-42.(in Chinese)
- [10] 任巧玲,张金枝. 猪肉嫩度及其影响因素[J]. 家畜生态, 2004, 25:161-165.
REN Qiaolin, ZHANG Jinzhi. Pork tenderness and its influencing factors [J]. **Ecology of Domestic Animal**, 2004, 25: 161-165. (in Chinese)
- [11] 季宏飞,卢进峰,蔡克周,等. 复合嫩化剂对猪肉嫩化效果的研究[J]. 肉类研究, 2010, 49:13-17.
JI Hongfei, LU Jingfeng, CAI Kezhou, et al. Study on improving pork tenderness with composite tenderizer[J]. **Meat Research**, 2010, 49: 13-17.(in Chinese)
- [12] 刘靖,姚芳,褚洁明,等. 猪肉脯嫩化技术的研究[J]. 食品工业科技, 2008, 28(11):78-80.
LIU Jing, YAO Fang, ZHU Jieming, et al. Study on the technology of tenderness on the dry meat slice[J]. **Science and Technology of Food Industry**, 2008, 28(11): 78-80.(in Chinese)
- [13] 杨勇,任健,王存堂,等. 鹅肉酶嫩化技术的研究[J]. 食品研究与开发, 2010, 31:25-29.
YANG Yong, REN Jian, WANG Cuntang, et al. The study of enzyme tenderization technology in goose tenderness[J]. **Food Research and Development**, 2010, 31:25-29.(in Chinese)
- [14] 褚洁明,姚芳,刘靖,等. 蛋白酶在猪肉脯嫩化加工中的应用研究[J]. 食品研究与开发, 2008, 29:37-40.
CHU Jieming, YAO Fang, LIU Jing, et al. Exploratory development of protease on the tenderization of pork jerky—processing[J]. **Food Research and Development**, 2008, 29:37-40.(in Chinese)
- [15] 李苗云,赵改名,张秋会,等. 复合磷酸盐对肉制品加工中的保水性优化研究[J]. 食品科学, 2009(8):80-85.
LI Miaoyun, ZHAO Gaiming, ZHANG Qiuhui, et al. Optimization of compound phosphates on water holding capacity in processing of meat products[J]. **Food Science**, 2009(8):80-85.(in Chinese)