

复配生物涂膜保鲜液对冷藏南美白对虾的保鲜效果研究

胡奇杰*, 王东旭, 谷贵章

(湖州市食品药品检验研究院, 湖州 313000)

摘要: **目的** 探究复配生物涂膜保鲜液对冷藏南美白对虾的保鲜效果。**方法** 以新鲜南美白对虾为原料, 通过单因素实验考察壳聚糖、海藻酸钠、明胶及乳酸链球菌素(Nisin)对冷藏南美白对虾货架期的作用。在此基础上优化壳聚糖、海藻酸钠及 Nisin 所组成的复配涂膜保鲜液的最适配比。**结果** 壳聚糖 6 g/L、海藻酸钠 8 g/L、Nisin 0.4 g/L 组成的最佳配比复合保鲜液涂膜南美白对虾后冷藏保存, 冷藏期限可以达到 12 d, 测得 pH 值为 7.52, 感官评分为 3 分, 比对照组延长了 6 d。**结论** 南美白对虾涂膜复合保鲜液后, 更能隔绝外界接触, 抑制细菌繁殖, 从而延缓虾肉的腐败变质, 具有更好的保鲜效果, 为进一步研究南美白对虾货架期与特定腐败微生物关系奠定理论基础。

关键词: 南美白对虾; 复配生物保鲜液; 涂膜; 腐败; 货架期

Study on the preservative effect of compound biological coating liquid on frozen South American white prawn

HU Qi-Jie*, WANG Dong-Xu, GU Gui-Zhang

(Huzhou Institute of Food and Drug Inspection, Huzhou 313000, China)

ABSTRACT: Objective To explore the the preservation effect of compound biocoated preservation liquid on frozen South American white prawn. **Methods** The effects of chitosan, sodium alginate, gelatin and Nisin on shelf life of South American white prawn were investigated by single factor experiment. On this basis, the optimum ratio of the coating fresh-keeping solution composed of chitosan, sodium alginate and Nisin was optimized. **Results** The best ratio of chitosan 6 g/L, sodium alginate 8 g/L and Nisin 0.4 g/L was coated with a composite preservative and stored in cold storage. The refrigerating period could reach 12 days, the measured pH value was 7.52, and the sensory score was 3, which was 6 days longer than the control group. **Conclusion** After coating the South American white prawn with the compound preservative, it can isolate the external contact and inhibit the reproduction of bacteria, thus delaying the putrid and deterioration of the shrimps and having better fresh-keeping effect. This study provides a theoretical basis for further research on the relationship between shelf life and specific putrefied microorganisms in South American white prawn.

KEY WORDS: South American white prawn; compound biological preservation liquid; coating; corruption; shelf life

基金项目: 浙江省食品药品监管系统科技项目(2018009)

Fund: Supported by the Zhejiang Food and Drug Supervision System Science and Technology Project (2018009)

*通信作者: 胡奇杰, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向为食品安全检测。E-mail: 16810986@qq.com

*Corresponding author: HU Qi-Jie, Master, Senior Engineer, Huzhou Institute of Food and Drug Inspection, No.1899, Shushan Road, Wuxing District, Huzhou 313000, China. E-mail: 16810986@qq.com

0 引言

生物保鲜液具有高效抗菌作用 and 良好成膜性,且大部分生物保鲜液安全无毒。涂膜生物保鲜液可阻隔细胞内外物质传递,抑制细菌生长,达到食品保鲜目的,被广泛应用于食品保鲜中^[1]。如壳聚糖能改变细胞膜通透性,导致内容物泄出,同时可螯合对微生物生长有利的金属离子,减少毒素产生^[2]。壳聚糖还具有良好成膜性,可形成可食性膜并通过微气调环境调节氧气含量,抑制微生物呼吸作用,延缓水产品腐烂变质^[3]。南美白对虾(*Penaeus vannamei*)又名凡纳滨对虾,隶属于对虾科(Penaeidae)对虾属(*Penaeus*)*Litopenaxeu* 亚属,原产于中、南美洲太平洋沿岸的温暖水域,是世界三大养殖虾类之一,具有较好的营养价值^[4]。该虾生长快、适应性强、产量高、品质好,是重要的水产资源^[5]。

通过不同保鲜液进行复合配比可以发挥其协同效应,不仅增强防腐抑菌效果,还能降低单一保鲜液的使用量,提高食品安全性^[6]。目前应用于水产品的复合保鲜液多集中在带鱼^[7]、大黄鱼^[8],对南美白对虾的研究和应用相对较少。经过广泛的查阅相关资料及对预实验的分析,本研究以壳聚糖、明胶、海藻酸钠和 Nisin 为涂膜保鲜材料,研究不同浓度的复合保鲜液涂膜对南美白对虾的保鲜效果,并通过正交实验,研究出最佳复配保鲜液浓度配比,为进一步研究南美白对虾货架期与特定腐败微生物关系奠定理论基础。

1 材料与方法

1.1 实验仪器

EX124 型电子天平、STARTER 3C 型 pH 计(上海奥豪斯仪器有限公司); DK-S24 型电热恒温水浴锅(上海玖怡试验设备有限公司); MLS-3781L-PC 高压蒸汽灭菌器(松下健康医疗器械株式会社); Allegra X-12R 冷冻高速离心机(德国贝克曼公司)。

1.2 材料与试剂

新鲜南美白对虾,每只质量(20±5) g,购于杭州近江水产批发市场,加冰于 2 h 内运至实验室。

Nisin(洛阳奇泓生物科技有限公司);壳聚糖(脱乙酰度为 90%)、海藻酸钠、明胶、氯化钠(上海麦克林生化科技有限公司);营养琼脂培养基(青岛海博生物技术有限公司)。

1.3 实验方法

1.3.1 样品涂膜预处理

取新鲜的 10 只南美白对虾从脊背对剖成两片,每 2 只为一组浸渍不同配比的保鲜液中,2 min 后取出沥干,无菌袋分装,(4±1) °C 冷藏。剩余 2 只南美白对虾经蒸馏水浸渍处理作为对照组^[9],配好的保鲜液使用之前均经紫外杀菌。

1.3.2 涂膜保鲜液筛选

根据前期实验,选择涂膜壳聚糖 20 g/L、海藻酸钠 20 g/L、明胶 20 g/L、Nisin 0.5 g/L 4 种保鲜液,考察其对南美白对虾的保鲜效果,筛选出 3 种较好的保鲜液。

1.3.3 正交实验

选择保鲜效果最佳的 3 种保鲜液,进行正交实验,得到最佳配比的复合保鲜液。

1.3.4 感官评定

参考 GB 2733—2015《食品安全国家标准 鲜、冻动物性水产品》^[10]标准分别对各组南美白对虾的色泽、气味和状态进行综合评定^[11]。由 6 名评定专家组成评定小组进行等级打分,评分表见表 1。

1.3.5 挥发性盐基氮的测定

按 GB 5009.228—2016《食品安全国家标准 食品中挥发性盐基氮的测定》^[12]测定。

1.3.6 细菌总数的测定

按 GB 4789.2—2016《食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定》^[13]测定。

1.3.7 pH 值的测定

按 GB 5009.237—2016《食品安全国家标准 食品 pH 值的测定》^[14]测定。

2 结果与分析

2.1 保鲜液涂膜对南美白对虾感官的影响

随着冷藏时间的延长,虾体会发生各种物理和化学变化,而外在表现就是其感官特性的变化,如气味、色泽

表 1 南美白对虾感官评分表
Table 1 Sensory rating scale for South American white prawn

项目分值	气味	色泽	状态
9~10 分	具有新鲜南美白对虾固有气味、无异味	虾体坚挺,体表有光泽	肌肉坚实,组织紧密有弹性
6~8 分	具有南美白对虾固有气味、基本无异味	虾体略坚挺,体表光泽稍差	肌肉稍软,弹性稍差
3~5 分	有轻微腥臭味	虾体较软,光泽暗淡	肌肉松软,弹性差
0~2 分	腥臭味较重	虾体腐烂,暗无光泽	腐败,无弹性

和肌肉组织。因此,通过感官评定可以初步判断出虾肉的品质及腐败程度。涂膜保鲜液可阻止细菌侵入,隔绝外界空气,有效地延缓虾肉氧化腐败,更好地维持其原有品质,从而延长南美白对虾的货架期。

图1表明,随着冷藏时间的延长,各组虾肉的感官评分均下降,从第2d开始,各组的感官评分随时间增加差异明显,其中涂膜组感官评分的下降幅度显著小于对照组($P<0.05$)。在第6d,对照组南美白对虾腥臭味较重,虾体开始腐败,光泽暗淡、肌肉松弛,感官评分为3分。涂膜组还具有南美白对虾固有的气味、基本无异味、未出现腐败现象、体表有光泽,感官评分为6~7分。因此这4种保鲜液均可有效延缓南美白对虾感官质量的下降,通过隔绝虾体与外界的联系,可以有效抑制微生物的滋生,延长南美白对虾的货架期。

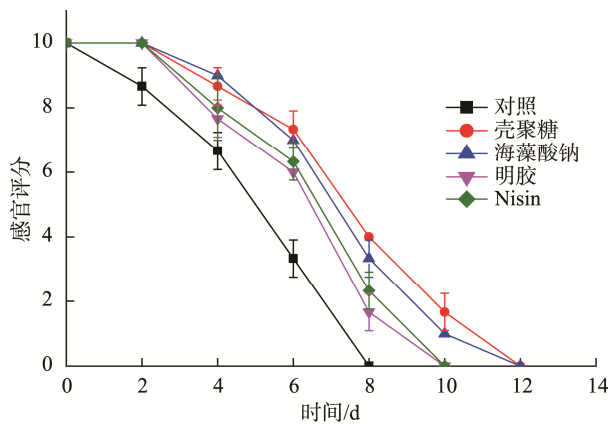


图1 保鲜液涂膜对南美白对虾感官的影响($n=2$)

Fig.1 Effects of preservative coating on sensory properties of South American white prawn ($n=2$)

2.2 保鲜液涂膜对南美白对虾挥发性盐基氮的影响

挥发性盐基氮(total volatile basic nitrogen, TVB-N)是动物性食品由于酶和细菌的作用,使蛋白质分解,并产生氨以及胺类等碱性含氮物质,此类物质具有挥发性,其含量越高,表明蛋白质被破坏的越多,进而导致营养价值大受影响。可用挥发性盐基氮的含量判断动物性食品的新鲜程度^[15]。GB 2733—2015^[10]中规定南美白对虾挥发性盐基氮最高限量为30 mg/100 g。

新鲜南美白对虾的TVB-N初始值为8.87 mg/100 g。从图2可知,随着贮藏时间的延长,蛋白质逐渐分解,氨基酸破坏增多,特别是蛋氨酸和酪氨酸,大量有害的含氮物质生成,导致TVB-N值逐渐增大^[16]。其中,对照组上升速率最大,而经保鲜液涂膜处理后,上升速率较缓。说明保鲜液涂膜能有效隔绝虾体与氧气的接触,同时有效抑制微生物的生长繁殖,并延缓虾肉中脂肪氧化,使南美白对虾的TVB-N值增长缓慢。从第4d开始,对照组和保鲜组

差异显著($P<0.05$),保鲜组TVB-N值增长速度明显小于对照组,到第6d,对照组TVB-N值达到27.96 mg/100 g,即将超出标准规定的限值,并且各涂膜组也开始分化。其中壳聚糖组对冷藏南美白对虾TVB-N值的延缓效果显著($P<0.05$),到第11d,才超出限值,其他组保鲜效果依次为海藻酸钠组、Nisin组和明胶组。因此,保鲜液涂膜能有效阻隔细胞内外物质传递,抑制细菌生长而消耗破坏氨基酸等物质。

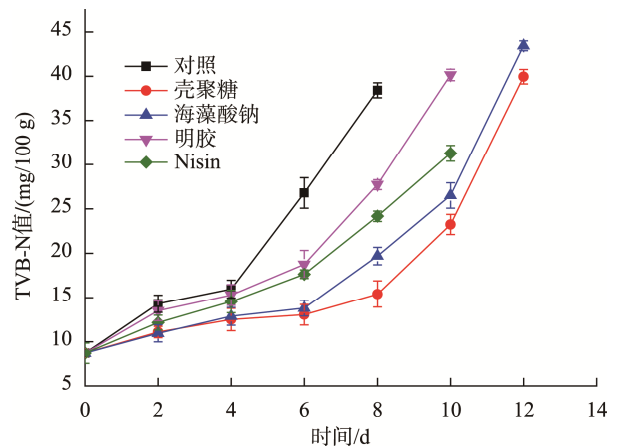


图2 保鲜液涂膜对南美白对虾TVB-N值的影响($n=2$)

Fig.2 Effects of preservative coating on TVB-N value of South American white prawn ($n=2$)

2.3 保鲜液涂膜对南美白对虾菌落总数的影响

微生物是导致水产品腐败的重要因素之一,由图3可见,随着冷藏时间的延长,虾体中的菌落总数逐渐增大,对照组虾体的菌落总数增长最快,在第6d,对照组中的细菌总数达到6.49 log(CFU/g),经保鲜液涂膜处理后,虾体的菌落总数生长速度减慢。

在冷藏初期,经保鲜液涂膜处理的南美白对虾中菌落总数增长缓慢,随着冷藏时间延长,微生物生长速度加快。壳聚糖组在第12d虾体的菌落总数才达到最大可接受值7.23 log(CFU/g),表明壳聚糖涂膜具有较高抗菌性能,且涂膜处理能提供一定的微气调环境,平衡O₂和CO₂的透过性,抑制虾体中微生物的生长^[17]。其他组保鲜效果依次为海藻酸钠组、Nisin组和明胶组,表明这几个保鲜液在冷藏前期能抑制微生物繁殖,减缓微生物的生长,从而延长南美白对虾的冷藏保鲜期。

2.4 保鲜液涂膜对南美白对虾pH值的影响

南美白对虾死后体内进行着复杂的生理生化反应,其中糖原不断降解生成酸类物质,导致pH值下降,但随着虾体内的蛋白质、氨基酸及其他含氮物质被分解为氨、三甲胺、组胺等碱性物质后pH值又上升^[18],pH值越高,说明虾肉的腐败程度越严重。在冷藏过程中南美白对虾pH值的变化见图4。

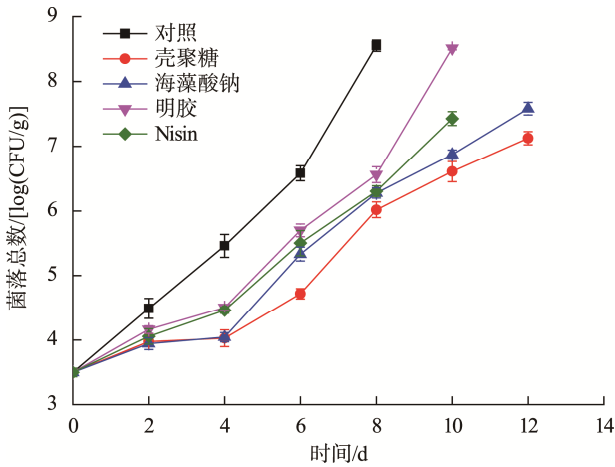


图 3 保鲜液涂膜对南美白对虾菌落总数的影响(n=2)
Fig.3 Effect of fresh-keeping liquid coating on the total bacterial colony of South American white prawn (n=2)

在 4 ℃冷藏 12 d, 各组的 pH 值表现出一种先降低后升高的趋势。新鲜的南美白对虾 pH 值为 7.0 左右, 低温冷藏 2 d 内, 各涂膜组的 pH 值明显降低, pH 值在 6.6~6.8 之间, 对照组变化不大, pH 值在 6~9 左右。随着冷藏时间的延长, 各组的 pH 值又逐渐升高, 且各组鱼肉的 pH 存在显著性差异($P<0.05$)。图中可以看出对照组的 pH 值上升速率显著高于其他各保鲜液组, 在各保鲜组中, 壳聚糖组 pH 值的上升趋势最为缓慢, 其他依次为海藻酸钠组、Nisin 组和明胶组。这表明保鲜液涂膜能够有效缓解虾肉的腐败, 从而抑制 pH 值上升。

2.5 正交实验优选复合涂膜保鲜液的最佳复配比

单因素实验结果表明, 各处理组均能延长南美白对

虾的保鲜期, 保鲜效果依次为壳聚糖>海藻酸钠>Nisin>明胶。因此, 通过对壳聚糖、海藻酸钠和 Nisin 3 种保鲜液进行正交实验, 得出最佳复合保鲜液配比。正交实验结果见表 2~4。

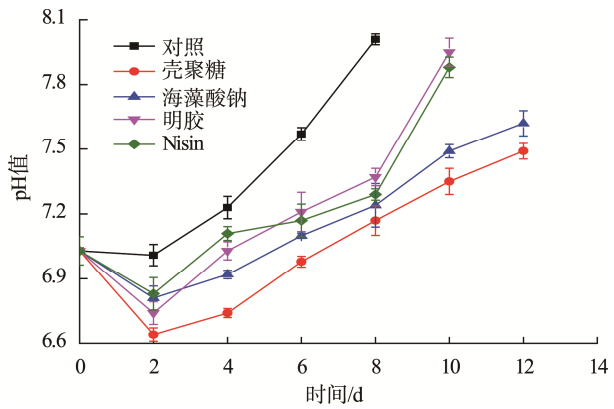


图 4 保鲜液涂膜对南美白对虾 pH 值的影响(n=2)
Fig.4 Change of pH of South American white prawn during cold storage (n=2)

表 2 复合保鲜配比正交实验因素水平表
Table 2 Table of orthogonal experimental factors of composite preservation ratio

水平	因素		
	A 壳聚糖/(g/L)	B 海藻酸钠/(g/L)	C Nisin/(g/L)
1	4.00	6.00	0.30
2	5.00	7.00	0.40
3	6.00	8.00	0.50

表 3 正交实验直观分析结果
Table 3 Orthogonal array design matrix and experimental results

实验号	A	B	C	空列 D	TVB-N /(mg/100 g)	菌落总数/[log(CFU/g)]
1	1	1	1	1	37.45	6.38
2	1	2	2	2	35.98	6.42
3	1	3	3	3	33.74	6.39
4	2	1	2	3	30.76	6.87
5	2	2	3	1	32.01	6.79
6	2	3	1	2	25.96	6.85
7	3	1	3	2	31.57	6.31
8	3	2	1	3	28.15	6.25
9	3	3	2	1	22.45	6.23
TVB-N	k ₁	35.68	33.24	30.35	30.21	
	k ₂	29.57	32.16	29.84	31.29	
	k ₃	27.58	27.43	32.51	31.02	
	R ₁	8.04	5.64	2.58	0.83	
log APC	k ₁ '	6.37	6.48	6.43	6.51	
	k ₂ '	6.57	6.42	6.59	6.47	
	k ₃ '	6.22	6.53	6.48	6.46	
	R ₂	0.32	0.09	0.08	0.06	

表 4 正交实验结果方差分析表
Table 4 Variance analysis of orthogonal experiment

因素	平方和		自由度		均方		F 值	
	TVB-N	菌落总数	TVB-N	菌落总数	TVB-N	菌落总数	TVB-N	菌落总数
A	105.531	0.774	2	2	53.6054	0.3887	99.896**	64.796*
B	53.608	0.008	2	2	27.3565	0.0041	50.964*	0.732
C	12.018	0.012	2	2	5.9867	0.0062	11.041	1.049
误差	1.06	0.01	2	2	0.533	0.004		

注: **表示影响极显著, *表示影响显著。

冷藏 10 d 后, 表 3 和表 4 结果表明, 抑制挥发性盐基氮 $A>B>C$; 抑制细菌生长 $A>C>B$ 。以 TVB-N 值标准得到最优保鲜液组合为 $A_3B_3C_2$, 以细菌总数标准得到最优保鲜液 $A_3B_2C_3$ 。由于根据 2 个主要指标单独分析出来的最优条件并不一致, 必须根据各因素对这 2 个主要指标影响的主次顺序进行综合考虑。由于相对于细菌总数, TVB-N 值是更能体现虾鲜度的化学指标, 而本研究中壳聚糖又是影响 TVB-N 值的主要因素, 综合考虑因素的主次顺序, 确定保鲜液组合配比为 $A_3B_3C_2$, 该复配保鲜液最佳配比为壳聚糖 6 g/L、海藻酸钠 8 g/L、Nisin 0.4 g/L。在此复配保鲜液涂膜后, 冷藏 10 d 南美白对虾的 TVB-N 值和菌落总数分别为 22.45 mg/100 g 和 6.23 log(CFU/g), 对南美白对虾保鲜效果略好于单因素实验中的壳聚糖组, 但之间的差异不显著, 可能是由于保鲜效果最佳的壳聚糖用量下降所致。通过正交实验使得各保鲜液总用量下降, 提高了食用安全性, 且更经济实惠。

2.6 最优组合复合涂膜保鲜液实验验证

通过正交实验所得的复合涂膜组和对照组对各指标进行综合评定。对照组冷藏到第 6 d, TVB-N 值为 27.96 mg/100 g, 细菌总数对数值为 6.49 log(CFU/g), pH 值为 7.58, 感官评分为 3, 到了第 7 d, 各指标均超出食用安全限值, 因此其冷藏期限为 6 d; 复合涂膜组在冷藏第 12 d 时, TVB-N 值为 26.97 mg/100 g, 细菌总数的对数值为 6.72 log(CFU/g), pH 值为 7.52, 感官评分为 3 分, 冷藏期限可以达到 12 d, 相比对照组延长了 6 d。复合保鲜液能延长南美白对虾保鲜期限, 原因可能是复合保鲜液能发挥较好的协同抑菌作用, 使蛋白质分解 pH 变化缓慢, 成膜性和抑菌性比单一的更好, 能有效减缓 TVB-N 值的上升从而具有更好的保鲜效果。

3 结 论

本研究以南美白对虾为研究对象, 选用壳聚糖、海藻酸钠、明胶以及 Nisin 4 种保鲜液进行涂膜实验。结果表明, 各种保鲜液对南美白对虾的保鲜效果从高到低依次为: 壳

聚糖>海藻酸钠>Nisin>明胶。通过正交实验, 得出较优的保鲜液组合配比为壳聚糖 6 g/L、海藻酸钠 8 g/L、Nisin 0.4 g/L, 4 ℃冷藏条件下, 南美白对虾的保鲜期延长到 12 d, 相比对照组延长了 6 d。这说明复合保鲜液能发挥较好的协同抑菌作用, 有效阻碍虾肉的变质, 从而延长南美白对虾的保鲜期。此结果与实验预期一致, 在水产品保鲜上具有广阔的应用推广前景。

参考文献

[1] 赵丹丹, 胡俊, 陈文烜. 可食性涂膜及其对水产品品质的影响[J]. 安徽农业科学, 2019, 23(10): 4-6.
ZHAO DD, HU J, CHEN WH. Edible coating and its influence on quality of aquatic products [J]. Anhui Agric Sci, 2019, 23(10): 4-6.

[2] 王磊明, 李洋, 张茜, 等. 壳聚糖-肉桂精油复合膜对蓝莓保鲜效果的影响[J]. 食品科技, 2017, 42(9): 14-21.
WANG LM, LI Y, ZHANG X, et al. Effect of chitosan/cinnamon essential oil composite film on the freshness preservation of blueberries [J]. Food Sci Technol, 2017, 42(9): 14-21.

[3] ROMANAZZI G, FEIZIANI E. Use of chitosan to control postharvest decay of temperate fruit: Effectiveness and mechanisms of action [M]. Elsevier INC, 2016.

[4] LUO Z, XU Y, YE Q. Effect of nano-SiO₂-LDPE packaging on biochemical, sensory, and microbiological quality of Pacific whits shrimp during chilled storage [J]. Fish Sci, 2015, 81(5): 983-993.

[5] HUANG W, JI H, LIU S, et al. Inactivation effects and kinetics of polyphenol oxidase from *Litopenaeus vannamei* by ultra-high pressure and heat [J]. Innov Food Sci Emerg Technol, 2014, 26: 108-115.

[6] CHEN K. Discussion on the construction of negotiation mechanism of cross-bounder water pollution treatment in Changjiang river [J]. Meteorol Environ Res, 2010, 1(12): 91-95.

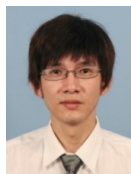
[7] 蓝蔚青, 谢晶. 壳聚糖复合生物保鲜液对冷藏带鱼保鲜效果的优化配比[J]. 福建农林大学学报, 2011, 40(3): 311-317.
LAN WQ, XIE J. Optimal ratio of chitosan composite biological preservation solution to the preservation effect of refrigerated hairtail fish [J]. J Fujian Agric For Univ, 2011, 40(3): 311-317.

[8] 王玉婷, 邵秀芝, 冀国强. 茶多酚、壳聚糖、柠檬酸复合保鲜大黄鱼的配比优化研究[J]. 食品工业, 2011, 33(6): 41-43.
WANG YT, SHAO XZ, JI GQ. Study on the ratio optimization of tea polyphenol, chitosan and citric acid in fresh yellow crocus sativus [J]. Food Ind, 2011, 33(6): 41-43.

- [9] 张璟晶, 唐劲松, 王海波, 等. 溶菌酶、Nisin、壳聚糖复合保鲜剂对冰鲜银鲳保鲜效果的研究[J]. 食品工业科技, 2014, 35(4): 323–326.
ZHANG JJ, TANG JS, WANG HB, *et al.* The combined use of lysozyme, nisin and chitosan for the preservation of iced pomfret [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2014, 35(4): 323–326.
- [10] GB 2733—2015 食品安全国家标准 鲜、冻动物性水产品[S].
GB 2733—2015 National food safety standard-Fresh and frozen animal aquatic products [S].
- [11] ESTEVES E, ANIBAL J. A sensory analysis-based method of determining fish quality [J]. *Food Conv*, 2006, 11(3): 1–7.
- [12] GB 5009.228—2016 食品安全国家标准 食品中挥发性盐基氮的测定[S].
GB 5009.228—2016 National food safety standard-Determination of volatile alkali-nitrogen in foods [S].
- [13] GB 4789.2—2016 食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定[S].
GB 4789.2—2016 National food safety standard-Food microbiology examination-Aerobic plate count [S].
- [14] GB 5009.237—2016 食品安全国家标准 食品 pH 值的测定[S].
GB 5009.237—2016 National food safety standard-Determination of pH value of foods [S].
- [15] GOLAS AE, KONTOMINAS MG. Effects of salting and smoking-method on the keeping quality of chub mackerel (*Scomber japonicus*): biochemical and sensory attributes [J]. *Food Chem*, 2005, 93(3): 511–520.
- [16] 郭淼, 惠国华. 金鲳鱼货架期品质快速检测方法研究[J]. 中国食品学报, 2015, 15(12): 195–202.
GUO M, HUI GH. Study on rapid detection method for shelf life quality of Golden Pomfret [J]. *J Chin Inst Food Sci Technol*, 2015, 15(12): 195–202.
- [17] 苏辉, 谢晶黎, 吴圣彬, 等. 不同温度下鲳鱼品质及微观组织的变化研究[J]. 现代食品科技, 2014, 30(8): 106–111.
SU H, XIE JL, WU SB, *et al.* Study on quality and microtissue changes of pomfret at different temperatures [J]. *Mod Food Sci Technol*, 2014, 30(8): 106–111.
- [18] MANJU S, JOSE L, SRINIWASA GTK, *et al.* Effects of sodium acetate dip treatment and vacuum-packaging on chemical, microbiological, textural and sensory changes of Pearlscale (*Etroplus suratensis*) during chill storage [J]. *Food Chem*, 2007, 102(7): 27–35.

(责任编辑: 张晓寒)

作者简介



胡奇杰, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向为食品安全检测。
E-mail: 16810986@qq.com