

文章编号:1673-1689(2009)06-0753-06

不同保水剂对可微波预油炸鸡肉串品质的影响

马申嫣, 范大明*, 严青, 赵建新, 陈卫, 张灏

(食品科学与技术国家重点实验室, 江南大学, 江苏 无锡 214122)

摘要: 针对可微波预油炸鸡肉串加工工艺, 考察了不同保水剂对产品品质的影响。选用卡拉胶、变性淀粉、柠檬酸钠作为混合磷酸盐的替代物, 通过单因素和正交试验, 得出变性淀粉对肉品的保水性影响最大, 卡拉胶次之, 柠檬酸钠最小, 三者的最佳配比是卡拉胶质量分数为 0.05%, 变性淀粉质量分数为 0.30%, 柠檬酸钠质量分数为 0.05%, 与最佳配比条件下的复合磷酸盐相比, 两者的持水效果基本相同。但在相同的冻藏条件下, 添加无磷保水剂的肉品微波失水率显著低于添加磷酸盐保水剂的肉品, 无磷酸保水剂的添加使肉品在长时间冻藏后依然具有较好的持水能力。

关键词: 微波; 保水性; 无磷保水剂

中图分类号: TS 251.5

文献标识码: A

Impact of Combined Water-Retention Agents on Quality of Microwavable Pre-Fried Chicken Strings

MA Shen-yan, FAN Da-ming*, YAN Qing, ZHAO Jian-xin, CHEN Wei, ZHANG Hao

(State Key Laboratory of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

Abstract: The impact of combined water-retention agents including carrageenan, modified starch and sodium citrate on the quality of microwavable pre-fried chicken strings was studied. According to the results of single factor experiment and orthogonal experiment, the influence of water-retention agents on fried weight loss ratio was in the order of: modified starch > carrageenan > sodium citrate. The results showed that the optimal concentrations of modified starch, carrageenan, sodium citrate in the formula were 0.05%, 0.30%, 0.05%, with a water holding capacity equal to the mixed phosphates. During the frozen storage, water loss ratio under microwave of products with non-phosphorous water-retention agents was much lower than that of traditional phosphates. Our results indicated that products with non-phosphorous water-retention agents maintained good water holding capacity after frozen storage for 40 days.

Key words: microwave, water-holding capacity, non-phosphorous water-retention agent

收稿日期: 2009-02-15

基金项目: 国家“十一五”科技支撑计划项目(2008BAD91B03)、国家科技部农业科技成果转化资金项目(2008GB2B200083);

* 通讯作者: 范大明(1983-), 男, 蒙古族, 黑龙江齐齐哈尔人, 工学博士, 主要从事食品科学与生物技术的研究。

Email: fandm@jiangnan.edu.cn

肉制品的保水性(WHC)持水性、系水性,是指肌肉在受外力作用时,如加压、加热、切碎、冷冻、解冻、腌制等加工或贮藏条件下,保持其水分的能力。肉制品的保水性直接关系到肉制品的出品率、嫩度和风味,所以提高肉制品的保水性能,在生产中具有重要的意义^[1]。而目前,磷酸盐在肉制品加工领域应用最广泛^[2],对肉制品品质的改良起着重要作用^[3]。但磷酸盐用量过大会导致产品风味恶化,组织结构粗糙^[4]。膳食中磷酸盐食量过多时,能在肠道中与钙结合成难溶于水的正磷酸钙,从而降低钙的吸收,危害身体健康^[5]。因此研究和开发无磷保水剂对于进一步提高肉制品品质 and 安全性具有重要的现实意义。无磷保水剂方面,国内外研究者已开始使用淀粉、变性淀粉、大豆蛋白及大豆分离蛋白、酪蛋白、亲水胶体、酪蛋白酸钠、脱脂乳粉、NaCl、NaHCO₃等来代替传统磷酸盐保水剂达到提高系水力、粘结力、乳化性的作用^[6]。邓丽、芮汉明^[7]测定了几种变性淀粉对鸡肉糜的持水性、乳化性的影响。结果表明变性淀粉能显著改善肉糜的持水性和乳化性,变性淀粉其作用效果要优于马铃薯原淀粉,而每种淀粉对鸡肉糜品质的影响都是不同的。Fred van de velde 和 Pietrasik^[8-9]等研究发现亲水胶体(多糖)添加于肉制品中,改善了肉制品的持水性和质地,主要机理是其与肌肉蛋白之间发生了物理化学相互作用,从而改变了肉制品的凝胶特性。

作者实验采用微波预油炸鸡肉串加工工艺,再通过单因素和正交实验,比较磷酸盐保水剂和无磷保水剂的油炸失水率和其在储藏过程中的持水性能。进而完善可微波预油炸肉串的加工工艺,对进一步提高肉制品的实用性和安全性提供有力支持。

1 材料与方 法

1.1 实验材料与设备

1.1.1 实验材料 散装鸡胸肉:青岛正大集团提供;变性淀粉:国民淀粉工业(上海)有限公司产品;卡拉胶:上海化学试剂总厂生产;柠檬酸钠:国药集团化学试剂有限公司产品;复合磷酸盐(焦磷酸盐、三聚磷酸盐、六偏磷酸盐):上海化学试剂总厂产品;各种调味料。

1.1.2 实验设备 电子精密天平 EL-204、电子天平 PB2002-N:梅特勒托利多公司产品;专用油炸锅:德国巴乔旅馆业厨房设备有限公司产品;实验型微波工作站:加拿大 Fiso 公司产品;冰箱 BCD-237A、低温冷冻冰柜:青岛海尔生产;数字型温度测定仪:深圳金达通仪器仪表公司产品。

1.2 实验方法

1.2.1 可微波冷冻预油炸鸡肉串的工艺流程及其操作要点 可微波冷冻预油炸鸡肉串的工艺如下:

配制腌制剂

原料肉预处理 → 滚揉、腌制 → 整型 → 油炸 → 冷冻保藏 → 微波复热

1)原料肉预处理:将鸡胸肉清洗,去除黄色脂肪部分,分割成 2.0 cm×2.0 cm×1.5 cm 左右大小的块状。

2)配制腌制剂:将洋葱洗净,剁成碎洋葱粒;根据实验要求,准确称量盐、糖等各种调味料及保水剂,将以上定量后的配料在水中充分混合,待用。基本配方(质量分数/%) :食盐 1.5,蔗糖 1.4,椒盐 0.1,香辛料 2.5,洋葱 4.0,酱油 0.5,料酒 3.0,水 30.0(按原料肉重计);

3)滚揉及腌制:将鸡肉块与腌制剂混匀,滚揉数分钟后,置于一定条件下腌制;

4)整型:将腌制好的鸡肉块穿入竹签,每串(25±2)g;

5)油炸:开启油炸设备加热,待油温升至 165℃后,炸制肉串 60 s,油炸后沥油、冷却;

6)速冻、冻藏:经速冻密封包装后,-18℃以下冷冻储藏;

7)微波复热:冷冻鸡肉串置于微波盒内,在 600 W 下加热 65 s。

1.2.2 油炸失重率的测定方法 称取腌制后的肉样,记为 m_1 ;将肉样按实验设计的温度和时间油炸,结束后沥油 1 min,冷却至室温后称重,记为 m_2 。

$$\text{油炸失重率} = (m_1 - m_2) / m_1 \times 100\%$$

1.2.3 肉品微波加热损失的测定方法 称取冷冻待测肉品质量记为 m_3 ,将其置于微波炉中,设置功率后,进行加热,肉品中心温度达到 70℃时取出,拭去表面水分,冷却至室温后称重,质量记为 m_4 。

$$\text{微波加热损失} = (m_3 - m_4) / m_3 \times 100\%$$

1.2.4 磷酸盐保水剂正交试验因素及水平设计 根据单因素实验结果,焦磷酸钠在 0.10%、0.15%、0.20%水平上的油炸失重率显著低于 0.05%处理,浓度在 0.20%以上后,油炸失重率变化不显著。三聚磷酸钠在 0.05%与 0.10%之间的油炸失重率下降较大,当添加质量分数超过 0.10%时油炸失重率反而上升。六偏磷酸钠在 0.05%到 0.15%水平上,油炸失重率下降显著。设计正交试验因素及水平见表 1。

1.2.5 无磷保水剂正交试验因素及水平设计 本实验选用卡拉胶、变性淀粉、柠檬酸钠作为多聚磷酸盐的替代物,通过单因素试验选出最优因素。正

交试验因素及水平设计见表 2。

表 1 正交试验因素及水平设计

Tab.1 Arrangement of factors and levels in orthogonal design

水平	A	B	C
	焦磷酸钠(%)	三聚磷酸钠(%)	六偏磷酸钠(%)
1	0.10	0.05	0.05
2	0.15	0.08	0.10
3	0.20	0.10	0.15

表 2 正交试验因素及水平设计

Tab.2 Arrangement of factors and levels in orthogonal design

水平	A	B	C
	卡拉胶/%	变性淀粉/%	柠檬酸钠/%
1	0.05	0.10	0.05
2	0.10	0.20	0.07
3	0.15	0.30	0.11

2 结果与讨论

2.1 不同保水剂对肉串持水性的影响

2.1.1 复合磷酸盐对持水性的影响 在肉制品中加入磷酸盐可以改善肉品质构,多种磷酸盐混合使用比单一使用效果好,通常使用混合磷酸盐以增加效果,但不同品种的肉制品对混合磷酸盐要求的最佳配比是不同的。正交实验安排结果见表 3。

表 3 复合磷酸盐保水剂配比正交实验表

Tab.3 Orthogonal layout of phosphates water-retention agent

实验号	因素			油炸失重率(%)
	A	B	C	
1	1	1	1	27.80
2	1	2	2	23.75
3	1	3	3	24.28
4	2	1	2	21.30
5	2	2	3	22.48
6	2	3	1	20.56
7	3	1	3	19.04
8	3	2	1	23.77
9	3	3	2	22.19
K1	25.277	22.713	24.043	
K2	21.447	23.330	22.413	
K3	21.667	22.343	21.933	
R	3.83	0.99	2.11	

由表 3 可知,三种磷酸盐对肉品保水性的影响主次因素 A>C>B,说明焦磷酸盐对提高保水作用

的影响最大,最佳组合为 A₂B₃C₃,实验测定油炸失重率为 18.92%,低于表 3 中油炸失重率的最小值。由此得出复合磷酸盐的最佳配方为 0.15%的焦磷酸盐+0.10%三聚磷酸盐+0.15%的六偏磷酸钠,即 3 者的配比为 3:2:3。

2.1.2 复合磷酸盐添加量对持水性的影响 复合磷酸盐按最佳配比组合焦磷酸盐:三聚磷酸盐:六偏磷酸钠=3:2:3 配制添加,从图 1 可以看出,在鸡肉中复合磷酸盐添加量越大,油炸失水率越低,但用量超过 0.4%时油炸失水率降低不显著(p>0.05),因此复合磷酸盐的最适添加量为 0.4%,与吕兵^[10]等的研究结果一致。

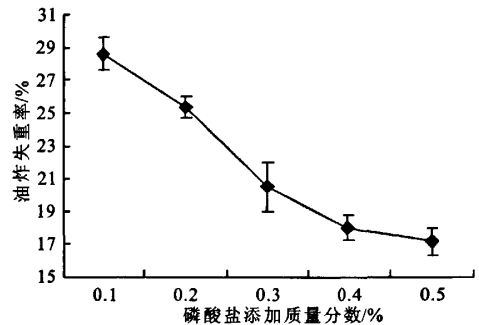


图 1 磷酸盐添加量对肉品持水性的影响

Fig.1 Effect of content of phosphates on water holding capacity of meat

2.1.3 无磷保水剂对肉串持水性的影响

1) 卡拉胶对持水性的影响

卡拉胶分子结构中含有强阴离子型硫酸酯基团,能和游离水形成额外的氢键,可保持自身质量数倍的水分。它能与肌肉蛋白质形成均一的凝胶,其分子上的硫酸基可以直接与蛋白质分子中的氨基结合,或者通过钙离子等二价阳离子与蛋白质分子上的羧基结合,形成络合物。正是由于卡拉胶能与蛋白质结合,添加到肉制品中加热,表现出充分的凝胶化,形成巨大的网络结构,可保持制品中大量水分,减少肉汁流失^[11]见图 2。

由图 2 可知,卡拉胶添加质量分数的增加能减小鸡肉的油炸失重率,感官评分在添加质量分数为 0.00~0.15%范围内差别比较小;添加质量分数≥0.15%口感显著下降。因此,结合油炸失重率和感官评定的结果,卡拉胶较优的添加质量分数为 0.05~0.15%。

2) 变性淀粉对持水性的影响

变性淀粉是天然淀粉经物理、化学或酶处理后,改变了天然淀粉的理化性质而制得的一类淀粉。变性淀粉在一定程度上弥补了天然淀粉水溶

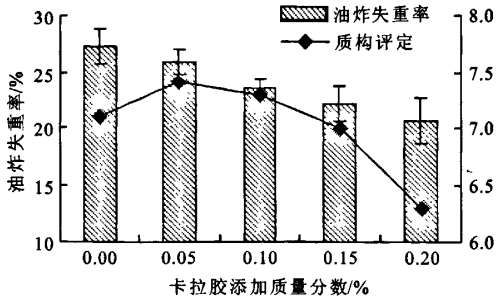
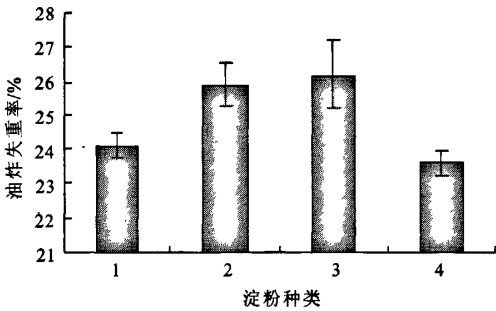


图2 卡拉胶添加量对肉品油炸失重率和质构的影响
Fig. 2 Effect of content of carrageenan on water holding capacity and texture of meat

性差、乳化能力和胶凝能力低、稳定性不足等缺点，能够满足食品生产上的特殊需要，从而被广泛地应用于工业生产中^[12]。实验中选择交联木薯淀粉、磷酸酯玉米淀粉、磷酸酯木薯淀粉、交联酯化玉米淀粉，考察其对产品保水性的影响，结果见图3所示。



1. 交联木薯淀粉; 2. 磷酸酯玉米淀粉; 3. 磷酸酯木薯淀粉; 4. 交联酯化玉米淀粉
图3 淀粉种类对肉品油炸失重率的影响
Fig. 3 Effect of types of starch on water holding capacity of meat

选定的4种淀粉中，交联酯化玉米淀粉的保水性比其他两类淀粉好。交联酯化淀粉是一种双重变性淀粉。由于酯化的作用可以使其比原淀粉有更高的稳定性和透明度，凝沉老化趋势及脱水收缩现象均有所降低，交联变性使淀粉分子支链以化学键连接，键能比氢键高得多，在低pH值、机械处理和长时间高温加热的条件下，均具有较高的稳定性。如图4所示，结合油炸失重率和感官评定的结果，淀粉较优的添加量为0.1~0.3%。

3) 柠檬酸钠对持水性的影响

柠檬酸钠具有结合二价金属离子的性质，加入鸡肉中，能夺取原来与肌肉中肌原纤维结合的Ca²⁺、Mg²⁺，使肌原纤维蛋白在失去Ca²⁺、Mg²⁺后释放出羧基，由于蛋白质羧基带有同种电荷，在静电斥力作用下，肌肉蛋白结构松弛，提高了持水能力^[13]。由图5可知，随着柠檬酸钠添加量的增加，

油炸失水率并不是持续减小，在添加质量分数为0.09%时油炸失水率较高，感觉评定值低。添加质量分数在0.13%时持水效果并未得到明显的改善，因此，0.05%，0.07%和0.11%是柠檬酸钠较好的添加量。

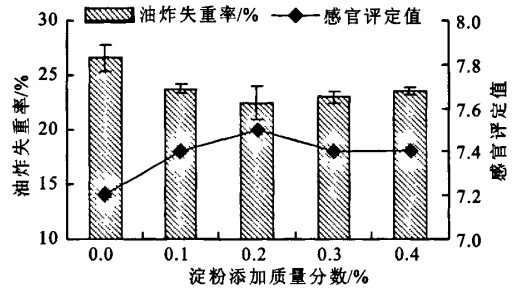


图4 淀粉添加量对肉品持水性和质构的影响
Fig. 4 Effect of content of starch on water holding capacity and texture of meat

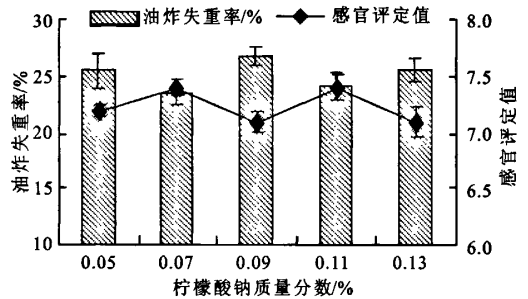


图5 柠檬酸钠添加量对肉品持水性和质构的影响
Fig. 5 Effect of content of sodium citrate on water holding capacity and texture of meat

4) 无磷保水剂正交试验

磷酸盐作为食品添加剂使用效果显著，应用也相当广泛。然而随着目前生产上过量使用磷酸盐产生了很多负面不良效果，不仅使食品产生令人不愉快的金属涩味，而且还导致产品风味恶化，长期过量摄入会影响机体的钙磷平衡^[4,11]。近年来国外以健康和安全为目的，研究开发的应用于肉制品的低磷、无磷保水剂。正交实验安排结果见表4。

表4 无磷保水剂配比正交实验表

Tab. 4 Orthogonal layout of non-phosphorous water-retention agent

实验号	因素			油炸失重率(%)
	A	B	C	
1	1	1	1	22.88
2	1	2	2	21.32
3	1	3	3	20.73

续表4

实验号	因素			油炸失重率(%)
	A	B	C	
4	2	1	2	27.01
5	2	2	3	25.48
6	2	3	1	22.16
7	3	1	3	25.28
9	3	3	2	20.52
K1	21.643	25.057	22.643	
K2	24.883	23.230	22.950	
K3	22.897	21.137	23.830	
R	3.240	3.920	1.187	

由表4可知,3种成分对肉品保水性的影响主次因素 $B>A>C$,说明淀粉对肉品的保水性影响最大,卡拉胶次之,柠檬酸钠最小,最佳组合为 $A_1B_3C_1$ 。实验测定油炸失重率为19.34%,低于表4中油炸失重率的最小值。变性淀粉在加热过程中颗粒的糊化温度较肌肉蛋白变性温度高,在变性淀粉糊化时,肌肉蛋白早已完成了凝胶过程,形成了网络结构,此时变性淀粉夺取了存在于网络中不够紧密的水分,并将其固定,从而提高了产品的保水性。卡拉胶可以深入肌肉组织,在肌肉中结合适量的水,形成胶状网络结构,达到结合水的效果^[14]。柠檬酸钠对水中的 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 等金属离子具有优良的螯合能力能起到替代三聚磷酸钠的作用。

2.2 不同保水剂在储藏过程中持水性能的比较

由图6可知,将两种保水剂添加到样品中,其微波失水率随着冻藏时间的延长均逐渐增加。在储藏的前20d内,两种保水剂的持水效果基本相同,但在20d后磷酸盐保水剂处理的样品微波失水率增加较快,无磷酸盐保水剂处理的样品微波失水率变化较为平缓。方差分析表明冻藏时间和保水剂的类型对微波失水率影响显著。无磷保水剂与

磷酸盐保水剂相比,在相同的冻藏时间下,微波失水率下降,磷酸盐保水剂在20d的微波失水率为7.35%,而无磷保水剂达到此失水率的时间延长到40d。无磷酸保水剂的加入使肉品在长时间冻藏后依然具有较好的持水能力。变性淀粉分子结构的改变阻碍了链淀粉分子间氢键的形成,使其不易重新排列和缔合,提高了冻融稳定性。卡拉胶在鸡肉解冻过程中阻止了冷冻汁液的迅速融化和析出,从而降低失水率,汁液损失的减少有助于提高肉品的品质和感官可接受性。

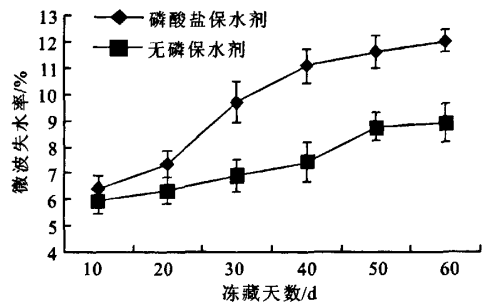


图6 保水剂类型和冻藏时间对肉品持水性的影响

Fig. 6 Effect of types of water-retention agent and frozen time on water holding capacity of meat

3 结 语

通过对可微波预油炸鸡肉串的研究,得到无磷保水剂的最佳添加量为卡拉胶0.05%,淀粉0.30%,柠檬酸钠0.05%,此添加量得到的油炸失水率为19.34%,与复合磷酸盐的油炸失水率18.92%基本相同。但在相同的冻藏时间下,添加无磷保水剂肉品的微波失水率显著低于磷酸盐保水剂,磷酸盐保水剂在20d的微波失水率为7.35%,而无磷保水剂达到此失水率的时间延长到40d。因此,在肉品冻藏后持水能力方面,无磷保水剂具有显著优势。

参考文献(References):

- [1] Offer G, Trinick J. On the mechanism of water holding in meat[J]. *Meat Science*, 1983, 8(4): 245-250.
- [2] 林勉, 刘通讯, 赵谋明. 磷酸盐在食品工业中的应用[J]. *食品工业*, 1999(3): 25-26.
LING Mian, LIU Tong-xun, ZHAO Mou-ming. Application of phosphates in food industry[J]. *The Food Industry*, 1999(3): 25-26. (in Chinese)
- [3] 韩敏义, 李巧玲. 复合磷酸盐在食品中的应用[J]. *中国食品添加剂*, 2004(3): 93-96.
HAN Min-Yi, LI Qiao-ling. The compound phosphates application in food [J]. *China Food Additives*, 2004(3): 93-96. (in Chinese)
- [4] 刘锐萍, 裴庆润, 张铁军, 等. 食品中磷酸盐的应用现状及存在问题分析[J]. *饮料工业*, 2007(2): 9-11.

- LIU Rui-ping, PEI Qing-run, ZHANG Tie-jun, et al. On status quo of use of phosphate in food and problems concerned [J]. **The Beverage Industry**, 2007(2): 9-11. (in Chinese)
- [5] 王道营, 诸永志, 徐为民. 复合磷酸盐在肉品加工中的应用[J]. 食品研究与开发, 2007, 28(10): 167-169.
WANG Dao-ying, ZHU Yong-zhi, XU Wei-min. The application of compound phosphates in meat products[J]. **Food Research and Development**, 2007, 28(10): 167-169. (in Chinese)
- [6] 刘国信. 大豆蛋白在肉制品加工中的应用[J]. 中外食品, 2006(4): 56-57.
LIU Guo-xin. Application of soy protein in meat products[J]. **Global Food Industry**, 2006(4): 56-57. (in Chinese)
- [7] 邓丽, 芮汉明. 几种变性淀粉性能的测定及其在鸡肉糜中的应用研究[J]. 现代食品科技, 2005(1): 31-33.
DENG Li, RUI Han-ming. Determination of properties of several modified starches and application in hen surimi[J]. **Guangzhou Food Science and Technology**, 2005(1): 31-33. (in Chinese)
- [8] Pietrasik Z. Binding and textural properties of beef gels processed with κ -carrageenan, egg albumin and microbial transglutaminase[J]. **Meat Science**, 2003, 63(3): 317-324.
- [9] Velde F V. Structure and function of hybrid carrageenans[J]. **Food Hydrocolloids**, 2008, 22(5): 727-734.
- [10] 吕兵, 张静. 肉制品保水性的研究[J]. 食品科学, 2000, 21(4): 23-26.
LU Bing, ZHANG Jing. Studies on the water holding capacity of meat products[J]. **Food Science**, 2000, 21(4): 23-26. (in Chinese)
- [11] 胡国华. 食品添加剂在禽畜及水产品中的应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005. 54-56.
- [12] 王利华. 淀粉的性质以及在肉制品中的应用[J]. 肉类研究, 2005(9): 24-26.
WANG Li-hua. Amylum quality and appliance in meat product[J]. **Meat Research**, 2005(9): 24-26. (in Chinese)
- [13] 张英, 周长民. 柠檬酸的特性与应用[J]. 辽宁化工, 2007, 36(5): 351-354.
ZHANG Yin, Zhou Chang-min. Preparation and application of sodium citrate[J]. **Liaoning Chemical Industry**, 2007, 36(5): 351-354. (in Chinese)
- [14] 张国丛, 李美桃, 刘欢等. 亲水胶体及其复配胶在肉制品中应用的研究进展[J]. 肉类研究, 2008, 4: 7-9.
ZHANG Guo-cong, LI Mei-tao, LIU Huan, et al. On hydrocolloids and its complex gums used in meat products[J]. **Meat Research**, 2008, 4: 7-9. (in Chinese)
- [15] 赵前程, 谢智芬, 刘俊荣等. 磷酸酯淀粉对冷冻大菱鲆鱼肉保水效果的影响[J]. 食品与生物技术学报, 2008, 27(6): 65-68.
ZHAO Qian-cheng, XIE Zhi-fen, LIU Jun-rong, et al. Effect of phosphate starch on water retention of refrigerated flesh of *scophthalmus maximus*[J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**, 2008, 27(6): 65-68. (in Chinese)

(责任编辑: 杨萌)