

生物保鲜液结合真空包装对鲭鱼保鲜的影响

Effects of bio-preservation liquid combined with vacuum packaging on the preservation of mackerel

欧阳锐^{1,2,3}王志辉¹李立鹏¹OU-YANG Rui^{1,2,3}WANG Zhi-hui¹LI Li-peng¹苏羽航^{1,2}项雷文^{1,2}施源德^{1,2,3}SU Yu-hang^{1,2}XIANG Lei-wen^{1,2}SHI Yuan-de^{1,2,3}

(1. 福建师范大学福清分校, 福建 福清 350300; 2. 食品软塑包装技术福建省高校工程研究中心, 福建 福清 350300; 3. 现代设施农业福建省高等学校工程研究中心, 福建 福清 350300)

(1. *Fuqing Branch of Fujian Normal University, Fuqing, Fujian 350300, China*; 2. *Fujian Universities and Colleges Engineering Research Center of Soft Plastic Packaging Technology for Food, Fuqing, Fujian 350300, China*; 3. *Fujian Universities and Colleges Engineering Research Center of Modern Facility Agriculture of Fujian University, Fuqing, Fujian 350300, China*)

摘要:以挥发性盐基氮为指标,以茶多酚、壳聚糖与乳酸链球菌素添加量为因素,通过响应面法确定生物保鲜液的最佳配方,同时研究了生物保鲜液结合真空包装对鲭鱼的保鲜效果。结果表明:在 -4°C 下,0.22 g/L 茶多酚、5.00 g/L 壳聚糖、0.35 g/L 乳酸链球菌素配制的复合生物保鲜液对鲭鱼保鲜效果最佳,以单纯保鲜液和蒸馏水为对照,在最佳保鲜液配方下,生物保鲜液结合真空包装对保鲜的鲭鱼感官评价和水分含量最高,而挥发性盐基氮值、pH 值以及组胺值最低,在 -4°C 下 7 d 内仍处于二级新鲜度,且同空白对照组相比其货架期延长 3~4 d。

关键词:鲭鱼;生物保鲜液;真空包装;保鲜

Abstract: Taking the volatile base nitrogen as the index, and the addition amount of tea polyphenol, chitosan and nisin as the single factor, the optimal formula of the composite biological preservation liquid was determined by the response surface method optimization, and the effect of vacuum packaging compound bio-preservation liquid on the mackerel was studied, sim-

ultaneously. The results showed that the compound preservative prepared by 0.22 g/L tea polyphenol, 5.00 g/L chitosan and 0.35 g/L nisin had the best effect on fresh-keeping of mackerel at -4°C . Compared with control groups of the composite biological preservation liquid and the distilled water control group, the sensory evaluation and moisture content of the compounded biological preservatives of vacuum-packed mackerel were the highest, while the volatile base nitrogen value, pH value and histamine value were the lowest. At -4°C , the stored mackerel was still in the secondary freshness on the seventh day, and antioxidant of mackerel could extend the shelf life by 3 to 4 days compared with the control group.

Keywords: mackerel; bio-preservation liquid; vacuum packaging; preservation

鲭鱼俗名鲐鱼、大西洋鲭鱼等^[1],为鲈形目鲭科鲈属常见可食用鱼种,一般是远洋捕获,需要长途运输。但是鲭鱼一旦死亡就会失去对生物酶的控制而发生“自溶”作用,即快速分解自身蛋白质从而加速腐败,所以需要有效的保鲜技术来延缓微生物繁殖,抑制内源酶活性,减缓脂肪酸的氧化反应,来保证鲭鱼的质量。

目前,水产品保鲜方法主要有:物理保鲜^[2]、化学保鲜^[3]和生物保鲜^[4]等。其中物理保鲜应用最为广泛,但是受到温控硬件和厌氧菌种等限制,其对水产品的保鲜效果有所局限。化学保鲜成本低,常用的是具有强抗氧化性、抑菌性的化学试剂,但是其存在试剂残留的问

基金项目:福建省教育厅项目(编号:JT180616, JAT170669, JAT170677);食品软塑包装技术福建省高校工程研究中心(编号:G1-KF1703);现代设施农业福建省高等学校工程研究中心(编号:G2-KF1806);泉州市人才“港湾计划”引进高层次人才团队(编号:泉委发[2017]6号)

作者简介:欧阳锐,女,福建师范大学福清分校讲师,硕士。

通信作者:施源德(1984—),男,福建师范大学福清分校讲师,硕士。E-mail:mice015@163.com

收稿日期:2019-05-27

题^[5]。当前天然保鲜剂的开发和应用因安全和环保等原因受到了广泛关注,常见的试剂有:茶多酚、壳聚糖类、乳酸链球菌素、V_E、迷迭香、植酸等^[6-8]。

目前,应用于鲭鱼保鲜的方法主要有臭氧水^[9]、复合保鲜剂^[10]等,但至今尚未见关于生物保鲜剂结合真空包装膜对鲭鱼保鲜效果的报道。试验在前期以茶多酚保鲜鲭鱼^[11]的基础上,优化茶多酚、壳聚糖与乳酸链球菌素复配保鲜液的配比,并结合真空包装技术来研究复合保鲜技术对鲭鱼冷藏品质的影响,以期为其在鲭鱼及其他水产品的产业化应用提供技术参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

鲭鱼:平均体长约 33 cm,尾重约 380 g,福清市售;

茶多酚:食品级(纯度为 98%),深圳恒生生物科技有限公司;

水溶性壳聚糖、乳酸链球菌素:食品级,河南通宇食品添加剂有限公司;

聚酰胺薄膜:普通尼龙膜(PA),福清市惟佳特种软包装有限公司;

偶氮试剂、氧化镁、硼酸等:分析纯,国药集团化学试剂有限公司。

1.2 主要仪器与设备

自动凯氏定氮仪:K9840 型,济南海能仪器股份有限公司;

紫外—可见分光光度计:752 型,上海棱光技术有限公司;

超低温冰箱:UUS-439A-1-G2 型,新加坡 ESCO 科技有限公司;

台式高速离心机:TG16-WS 型,湖南湘仪实验室仪器开发有限公司;

酸度计:PHS-25 型,上海仪电科学仪器股份有限公司。

1.3 方法

1.3.1 工艺流程

鲭鱼预处理→取肉(沿背部刮取鱼肉)→切片(规格:3 cm×3 cm×2 cm)→浸泡(置于复配生物保鲜液中浸泡 1 min)→沥干→保鲜袋(聚酰胺薄膜)真空包装→冷藏(−4 ℃)→样品测试

1.3.2 复合保鲜液配比的优化 根据 GB 2760—2014《食品安全国家标准 食品添加剂使用卫生标准》,设计复合保鲜液的添加量区间,以鲭鱼肉中挥发性盐基氮(TVB-N)为指标,在真空包装下研究复合保鲜液对鲭鱼的保鲜效果(保鲜第 5 天测试),并采用软件 Design-Expert 8.0.6 的 Box-Behnken 方法(BBD)优化保鲜液配比。试验因素水平及编码见表 1。

表 1 Box-Behnken 试验因素水平编码表

Table 1 Box-Behnken test factor level coding table

g/L			
水平	A 茶多酚	B 壳聚糖	C 乳酸链球菌素
1	0.10	3.00	0.30
0	0.20	4.00	0.40
−1	0.30	5.00	0.50

1.3.3 试验设计 将预处理的鲭鱼肉片随机分成 4 组进行处理。试验分组如下,① 真空包装+保鲜液组:生物保鲜液浸涂后聚酰胺薄膜袋真空包装;② 保鲜液组:生物保鲜液浸涂;③ 真空包装组:聚酰胺薄膜袋真空包装;④ 空白对照组:蒸馏水浸泡处理。所有处理均置于低温 −4 ℃,相对湿度为 85%~90%条件下分别保存,一定时间取样斩拌、混匀、指标测试。

1.3.4 测定项目及方法

(1) 感官评分:参考 GB/T 18108—2019 进行鲭鱼感官评分指标设计,分别按表 2 中指标进行打分,各指标的感官评定分值在 0~10;10 分代表最佳品质,0 分代表最差品质。

(2) 挥发性盐基氮含量(TVB-N 值):按 GB/T 5009.228—2016 中的自动凯氏定氮仪法执行。

(3) pH:按 GB/T 5009.237—2016 中的酸度计法执行。

(4) 组胺含量:按 GB 5009.208—2016 执行。

(5) 水分含量:按 GB/T 5009.3—2016 中的直接干燥法执行。

1.4 数据处理

试验数据采用 Origin 9、Design-Expert V8.0.6 软件进行数据处理和分析。

表 2 鲭鱼新鲜度感官评分项目及标准

Table 2 Mackerel freshness and sensory evaluation criteria project

等级	外观	组织状态	弹性	气味
好(10~8 分)	正常,色泽非常明亮	致密,纹理清晰	富有很好的弹性	清香
较好(8~6 分)	正常,色泽明亮	紧密,纹理较清晰	富有弹性	较清香
一般(6~4 分)	基本正常,色泽稍微暗淡	不紧密,纹理较不清晰	较有弹性	有清香,略带异味
较差(4~2 分)	较暗淡,无光泽	不紧密,较松散	弹性较差	清香消失,有腥味、氨臭味
差(2~0 分)	暗淡,无光泽	不紧密,松散	弹性差	有很强烈的臭味、氨味

2 结果与讨论

2.1 响应面试验设计与结果

根据 Box-Benhnken 试验因素水平编码表,复合保鲜液结合真空包装对鲭鱼保鲜 5 d 的试验结果见表 3。

从表 3、4 中得到了各因子对响应值的二次多项回归模型为:

表 3 响应面试验设计与结果

Table 3 Response surface test design and results

试验号	A	B	C	TVB-N 含量/ (10 ⁻² mg · g ⁻¹)
1	-1	-1	0	20.1
2	1	-1	0	19.2
3	-1	1	0	19.6
4	1	1	0	18.9
5	-1	0	-1	20.6
6	1	0	-1	19.5
7	-1	0	1	20.1
8	1	0	1	19.3
9	0	-1	-1	20.2
10	0	1	-1	17.5
11	0	-1	1	19.6
12	0	1	1	19.6
13	0	0	0	18.6
14	0	0	0	18.0
15	0	0	0	18.3
16	0	0	0	17.9
17	0	0	0	18.0

表 4 试验结果方差分析表

Table 4 Variance analysis of experimental results

变量来源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值	显著性
模型	12.05	9	13.40	0.01	0.011 4	*
A	1.49	1	1.49	7.13	0.032 0	*
B	1.53	1	1.53	7.34	0.030 3	*
C	0.07	1	0.07	0.32	0.589 8	
AB	0.01	1	0.01	0.07	0.800 4	
AC	0.02	1	0.02	0.10	0.760 2	
BC	1.90	1	1.90	9.12	0.019 4	*
A ²	3.74	1	3.74	17.91	0.003 9	**
B ²	0.44	1	0.44	2.13	0.188 1	
C ²	2.23	1	2.23	10.67	0.013 7	*
残差	1.46	7	0.21			
失拟项	1.15	3	0.38	4.83	0.081 0	
误差	0.32	4	0.08			
总和	13.51	16				

† ** 表示极显著, * 表示显著; $R^2 = 0.891\ 9$; $R_{adj}^2 = 0.752\ 8$ 。

$$Y = 18.19 - 0.43A - 0.44B + 0.091C + 0.060AB + 0.072AC + 0.69BC + 0.94A^2 + 0.32B^2 + 0.73C^2$$
 (1)

由表 4 可看出,生物保鲜液对鲭鱼 TVB-N 含量的影响顺序为 B>A>C,其中 A²极显著,A、B、BC、C²显著;模型失拟项 P>0.05 表明差异不显著,说明模型和试验的拟合程度良好,因此响应面分析法所得二次方程模型可信。结合回归模型的数学分析结果,最佳方案为茶多酚含量 0.22 g/L、壳聚糖 5.00 g/L、乳酸链球菌素 0.35 g/L。采用最优水平工艺条件进行 3 次平行验证实验,测得 TVB-N 的含量 17.45 mg/100 g,与预测值 17.82 mg/100 g 相近,说明采用响应面分析准确可靠。

2.2 生物保鲜液结合真空包装对鲭鱼冷藏品质的影响

2.2.1 感官品质 由图 1 可知,随着储藏天数增加,空白对照组的感官评分值明显低于其他 3 组,且第 5 天时鲭鱼色泽稍微暗淡、略带异味,而其他 3 组的色泽明亮、较清香。真空包装+保鲜液组的感官评分值高于保鲜液组和真空包装组,可见生物保鲜液结合真空包装能较好地保持鲭鱼的感官品质,可能是生物保鲜液的抗菌能力和真空包装膜的阻隔性能相结合能更有效地抑制细菌繁殖^[12],延缓鲭鱼腐败。

2.2.2 水分含量 由图 2 可知,随着储藏天数增加,空白对照组水分含量下降明显,保鲜液组和真空包装组的水分含量下降也高于真空包装+保鲜液组,可见生物保鲜

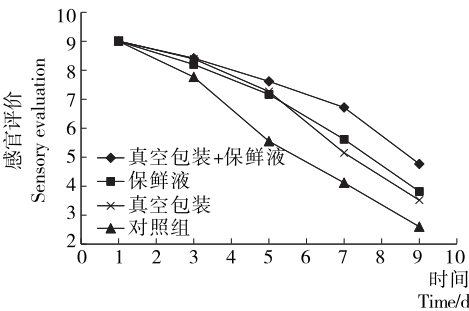


图 1 不同保鲜组鲭鱼的感官评分
Figure 1 Sensory score of different fresh-keeping groups on mackerel

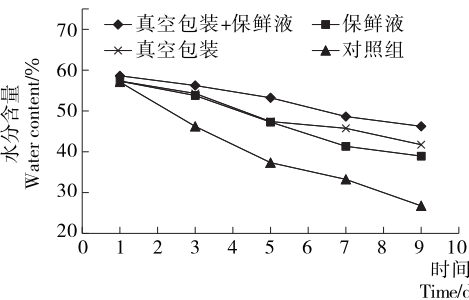


图 2 不同保鲜组鲭鱼的水分含量
Figure 2 Effect of different fresh-keeping groups on water content of mackerel

液结合真空包装能有效减少鱼肉的水分流失,可能是生物保鲜液能提高鱼肉的持水性^[13-14],且真空包装膜能阻隔鱼肉水分的挥发。

2.2.3 TVB-N 由图 3 可知,随着储藏天数增加,试验组 TVB-N 含量明显低于其他 3 组。保鲜液组和真空包装组在第 3 天超过一级新鲜度,而真空包装+保鲜液组在第 5 天才超过一级新鲜度(15 mg/100 g)。在保鲜第 5 天,空白对照组的 TVB-N 含量已达 22.867 mg/100 g,超过二级新鲜度(20 mg/100 g),而真空包装+保鲜液组 8 d 后才超过二级新鲜度。可见生物保鲜液结合真空包装能有效减少 TVB-N 产生,能更有效抑制细菌繁殖^[15-16],降低 TVB-N 产生,且结合 GB/T 18108—2019 鲜度指标的 TVB-N 值可知,在-4℃冷藏下采用生物保鲜液结合真空包装保鲜的鲭鱼相比空白对照组货架期延长了 3~4 d。

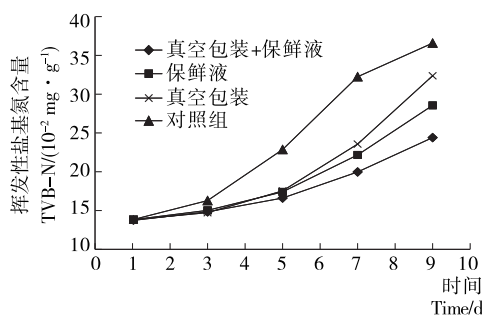


图 3 不同保鲜组鲭鱼 TVB-N 含量

Figure 3 Effect of different fresh-keeping groups on TVB-N content of mackerel

2.2.4 pH 值 由图 4 可知,4 组试验组的 pH 值都先降低后升高,贮藏初期 pH 下降主要可能是鲭鱼体内糖原分解产生乳酸和微生物无氧呼吸产生 CO₂使 pH 下降,而 pH 升高则是鲭鱼肉蛋白质被分解产生氨和胺类物质使 pH 上升。真空包装+保鲜液组的 pH 值变化幅度明显低于其他 3 组,可见生物保鲜液结合真空包装能较好地延缓鱼体自溶腐败,能更有效减少碱性物质产生^[17]。

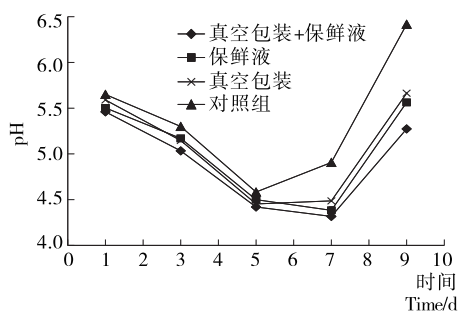


图 4 不同保鲜组鲭鱼 pH 值

Figure 4 Effect of different fresh-keeping groups on the pH value of mackerel

2.2.5 组胺含量 由图 5 可知,随着储藏天数增加,4 组试验组的组胺含量不断增加,其中真空包装+保鲜液组的组胺含量明显低于其他 3 组,可见生物保鲜液结合真空包装更能有效抑制鲭鱼中组胺的产生^[18],可能是生物保鲜液结合真空包装具有栅栏机制能更有效延缓鲭鱼腐败。

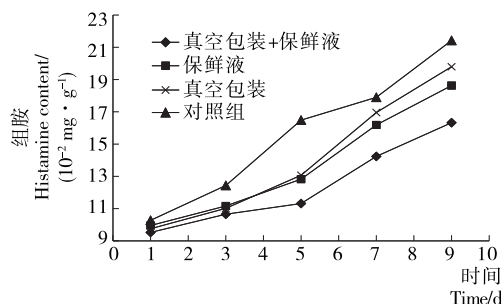


图 5 不同保鲜组鲭鱼组胺含量

Figure 5 Effect of different fresh-keeping groups on the histamine value of mackerel

3 结论

在保鲜液(配方:0.22 g/L 茶多酚,5.00 g/L 壳聚糖,0.32 g/L 乳酸链球菌素)结合聚酰胺膜真空包装条件下,鲭鱼的保鲜效果最佳(TVB-N、pH 值以及组胺值最低)、鲭鱼贮藏期间的色泽和风味得到改善、鱼体的水分流失有所降低,并且在-4℃冷藏下同空白对照组相比货架期延长了 3~4 d。试验证明以生物保鲜液结合真空包装技术在保鲜鲭鱼中发挥了食品保鲜栅栏因子的协同作用,该研究可为鲭鱼等易腐败海水产品贮藏以及货架期的延长提供参考,今后将在保鲜配方成本和缓释研究方面进行深入研究。

参考文献

- [1] 庄之栋,马超,刘勇,等.北太平洋公海秋季鲈鱼生物学特性的初步研究[J].海洋湖沼通报,2018(6):125-131.
- [2] REMYA S, MOHAN C O, BINDU J, et al. Effect of chitosan based active packaging film on the keeping quality of chilled stored barracuda fish[J]. Journal of Food Science and Technology, 2016, 53(1): 685-693.
- [3] 李娜,谢晶.组合保鲜方式应用于水产品保鲜的研究进展[J].食品与机械,2017,33(11):204-207,220.
- [4] 邵颖.壳聚糖-丁香酚乳液的制备表征及其对冷藏期间带鱼的保鲜作用研究[D].杭州:浙江大学,2019:2-3.
- [5] 曾名湧.食品保藏原理与技术[M].北京:化学工业出版社,2014:190-199.
- [6] RAO B M, JESMI D, VIJI P. Chilled storage of pangasianodon hypophthalmus fillets coated with plant oil incorporated alginate gels: Effect of clove leaf, clove bud, rosemary and thyme oils[J]. Journal of Aquatic Food Product Technology, 2017, 26(6): 744-755.

(下转第 170 页)

3 结论

根据“清洁标签”原则,选择酪蛋白酸钠、辛烯基琥珀酸淀粉钠为壁材,糊精为填充剂的壁材均不能保证载油量 50% 南瓜籽油微囊粉在货架期加速试验周期的稳定性,需在壁材配方中添加抗氧化剂;蛋白型壁材中需通过添加乳化剂和磷酸盐调节体系 pH,而辛烯基琥珀酸淀粉钠可以直接添加抗坏血酸达到目的。通过货架期加速试验,可推断壁材中添加抗氧化剂可使产品在常温下的货架期达到 24 个月,过氧化值 ≤ 0.130 g/100 g,酸价 ≤ 1.00 mg KOH/g,表面油含量 $\leq 2.50\%$ 。酪蛋白酸钠为壁材的南瓜籽油微胶囊可将配方中的糊精填充剂替换为聚葡萄糖而成为无糖南瓜籽油微胶囊粉。蛋白壁材抗氧化体系中单双甘油脂肪酸酯、大豆磷脂、抗坏血酸钠及磷酸氢二钾的配伍比例可以通过试验设计进一步优化;抗坏血酸对淀粉壁材体系的抗氧化效果良好,其他抗氧化剂的适用性有待进一步论证;南瓜籽油微胶囊的常温货架期仍需进一步试验佐证。

参考文献

- [1] 陈田,戴思慧,沈鹏原,等. 裸仁南瓜籽油活性成分分析及抗氧化能力评价[J]. 食品与机械, 2018, 34(10): 152-157.
- [2] 刘玉梅,高智明,王健,等. 裸仁南瓜籽及南瓜籽油的营养成分研究[J]. 食品工业科技, 2010, 31(6): 313-316.
- [3] 朱琳,薛雅琳,张东,等. 特种植物油中甾醇总量及组成分析[J]. 粮油食品科技, 2015, 32(2): 49-52.
- [4] 何雄伟. 植物甾醇治疗前列腺疾病研究进展[J]. 中国医药导报, 2010, 7(10): 17-18.
- [5] LIU Fu-guo, MA Cui-cui, GAO Yan-xiang, et al. Food-Grade covalent complexes and their applications as nutraceutical delivery systems: A review[J]. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 2017, 16(1): 76-95.
- [6] MAO Like, MIAO Song. Structuring food emulsions to improve nutrient delivery during digestion [J]. Food Engineering Reviews, 2015, 7(4): 439-451.

- [7] 牛广财,朱丹,李志江,等. 南瓜籽油微胶囊化的研究[J]. 中国农学通报, 2007, 23(9): 181-185.
- [8] 杨伊磊,黄晴,廖卢艳. 南瓜籽油的微胶囊化研究[J]. 粮油食品科技, 2015, 23(6): 40-43.
- [9] 韩丽丽,侯占群,文剑,等. 壁材种类及浓度对高载量紫苏籽油微胶囊特性的影响[J]. 食品工业科技, 2016, 37(8): 167-170.
- [10] 徐江波,肖江,陈元涛,等. 喷雾干燥法制备紫苏籽油微胶囊的研究[J]. 中国调味品, 2013, 38(12): 9-13.
- [11] 张慧,乙小娟,周璐. 用红外水分测定仪快速测定食品中的水分[J]. 食品科学, 2006, 27(6): 174-176.
- [12] TAOUKIS P S, LABUZA T P, SAGUY A I S. 9 Kinetics of food deterioration and shelf-life prediction[M]// VALENTAS K J, ROTSTEIN E, SINGH R P. The handbook of food engineering practice. Boca Raton: CRC Press, 1997: 366-403.
- [13] 张海玲. 微胶囊型低脂植物奶油粉的制备及其性能研究[D]. 南昌: 南昌大学, 2011: 24-33.
- [14] 丁俭,齐宝坤,毛惠婷,等. 抗坏血酸对大豆蛋白乳液抗氧化稳定性的研究[J]. 中国粮油学报, 2017, 32(7): 67-73.
- [15] 宁建琴. 水包油乳液体系油脂与蛋白质共氧化对乳液稳定性及蛋白质功能特性的影响研究[D]. 西安: 陕西科技大学, 2019: 42-48.
- [16] 高彦祥. 食品添加剂[M]. 2 版. 北京: 中国轻工业出版社, 2019: 209.
- [17] 安红,侯近龙,邓启刚,等. 大豆磷脂的 HLB 值测定和乳化力的研究[J]. 理化检验: 化学分册, 2003(12): 716-717, 720.
- [18] 陈先鑫. 不同抗氧化剂对蛋白乳液稳定性及油脂体外消化特性影响的研究[D]. 南昌: 南昌大学, 2016: 55-67.
- [19] 柳艳霞,刘兴华,汤高奇. 籽用南瓜籽的营养与籽油的特性分析[J]. 食品工业科技, 2005, 26(5): 157-158, 161.
- [20] 魏照信,陈荣贤,殷晓燕,等. 中国籽用南瓜产业现状及发展趋势[J]. 中国蔬菜, 2013(9): 10-13.
- [21] 来海中,阿合买提·吐尔逊,周婷婷,等. 不同提取方法对南瓜籽油脂肪酸组成含量影响的分析[J]. 新疆中医药, 2014, 32(1): 31-32.

(上接第 144 页)

- [7] LI Yuan, WU Chun-hua, WU Tian-tian, et al. Antioxidant and antibacterial properties of coating with chitosan-citrus essential oil and effect on the quality of Pacific mackerel during chilled storage[J]. Food Science & Nutrition, 2019, 7(3): 1 131-1 142.
- [8] 周强,刘蒙佳,丁立云,等. 基于栅栏因子协同作用的中国对虾保鲜效果研究[J]. 食品与机械, 2019, 35(4): 140-145, 191.
- [9] 赵艳芳,盛晓风,尚德荣,等. 复合抗氧化剂对鲈鱼背腹部肌肉脂肪的抗氧化研究[J]. 食品工业, 2019, 40(1): 18-20.
- [10] 刘锋,谢晶. 流化冰结合臭氧在水产品保鲜中的应用[J]. 食品与机械, 2018, 34(5): 173-176.
- [11] 施源德,蔡碧云,欧阳锐,等. 茶多酚流化冰对鲭鱼品质的影响[J]. 食品工业, 2018, 39(9): 53-57.

- [12] 赵艳芳,盛晓风,尚德荣,等. 复合抗氧化剂对鲈鱼背腹部肌肉脂肪的抗氧化研究[J]. 食品工业, 2019, 40(1): 18-20.
- [13] 李玲,季慧,康大成,等. 氧化条件下茶多酚对猪肉肌原纤维蛋白理化和凝胶特性的影响[J]. 食品科学, 2019, 40(2): 12-17.
- [14] 吴春华. 壳聚糖衍生物分子修饰机理及其在银鲱鱼保鲜中的应用研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2017: 11-14.
- [15] 余小亮. 复合生物保鲜剂保鲜机理及对鲈鱼冷藏过程中品质变化的研究[D]. 上海: 上海海洋大学, 2018: 20-22.
- [16] 谢菁,卢立新,潘嘹,等. 基于 α -生育酚抗氧化膜的冷鲜猪肉保鲜包装研究[J]. 食品与机械, 2019, 35(5): 132-136.
- [17] 李婷婷,励建荣,赵威. 壳聚糖涂膜对冷藏美国红鱼品质的影响[J]. 食品科学, 2013, 34(10): 299-303.
- [18] 孟玉霞. 天然植物精油对冷藏海水养殖鱼类特定腐败菌的抑制作用及保鲜效果研究[D]. 大连: 大连海洋大学, 2018: 48-57.