

魔芋粉对鲤鱼肌原纤维蛋白凝胶特性的影响

杨 振, 孔保华*, 夏秀芳, 陈 倩, 李沛军
(东北农业大学食品学院, 黑龙江 哈尔滨 150030)

摘 要: 从鲤鱼背部肌肉中提取肌原纤维蛋白, 分别添加 0.05、0.10、0.15、0.20g/100mL 的魔芋粉, 研究其在不同加热温度(70、80、90℃)和不同 NaCl 浓度(0.05、0.10、0.15、0.20mol/L)条件下对肌原纤维蛋白凝胶的硬度、弹性、白度和保水性的影响。结果表明: 相同魔芋粉添加量条件下, 加热温度 80℃ 时形成的肌原纤维蛋白凝胶的硬度和弹性显著高于 70℃ 和 90℃ ($P < 0.05$); 90℃ 时凝胶白度高于 70℃ 和 80℃; 90℃ 时保水性显著高于 70℃ 时的保水性 ($P < 0.05$), 与 80℃ 的凝胶保水性差异不显著 ($P > 0.05$)。在此条件下, 随着 NaCl 浓度增加, 凝胶的硬度和弹性增大; 肌原纤维蛋白凝胶的保水性显著提高。同一温度条件下, 添加 0.10g/100mL 魔芋粉的蛋白凝胶硬度达到最大值, 且 80℃ 时硬度最大为 129g, 凝胶的白度随着魔芋粉质量浓度增加呈现下降趋势, 保水性随着魔芋粉质量浓度的增加而增大; 添加 NaCl 可以显著提高凝胶的白度。

关键词: 鲤鱼; 肌原纤维蛋白; 魔芋粉; 凝胶特性

Influence of Konjac Flour on Gel Properties of Myofibrillar Proteins from Common Carp

YANG Zhen, KONG Bao-hua*, XIA Xiu-fang, CHEN Qian, LI Pei-jun
(College of Food Science, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

Abstract: In this study, myofibrillar proteins were extracted from the back muscle of common carp and the influence of konjac flour(0.05, 0.10, 0.15, 0.20 g/100 mL), temperature (70, 80, 90 °C) and NaCl (0.05, 0.10, 0.15, 0.20 mol/L) on gel properties of the proteins, including hardness, springiness, whiteness and water-holding capacity, was investigated. Generally, the hardness and springiness of myofibrillar protein gels formed in the presence of konjac flour were higher at 80 °C than at 70 °C and 90 °C ($P < 0.05$). Gel hardness and springiness also increased due to the addition of NaCl. Myofibrillar protein gels exhibited a higher whiteness at 90 °C compared with 70 °C and 80 °C. The water-holding capacity at 90 °C was significantly higher than that at 70 °C ($P < 0.05$), but showed no significant difference from that at 80 °C ($P > 0.05$). A significant increase in water-holding capacity was found with increasing NaCl addition. In addition, when konjac flour was added at a concentration of 0.10 g/100 mL, the highest gel strength was achieved for myofibrillar protein gels formed at the same temperature and reached 129 g at 80 °C. As the concentration of konjac flour increased, gel whiteness decreased, while water-holding capacity increased. Moreover, the addition of NaCl resulted in a significant increase in gel whiteness.

Key words: common carp; myofibrillar protein; konjac flour; gel properties

中图分类号: TS201.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2012)11-0116-05

肌原纤维蛋白的凝胶特性是鱼糜制品重要的功能性物质, 是形成鱼糜制品独特质构、保水性等特性的决定性因素。由于近年来过度海洋捕捞和海洋污染的进一步加剧, 海水鱼已无法满足市场的大量需求^[1]。而近几年全球淡水鱼养殖产量不断增加, 淡水鱼作为原料生产鱼糜及鱼糜制品将成为鱼糜制品加工业的新趋势。为了提高鱼糜凝胶的质构特性, 向鱼糜中加入外源成分如菊粉^[2]、大豆分离蛋白^[3]、淀粉^[4]、氧化酚类化合物^[5]、磷酸

盐^[6]等来提高凝胶强度、弹性和保水性。魔芋粉(konjac flour, KF)是高分子质量(200~2000kD)多糖, 是一种葡甘露聚糖, 由甘露糖和葡萄糖以 1.6:1 的比例通过 $\beta(1 \rightarrow 4)$ 键组成的一种线性随机共聚体^[7-8]。KF 在人体胃肠道内不能被消化酶水解, 因此被认为是没有能量的难消化的膳食纤维。据报道称, KF 有预防和改善便秘^[9]、调整脂类代谢、改善葡萄糖代谢及降低糖尿病和心脏病发生等功能。KF 本身有很强的结合水能力, 是食品加工中

收稿日期: 2011-06-15

基金项目: 东北农业大学创新团队项目(CXZ011); 黑龙江省教育厅海外学人科研资助项目(12511053)

作者简介: 杨振(1986—), 女, 硕士研究生, 研究方向畜产品加工。E-mail: yangzhen960@163.com

* 通信作者: 孔保华(1963—), 女, 教授, 博士, 研究方向畜产品加工。E-mail: kongbh@163.com

常用的增稠剂,对肉制品中蛋白质凝胶化以及水分结合表现出协同作用^[10-11],也常用于提高低脂乳化肉类产品的质量^[12-13]。但魔芋粉如何影响肌原纤维蛋白凝胶特性的研究则未见报道。本实验研究在鲤鱼肌原纤维蛋白中添加魔芋粉,研究其在不同加热温度和 NaCl 浓度条件下对肌原纤维蛋白凝胶特性和凝胶保水性的影响。

1 材料与方 法

1.1 材料与试剂

新鲜鲤鱼(平均质量 1.1~1.25kg),购于农贸市场,用两倍体积的碎冰保鲜后运到实验室。经击晕、杀死并去除鱼鳞、内脏和鱼皮,放置于 4℃ 完成尸僵成熟,取鲤鱼背部肉,切成长 1cm³ 的小块,混匀,进行肌原纤维蛋白的提取,制备的蛋白密封后放在 4℃ 条件下放置备用。

魔芋粉 汕头市捷成食品添加剂有限公司; NaCl 天津市化学试剂三厂。

1.2 仪器与设备

GL-21M 高速冷冻离心机 湖南湘仪科学仪器设备有限公司; 日本电色 ZE-6000 色差仪 上海首立实业有限公司; TA-XT Plus 型质构分析仪 英国 Stable Micro System 公司; AL-104 型精密电子天平 上海梅特勒-托利多仪器设备有限公司; 冷冻离心机 美国 Beckman 公司。

1.3 方 法

1.3.1 肌原纤维蛋白提取方法

根据 Jiang Xinjing 等^[14]的方法,并稍加修改。将鱼肉搅碎,加入 4 倍体积的 0.02mol/L、pH7.5 的冰磷酸盐缓冲溶液匀浆 60s,匀浆液用冷冻离心机 4℃、8000 × g 离心 15min 后,除去上清液。沉淀物中再加入磷酸盐缓冲溶液后重复匀浆、离心的过程,重复 3 次,最后一次匀浆液用 3 层纱布过滤,所得滤液离心,然后用一定浓度的冰 NaCl 溶液洗,离心后所得沉淀物即为肌原纤维蛋白。鲤鱼肌原纤维蛋白的提取过程在 4℃ 条件下操作。

1.3.2 凝胶的制备

将提取的肌原纤维蛋白溶于蒸馏水,配成 40mg/mL,搅拌均匀后置于直径 30mm、高度 50mm 的玻璃杯中。魔芋粉添加量分别为 0、0.05、0.10、0.15、0.20g/100mL,先将魔芋粉用水溶解均匀后再加入蛋白凝胶中,用磁力搅拌器混合均匀。将玻璃杯置于水浴锅分别在 70、80、90℃ 条件下加热 30min,冰液中冷却,然后贮存在 2~4℃ 的冰箱中备用。制备好的凝胶在每次分析前要在室温(18~20℃)条件下放置 30min。

1.3.3 凝胶质构的测定

将待测样品置于测定平台上固定好,室温条件下利用物性分析仪进行测量。以质构剖面分析方法(texture profile analyses, TPA) 测定凝胶的硬度和弹性等,选用的参数分别为: SMSP/0.5 探头,测前速率 5mm/s,测试速率 1mm/s,触发力 1g,压缩距离 50%。

1.3.4 凝胶白度的测定

使用色差计测定凝胶的 L^* 、 a^* 、 b^* 。 L^* 值代表亮度,刻度从 0~100(黑色到白色); a^* 值代表红度, a^* 值为正值表示红色, a^* 值为负值表示绿色; b^* 值表示黄度, b^* 值为正值表示黄色, b^* 值为负值表示蓝色。所有样品做 3 次平行实验,结果取平均值。根据 Park^[15]的方法计算白度(whiteness)。

$$\text{白度} = 100 \sqrt{(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}} \quad (1)$$

1.3.5 凝胶保水性的测定

根据 Xia Xiufang^[16]的方法。取约 5g 凝胶样本放入直径 30mm 的离心管中,4℃、1000 × g 离心 10min,除离心出的水分,测定离心前后凝胶的质量。根据公式(2)计算凝胶保水性。

$$\text{WHC}/\% = \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0} \times 100 \quad (2)$$

式中: m_0 为离心管质量/g; m_1 为离心前离心管和凝胶质量/g; m_2 为离心后离心管和凝胶质量/g。

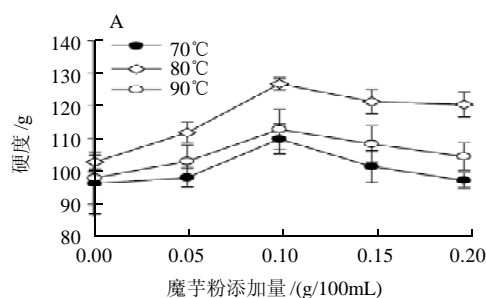
1.3.6 统计分析

每个实验重复 3 次,数据统计分析采用 Statistix 8.1 软件包中 Linear Models 程序进行,差异显著性 ($P < 0.05$) 或差异极显著性 ($P < 0.01$) 分析使用 Turkey HSD 程序,采用 Sigmaplot 11.0 软件作图。

2 结果与分析

2.1 肌原纤维蛋白凝胶质构的变化分析

2.1.1 不同加热温度条件下魔芋粉添加量对肌原纤维蛋白凝胶硬度和弹性的影响



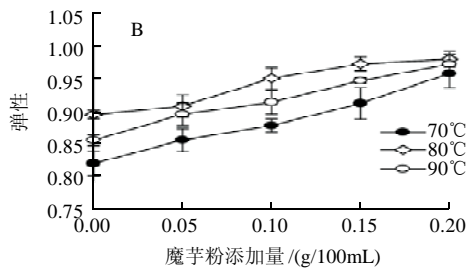


图1 不同温度条件下魔芋粉添加量对肌原纤维蛋白凝胶硬度和弹性的影响

Fig.1 Effect of konjac flour on the hardness and springiness of myofibrillar protein gels formed at different temperatures

由图1可知,在相同的温度条件下,魔芋粉添加量为0.10g/100mL时肌原纤维蛋白凝胶的硬度最大,且80℃时为最大值129g,比70℃时凝胶硬度高约20g;当魔芋粉的添加量继续增大时,肌原纤维蛋白凝胶的硬度减小。相同魔芋粉添加量条件下,80℃时肌原纤维蛋白凝胶的硬度显著高于70℃和90℃时形成凝胶的硬度($P < 0.05$);肌原纤维蛋白在80℃条件下形成的凝胶弹性显著高于70℃时形成的凝胶弹性($P < 0.05$),但是与90℃条件下形成的凝胶弹性无显著差异。在相同温度条件下,随着魔芋粉添加量的增加,凝胶的弹性也是逐渐增强的,70℃时凝胶的弹性由初始的0.8191增大到0.9571,80℃、魔芋粉添加量为0.20g/100mL时,凝胶的弹性提高了约初始值的9%。以上结果表明:80℃时,添加0.10g/100mL的魔芋粉与对照组相比能显著($P < 0.05$)提高凝胶的硬度,但增大魔芋粉的质量浓度反而使肌原纤维蛋白凝胶的硬度降低,可能是因为较高质量浓度的魔芋粉阻碍肌原纤维蛋白之间交联,影响凝胶形成。随着魔芋粉添加量的增大,弹性逐渐增强,可能是因为魔芋粉溶于水后与蛋白质交联,并且本身魔芋粉溶于水后成胶,质量浓度越大形成的凝胶的弹性就越大。80℃条件下肌原纤维蛋白凝胶硬度和弹性最佳,可能因为肌动蛋白和肌球蛋白等内部各亚基更充分暴露,蛋白亚基之间重新相互作用形成蛋白凝胶的网络结构。在70℃时蛋白没有充分到达其变性温度,一部分蛋白没有充分变性和相互之间交联;在90℃肌原纤维蛋白由于高温未能在变性后相互之间充分聚合形成三维的蛋白网络结构,凝胶的硬度和弹性也就相对较低^[17]。

2.1.2 不同盐浓度条件下魔芋粉添加量对肌原纤维蛋白凝胶硬度和弹性的影响

由图2可知,相同魔芋粉添加量条件下,随着NaCl浓度的提高,凝胶的硬度随之增强,当魔芋粉添加量为0.20g/100mL,NaCl的浓度达到0.20mol/L时,

凝胶的硬度显著增强($P < 0.05$),为对照组的约2.1倍;凝胶的弹性随着NaCl浓度的提高而增大,在0.05mol/L NaCl时,弹性变化显著,比对照组提高了约的18%。在相同的NaCl浓度条件下,凝胶的硬度随着魔芋粉添加量的增加而增强,凝胶的弹性随着魔芋粉添加量的增加而增大,但是凝胶弹性在NaCl浓度为0.20mol/L时变化不显著,在NaCl浓度为0.05mol/L时变化显著。弹性的增加可能是因为魔芋粉溶于水后形成魔芋胶,增大了凝胶的弹性,另一种可能是鱼肉中含有大量的转谷氨酰胺酶,魔芋粉和转谷氨酰胺酶在低离子强度下可能有协同作用。在多糖/蛋白质混合体系中这种影响可能是化学(如氢键)和物理(分子缠结)作用的结果^[18]。

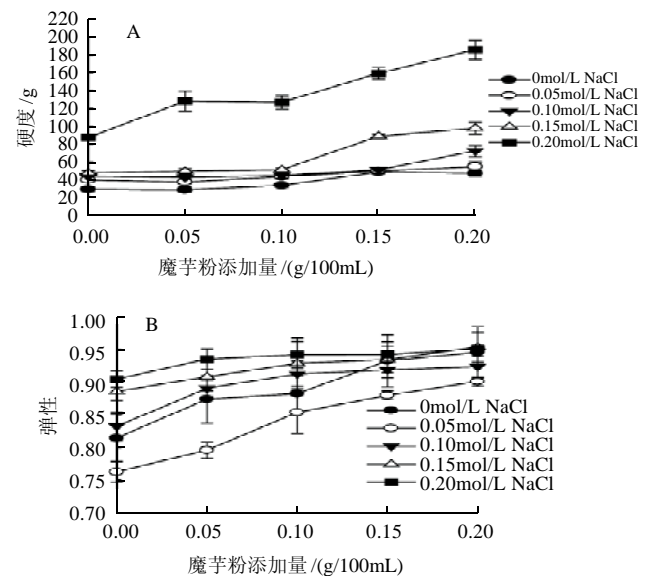


图2 不同盐浓度条件下魔芋粉对肌原纤维蛋白凝胶硬度和弹性的影响

Fig.2 Hardness and springiness of gel added with both konjac flour and NaCl

2.2 肌原纤维蛋白凝胶白度的变化

2.2.1 不同加热温度条件下魔芋粉添加量对肌原纤维蛋白凝胶白度的影响

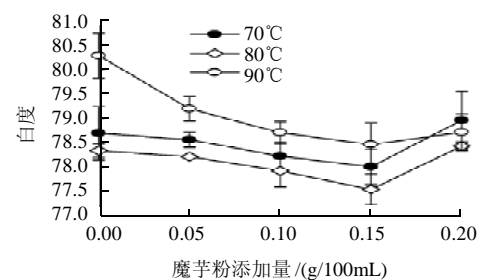


图3 不同温度条件下魔芋粉添加量对肌原纤维蛋白凝胶白度的影响

Fig.3 Effect of konjac flour on the whiteness of myofibrillar protein gels formed at different temperature

由图3可知,同一温度下,肌原纤维蛋白凝胶白度随着魔芋粉添加量的增加而降低,在魔芋粉质量浓度为0.15g/100mL时,肌原纤维蛋白凝胶白度最低,随着魔芋粉质量浓度的继续增大白度略有增加。80℃肌原纤维蛋白凝胶白度显著低于70℃和90℃条件下的凝胶白度($P < 0.05$),为77.54。在90℃时,肌原纤维蛋白凝胶随着魔芋粉质量浓度的增大下降明显,而在70℃和80℃时,肌原纤维蛋白凝胶白度随着魔芋粉质量浓度的增大下降趋势相对缓慢。由于魔芋粉本身黄色较浅,因此不会对凝胶的色度产生显著影响。

2.2.2 不同盐浓度条件下魔芋粉添加量对肌原纤维蛋白凝胶白度的影响

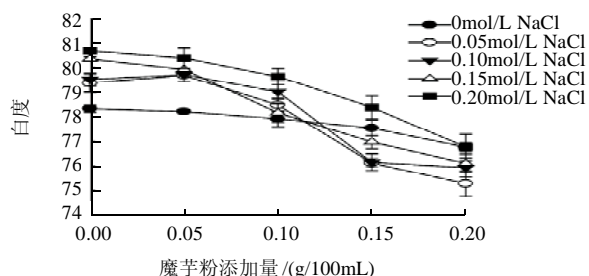


图4 不同盐浓度条件下魔芋粉添加量对肌原纤维蛋白凝胶白度的影响

Fig.4 Effect of konjac flour on the whiteness of myofibrillar protein gels added with different concentration of salt

由图4可知,相同魔芋粉添加量条件下,随着NaCl浓度的增加,肌原纤维蛋白凝胶的白度上升。同一NaCl浓度条件下,凝胶的白度随着魔芋粉添加量的增加而下降。不添加NaCl组,凝胶的白度下降缓慢,这说明NaCl浓度对白度影响较大。并且NaCl浓度为0.20mol/L时,肌原纤维蛋白凝胶的白度显著高于其他几组凝胶的白度。在添加NaCl后,钠离子可以促进蛋白凝胶的形成,同时钠离子可以和蛋白内部的氨基酸结合,阻碍果糖与蛋白发生美拉德反应,因此添加较大浓度的NaCl的凝胶的白度高于其他组的白度^[19]。

2.3 肌原纤维蛋白凝胶保水性的变化

2.3.1 不同加热温度条件下魔芋粉对肌原纤维蛋白凝胶保水性的变化

由图5可知,同一温度下,随着魔芋粉添加量的增加肌原纤维蛋白凝胶的保水性呈上升的趋势。80℃和90℃时相同魔芋粉添加量的凝胶的保水性相比差异不显著($P > 0.05$),70℃凝胶保水性与80、90℃凝胶保水性相比差异显著($P < 0.05$)。在魔芋粉添加量为0.20g/100mL时,7℃凝胶保水性从对照组的92.46%提高到97.14%。这说明添加魔芋粉对肌原纤维蛋白凝胶的保水性有显著

影响,但与80、90℃时凝胶保水性相比,70℃条件下肌原纤维蛋白凝胶的保水性最低。由于魔芋粉本身有很强的结合水的能力^[20],魔芋粉质量浓度增加,能够结合的水分也就越多,凝胶的保水性就越大。

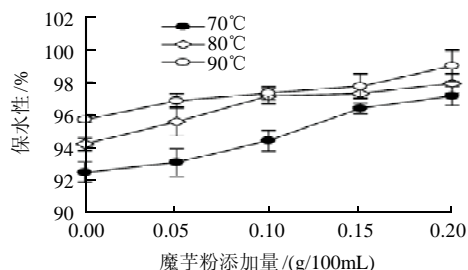


图5 不同温度条件下魔芋粉添加量对肌原纤维蛋白凝胶保水性的影响

Fig.5 Effect of konjac flour on the water-holding capacity of myofibrillar protein gels formed at different temperatures

2.3.2 不同盐浓度下魔芋粉添加量引起肌原纤维蛋白凝胶保水性的变化

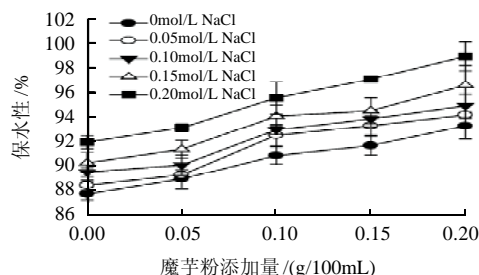


图6 不同盐浓度下魔芋粉添加量对肌原纤维蛋白凝胶保水性的影响

Fig.6 Effect of konjac flour on the water-holding capacity of myofibrillar protein gels added with different concentrations of salt

由图6可知,同一魔芋粉添加量下时,随着NaCl浓度的增加,肌原纤维蛋白凝胶保水性增强;同一NaCl浓度下,随着魔芋粉添加量的增加,凝胶的保水性呈上升的趋势。NaCl浓度为0.20mol/L时,加入0.20g/100mL的魔芋粉保水性由对照组的91.90%提高到98.90%。因为加入一定浓度的NaCl后,蛋白溶液有一定的离子强度,使得蛋白质的溶解性增强,从而促进凝胶化和与水分结合的能力。有研究表明,在较低的盐浓度条件下,肌原纤维蛋白和魔芋粉不是互溶的,肌原纤维蛋白在底部,魔芋粉在顶部^[20],但是这两种胶体会随着盐浓度的提高而消失。

3 结论

本研究表明加热80℃时形成的肌原纤维蛋白凝胶的

硬度和弹性最好, 添加魔芋粉可显著提高肌原纤维蛋白凝胶的硬度、弹性和保水性, 但是对白度不会产生显著影响。添加 NaCl 可显著提高使凝胶的硬度、弹性、保水性和白度。

参考文献:

- [1] 刘海梅. 鲢鱼糜凝胶及形成机理的研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2007: 10.
- [2] 李明清, 孔保华, 王宇, 等. 菊粉对鲤鱼肌原纤维蛋白凝胶特性的影响[J]. 食品工业科技, 2010, 31(10): 105-112.
- [3] 简华君. 大豆分离蛋白对肌原纤维蛋白凝胶性质的影响[D]. 无锡: 江南大学, 2009.
- [4] 吴满刚, 熊幼翎, 陈洁. 不同淀粉对肌原纤维蛋白凝胶强度和微观结构的影响[J]. 食品工业科技, 2010, 31(9): 95-97.
- [5] AMJAD K B, SOOTAWAT B. Effect of oxidised phenolic compounds on the gel property of mackerel (*Rastrelliger kanagurta*) surimi[J]. Food Science and Technology, 2009, 42(6): 1059-1064.
- [6] 彭增起, 李继红. 磷酸盐混合物对鸡胸肉盐溶蛋白凝胶特性的影响[J]. 食品科学, 2006, 27(7): 58-61.
- [7] BEWLEY J D, REID J S G. Mannan and glucomannan[M]//DEY P M, DIXON R A. Biochemistry of storage carbohydrates in green plants. New York: Academic Press, 1985: 289-304.
- [8] MAEDA M, SHIMAHARA H, SUGIYAMA N. The branched structure of konjac glucomannan[J]. Agricultural and Biological Chemistry, 1980, 44: 245-252.
- [9] 张茂玉, 黄承钰, 彭恕生. 魔芋食品对便秘者肠道功能的影响[J]. 营养学报, 1990, 12(2): 185-190.
- [10] CHIN K B, KEETON J T, LONGNECKER M T. Evaluation of konjac blends and soy protein isolate as fat replacement in a low-fat bologna[J]. Food Science, 2000, 65(5): 756-763.
- [11] KAO W T, LIN K W. Quality of reduced-fat frankfurter modified by konjac-starch mixed gels[J]. Food Science, 2006, 74(Suppl 1): 326-332.
- [12] CHIN K B, KEETON J T, LONGNECKER M T, et al. Functional, textural and microstructural properties of low-fat bologna (model system) formulated with a konjac blend[J]. Food Science, 1998, 63(5): 801-807.
- [13] CHIN K B, KEETON J T, LONGNECKER M T, et al. Utilization of soy protein isolate in a low-fat bologna model system with two levels and two types of konjac blends[J]. Meat Science, 1998, 53(1): 45-57.
- [14] JIANG Xinjing, ZHANG Zhijun, CAI Huinong, et al. The effect of soybean trypsin inhibitor on the degradation of myofibrillar proteins by an endogenous serine proteinase of crucian carp[J]. Food Chemistry, 2006, 94(4): 498-503.
- [15] PARK J W. Functional protein additives in surimi gels[J]. Journal of Food Science, 1994, 59(3): 525-527.
- [16] XIA Xiufang, KONG Baohua, XIONG Youling L., et al. Decreased gelling and emulsifying properties of myofibrillar protein from repeatedly frozen-thawed porcine *longissimus* muscle are due to protein denaturation and susceptibility to aggregation[J]. Meat Science, 2010, 85(3): 481-486.
- [17] 杨龙江, 南庆贤. 肌肉蛋白质的热诱导凝胶特性及其影响因素[J]. 肉类工业, 2001(10): 39-42.
- [18] BEMAL V M, SMAJDA C H, SMITH J L, et al. Interactions in protein / polysaccharide/calcium gels[J]. Journal of Food Science, 1987, 52(5): 1121-1125; 1136.
- [19] FENNEMA O R. Food chemistry[M]. 3rd ed. New York: Marcel Dekker, Inc, 1996: 1055.
- [20] CHIN K B, GO M Y, XIONG Youling L.. Konjac flour improved textural and water retention properties of transglutaminase-mediated, heat-induced porcine myofibrillar protein gel: effect of salt level and transglutaminase incubation[J]. Meat Science, 2009, 81(3): 565-572.