

4种植物提取物对马鲛鱼保鲜效果研究

闵娟¹, 刘红^{1,2}, 李传勇³, 张凌晶^{1,2}, 曹敏杰^{1,2}, 刘光明^{1,2*}

(1. 集美大学食品与生物工程学院, 厦门 361021; 2. 厦门市海洋功能食品重点实验室, 厦门 361021;
3. 厦门市农产品质量安全检验检测中心, 厦门 361009)

摘要: **目的** 探索不同植物提取物对马鲛鱼的保鲜效果, 为控制水产品质量提供技术依据。 **方法** 将马鲛鱼切块, 经不同浓度的龙须菜寡糖(*gracilaria lemaneiformis* oligosaccharide, GLO)、大蒜提取物(garlic extract, GE)、迷迭香提取物(rosemary extract, RE)和生姜提取物(ginger root extract, GRE)浸泡 30 min, 于 4 °C 条件下贮藏, 以菌落总数、生物胺、pH 值、挥发性盐基氮(total volatile basic nitrogen, TVB-N)、K 值等指标评价其新鲜度。 **结果** GLO、GE、RE 和 GRE 处理可延缓马鲛鱼中腐败微生物生长, 有效控制各指标值的变化情况, 使马鲛鱼块货架期延长 1~2 d, 进而初步明确了 GLO、GE、RE 和 GRE 处理马鲛鱼块合适浓度依次为 0.5%~1.0%、1.0%~1.5%、0.03%~0.06%、1.0%~1.5%。 **结论** 采用不同浓度的 4 种植物提取物可延长马鲛鱼的货架期。

关键词: 龙须菜寡糖; 大蒜提取物; 迷迭香提取物; 生姜提取物; 马鲛鱼保鲜; 腐败微生物; 生物胺

Preservative effects of 4 kinds of plant extracts on mackerel

MIN Juan¹, LIU Hong^{1,2}, LI Chuan-Yong³, ZHANG Ling-Jing^{1,2}, CAO Min-Jie^{1,2}, LIU Guang-Ming^{1,2*}

(1. College of Food and Bioscience Engineering, Jimei University, Xiamen 361021, China; 2. Key Laboratory of Marine Functional Food in Xiamen, Xiamen 361021, China; 3. Xiamen Agriculture Product Quality and Safety Testing Center, Xiamen 361009, China)

ABSTRACT: Objective To explore the preservative effects of different plant extracts on mackerel, and provide a theoretical basis for the control of seafood quality. **Methods** The effects of different preservatives including *gracilaria lemaneiformis* oligosaccharide (GLO), garlic extract (GE), rosemary extract (RE) and ginger root extract (GRE) on the freshness of mackerel cuts were explored during storage at 4 °C, which were immersed for 30 min. Freshness of mackerel was evaluated by total bacterial count, pH value, biogenic amines indicators, total volatile basic nitrogen (TVB-N) value and K value during cold storage. **Results** The treatment of GLO, GE, RE and GRE could delay the spoilage microbial growth and inhibit the increase of these indexes, resulting in the extension of the shelf-life of 1~2 d of mackerel. The study initially set a clear direction that the proper concentrations of GLO, GE, RE and GRE for mackerel were 0.5%~1.0%, 1.0%~1.5%, 0.03%~0.06% and 1.0%~1.5%, respectively. **Conclusion** Four kinds of plant extracts

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(U1405214)、海洋公益性行业科研专项课题(201505026-3)、福建省海洋功能食品工程技术研究中心开放基金项目(C11175)、福建省海洋生物资源开发利用协同创新中心产学研基金项目(FJMBIO1611)

Fund: Supported by Key Project of National Natural Science Foundation of China (U1405214), the Research Fund for Marine Public Welfare Industry (201505026-3), the Opening Project of Fujian Provincial Engineering Technology Research Center of Marine Functional Food (C11175) and Fujian Marine Biological Resources Development and Utilization Collaborative Innovation Center Production and Research Fund Project (FJMBIO1611)

*通讯作者: 刘光明, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为水产品加工与安全。E-mail: gmlu@jmu.edu.cn

*Corresponding author: LIU Guang-Ming, Professor, Food and Biological Engineering, Jimei University, No.43, Yindou Road, Jimei District, Xiamen 361021, China. E-mail: gmlu@jmu.edu.cn

with different concentrations can prolong the shelf life of mackerel.

KEY WORDS: gracilaria lemaneiformis oligosaccharides; garlic extract; rosemary extract; ginger root extract; prevention of mackerel; spoilage organisms; biogenic amines

1 引言

马鲛鱼(*Scomberomorus niphonius*)又称鲅鱼、竹鲛、串乌,属于典型的青皮红肉海水鱼,极易产生较高含量的组胺。同时马鲛鱼也含有丰富的蛋白质,是一种营养价值很高的水产品。但是在贮藏过程中,马鲛鱼中的蛋白质在微生物的作用下易分解产生小分子的含氮化合物等碱性物质,导致水产品腐败变质,而食用不新鲜的鱼类会致使人产生头晕、呕吐及腹泻等中毒症状。因此,探寻一种廉价高效、安全无毒的保鲜方法对水产品新鲜度和品质控制方面具有重要意义。目前研究报道的有关于水产品的保鲜方法主要包括低温保鲜、生物保鲜、辐照保鲜和气调保鲜等^[1-4]。但是考虑到保鲜途径的经济效应及安全性,天然的食品添加剂逐渐引起人们的重视,其中植物提取物因其价格低廉,来源丰富,制备简单,无毒副作用^[5],且具有抑菌作用和抗氧化作用等优点,逐步成为人们研究和关注的重点。

龙须菜寡糖(*gracilaria lemaneiformis oligosaccharide*, GLO)、大蒜提取物(*garlic extract*, GE)、迷迭香提取物(*rosemary extract*, RE)和生姜提取物(*ginger root extract*, GRE)属于天然食品防腐剂,研究前景非常好。GLO具有抑菌、抗病毒等作用,大量研究证明 GLO 在水产品和果蔬保鲜应用研究中可有效延长其货架期^[6,7];苏凤贤等^[8]研究报道,大蒜对腐败真菌有较强的抑制和杀灭作用,是至今所发现的植物中抑菌能力最强^[9],GE和GRE具有广谱抗细菌效果^[10];迷迭香作为一种高效的抗氧化剂,可有效的延缓鱼肉氧化变质,并且能够维持鱼肉的色泽^[11-13]。因而,将天然防腐剂与各种栅栏技术复合保鲜在未来在防腐保鲜领域有开发应用前景^[14,15]。

本文主要研究不同浓度的 GLO、GE、RE 和 GRE 对 4℃冷藏马鲛鱼的新鲜度影响,以期选择适宜浓度的保鲜剂达到延缓货架期的目的,为后期复配保鲜剂的研发奠定基础,并能够为水产品质量控制方面提供一定的依据。

2 材料与方法

2.1 材料与仪器

2.1.1 材料

新鲜马鲛鱼购自厦门市集美菜市场,采购后当天运回实验室,置于-30℃贮藏备用,并选择鱼体表面无损伤的鱼体进行一批实验。

龙须菜寡糖,以龙须菜寡糖为原材料,利用太平洋火色杆菌 *Flammeovirga pacifica* 酶解龙须菜制得,主要成分为聚合度 4~8 的琼脂寡糖,其总糖含量为 78.85%,还原糖含量为 17.80%,由国家海洋局第三海洋研究所提供;大蒜提取物、迷迭香提取物和生姜提取物,提取比例为 30:1,购自陕西森弗天然制品有限公司。以上 4 种植物提取物均为食品级,均可溶于水。

2.1.2 仪器与试剂

Agilent-1260 高效液相色谱仪(美国 Agilent 公司); UB-7 pH 计(德国 Sartorius 公司); K1301 凯式定氮仪(中国上海晟声公司); 1-15K 中型台式高速冷冻离心机(德国 Sigma 公司); TP-202 电子天平(北京赛多利斯科学仪器公司); PT-2100 组织捣碎机(瑞士 Kinematica 公司); WB-14 恒温水浴锅(德国 Memmert 公司); KQ5200DE 数控超声波清洗器(中国昆山超声公司)。

丹磺酰氯、磷酸二氢钾(99.0%,美国 Sigma 公司); 甲醇、丙酮(色谱纯,西陇科学股份有限公司); 三氯乙酸、氨水、氧化镁、硼酸、磷酸(分析纯,西陇化工公司); 盐酸、高氯酸、氢氧化钾、氢氧化钠(分析纯,国药集团); 碳酸氢钠(分析纯,西陇科学股份有限公司)。

2.2 试验方法

2.2.1 4 种植物保鲜剂配制

使用前 1 h 用超纯水配制不同浓度的保鲜液,参照 GB/T 2760-2014^[16]和常亮^[17]的方法,在最大限量的基础上选择保鲜液的质量分数,见表 1。

表 1 马鲛鱼保鲜剂浓度
Table 1 The preservative concentrations of mackerel

序号	质量分数(%)			
	GLO	GE	RE	GRE
1	0.25	0.10	0.02	0.25
2	0.50	0.25	0.03	0.50
3	0.75	0.50	0.045	0.75
4	1.00	1.00	0.06	1.00
5	1.50	1.50	0.07	1.50

2.2.2 样品前处理

新鲜马鲛鱼去内脏、去头及去尾,用蒸馏水清洗干净,并切成 6 cm×4 cm×2 cm 的大小备用。在 4℃温度下,将对照组浸泡于蒸馏水、处理组浸泡于保鲜液中 30 min 后,取

出沥干,并于(4±1)℃环境下贮藏,分别在 0、3、6、10 d 测定各鲜度指标,每组做 3 个平行实验。

2.2.3 菌落总数测定

参照 GB 4789.2-2016^[18]的方法,并做进一步改进。取 1.00 g 马鲛鱼样品置于离心管中,加入 9 mL 生理盐水,振荡混合均匀。并梯度稀释至合适的浓度,取一定量的菌液至无菌培养皿内,置于(30±1)℃培养箱中倒置培养培养 72 h。

2.2.4 pH 值测定

参照 GB 5009.237-2016^[19]的方法。取 10.00 g 鱼肉,用煮沸后冷却的蒸馏水定容至 100 mL,组织捣碎,静置 30 min 后,4℃,15000 g 离心 5 min, pH 计测定。

2.2.5 挥发性盐基氮测定

参照 GB 5009.228-2016^[20]方法,并做进一步改进。取 10.00 g 鱼肉,加入 100 mL 煮沸后冷却的蒸馏水,组织捣碎,静置 30 min 后,4℃ 15000 g 离心 30 min,滤纸过滤,于(4±1)℃冰箱中备用。

吸取滤液 10.0 mL 于消化管中,加入 10 mL 1%氧化镁溶液,将消化管放入凯氏定氮仪蒸馏口处,旋紧,进行自动蒸馏,设定程序:蒸馏 5 min,30 mL 硼酸吸收液,50 mL 蒸馏水。用 10 mL 蒸馏水作为空白对照,每组样品测定 3 次,取其平均值。

2.2.5 K 值测定

参照万建荣《水产食品化学分析手册方法》^[21]及高海东^[6]的方法,并做进一步改进。取 1.00 g 鱼肉,加入 10% 5 mL 高氯酸溶液,4℃ 15000 g 条件下离心 15 min,取上清液置于 25 mL 容量瓶中。沉淀物中加入 4.5 mL 5% 高氯酸溶液,混匀,再次离心 15 min,重复 2 次用 1 和 10 mol/L 的氢氧化钾溶液调上清液至 pH 中性(pH 6~8),整个过程在冰上进行。再次离心,沉淀加入 8 mL 5% 高氯酸-氢氧化钾中性液,离心,合并上清液,用超纯水定容至 25 mL 的容量瓶中,过 0.22 μm 水系膜,置于-30℃条件下储存,待上机。

高效液相色谱测定 K 值的条件:色谱柱 SHODEX Asahipak GS-320 HQ;流动相:205 mmol/L NaH₂PO₄-205 mmol/L H₃PO₄=300:7(V:V);流速:0.6 mL/min;柱温:30℃;检测波长:260 nm;进样量:20 μL。

2.2.6 生物胺测定

(1) 样品提取

参照 Saaid 等^[22]及胡家伟等^[23]的方法。

(2) 样品衍生

参照 GB/T 20768-2006^[24]及田鑫等^[25]的方法。

(3) 高效液相色谱法测定

Agilent ZORBAX Extend 反相色谱柱 C₁₈,柱温 35℃,紫外检测波长 254 nm,进样量 20 μL,流速 1 mL/min,流动相 A 为超纯水,B 为甲醇。梯度洗脱条件见表 2。

表 2 梯度程序洗脱表
Table 2 Gradient procedure elution table

流动相/%	洗脱时间/min							
	0	3	5	9	11	13	15	17
超纯水	45	36	32	24	15	13	0	45
甲醇	55	64	68	76	85	87	100	55

(4) 生物胺指标和质量指标

生物胺指标和质量指标均参考 Davood 等^[26]及夏秀东等^[27]研究结果,总生物胺(total biogenic amine, TBA)为 8 种生物胺之和。

生物胺指标(biogenic amine index, BAI)=组胺+腐胺+尸胺+酪胺;

质量指标(quality index, QI)=(组胺+腐胺+尸胺)/(1+精胺+亚精胺)。

公式中均表示各生物胺的含量,单位为 mg/kg。

2.3 数据处理

采用 Origin 8.0 和 Excel 软件作图,运用 SPSS 17.0 统计软件进行相关性分析及显著性分析($P<0.05$ 为显著水平, $P<0.01$ 为极显著水平)。

3 结果与分析

3.1 不同浓度保鲜液对马鲛鱼块菌落总数的影响

图 1(A)~(D)为经不同浓度的 4 种植物提取物处理的马鲛鱼块中菌落总数的变化情况。Manju 等^[28]和 Cai 等^[29]的研究提出,水产品中菌落总数界限值为 7.00 log (cfu/mL),并将该值作为评价鱼体是否腐败变质及货架期终点的标志。从图中可知,对照组和处理组的菌落总数随贮藏时间延长呈增加趋势。整个贮藏过程中,对照组与处理组差异显著($P<0.05$),且对照组的菌落总数增长速度明显高于处理组,这是由于保鲜剂在一定程度上抑制了微生物的生长,延长其滞留期,从而达到保鲜效果。

贮藏初期,马鲛鱼块中菌落总数为 4.51 log (cfu/mL),表明研究所用的马鲛鱼新鲜度较高。在 0~6 d 贮藏期内,不同浓度的 GLO 对微生物的抑制效果差别较大,1.5%GLO 的抑菌效果最佳;贮藏 6 d 后,处理组的菌落总数增长率低于 0~6 d。1%GLO 明显没有 0.5%GLO 抑菌效果好,可能是由于高浓度的 GLO 在鱼肉表面形成不同的厌氧环境,抑制好氧的革兰氏阴性菌生长,导致优势菌株发生改变,导致非优势菌株开始大量繁殖^[17],从而出现保鲜剂浓度升高反而抑菌效果降低的现象^[30]。其余 3 种处理组的变化情况与 GLO 组一致,GE 处理组间差异极显著($P<0.01$),RE 组间差异不显著($P>0.05$),1%GRE 和其余浓度组间差异显著。1%GE 和 1%GRE 抑菌效果最佳。综合分析,对照组的货架期为 4 d, GLO、GE、RE 和 GRE 处理组货架期可延长

1~2 d。0.5%GLO、1.0%GE 和 1.0%GRE 抑菌效果最佳。

3.2 不同浓度保鲜液对马鲛鱼块 pH 值的影响

图 2(A)~(D)为经不同浓度的 4 种植物提取物处理的马鲛鱼块 pH 值变化情况。高雪等^[31]研究报道, 鲜活水产品的肌肉 pH 值接近中性。由图可知, 马鲛鱼块的 pH 值随着鱼体腐败而发生变化, 处理组和对照组 pH 值均先降低后上升, 呈 V 型变化趋势, 可能是由于鱼体死后体内糖原和 ATP 在自身氧化酶作用下降解为乳酸、磷酸等酸性物质, 导致 pH 值下降; 贮藏后期, 鱼体内蛋白质在微生物作用下分解为小分子含氮化合物, 而使 pH 值上升。整个贮藏过程中, 经 GLO、GE、RE 和 GRE 处理的鱼肉和对照组 pH 差异显著($P<0.05$), 在前期对照组 pH 值的降低速率明显高于 GLO、GE、RE 和 GRE 处理组, 后期处理组的 pH 值增加速率高于对照组, 是因为保鲜剂可抑制糖原降解酶的活性, 并对马鲛鱼中可降解蛋白质的微生物具有抑制作用, 这表明 4 种植物提取物能延缓鱼体腐败变质, 以达到延长货架期的目的。

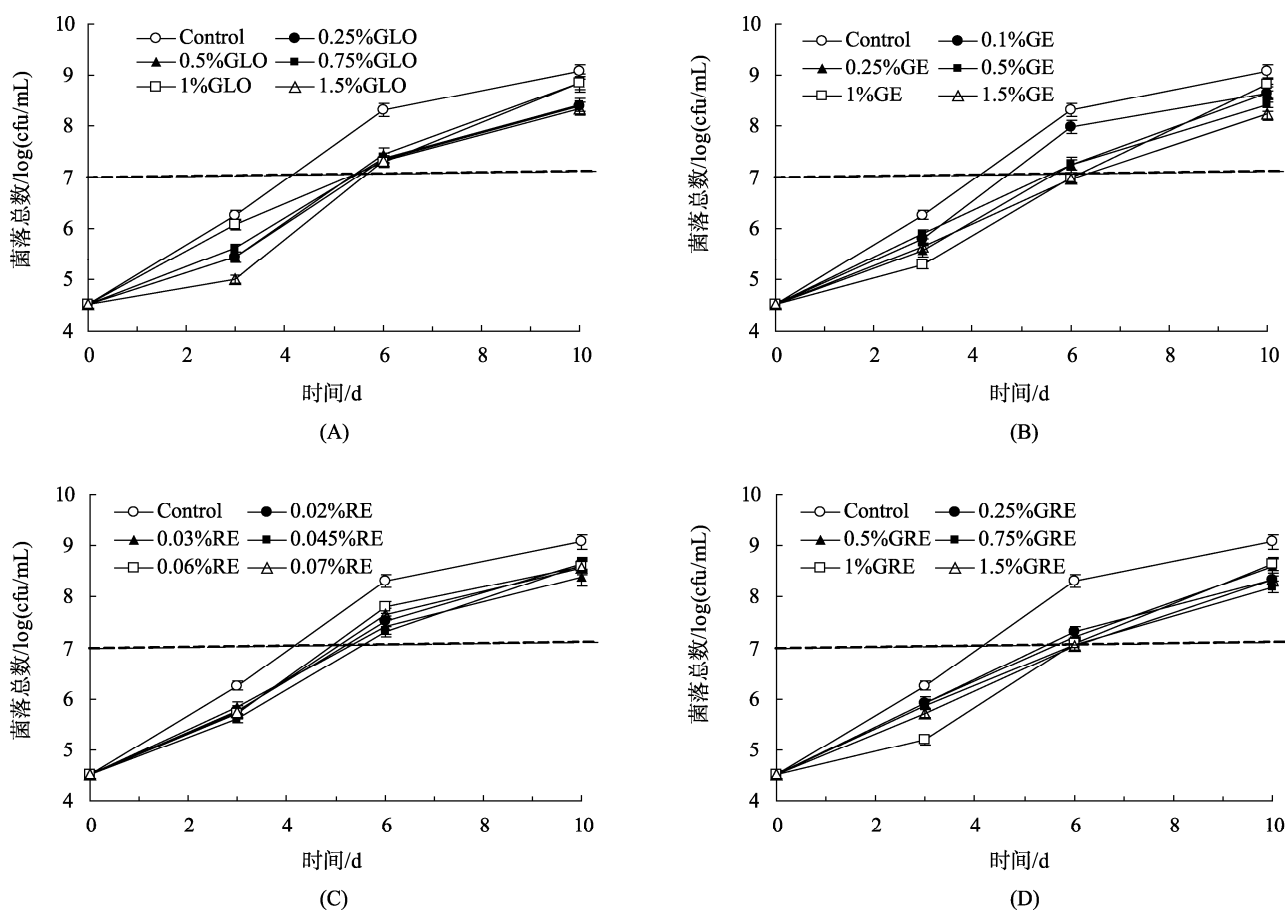
鱼肉初期的 pH 值为 6.30, 其值随着贮藏时间延长逐渐降低至最低点, 而在此条件下仍为新鲜鱼肉; 贮藏后期

鱼肉中蛋白质分解致使 pH 上升, 环境条件的改变利于其他细菌的大量生长, 致使鱼肉的快速腐败^[32]。综合分析, 0.5%、1%和 1.5%GLO, 1%和 1.5%GE, 0.03%、0.06%和 0.07%RE, 0.25%、0.5%和 1.5%GRE 处理组的 pH 变化趋势一致, 均在 2 个阶段内 pH 值变化平缓, 可抑制引起腐败变质的微生物生长繁殖。4 种植物保鲜剂可有效抑制马鲛鱼中腐败菌生长, 且表现出一定的剂量相关性^[12]。

3.3 不同浓度保鲜液对马鲛鱼块挥发性盐基氮的影响

图 3(A)~(D)为经不同浓度的植物提取物处理的马鲛鱼挥发性盐基氮(TVB-N)的变化情况。TVB-N 是评价水产品新鲜度的指标, 根据 GB 5009.228-2016^[20], 海水鱼的 TVB-N 限量为 30 mg/100 g。TVB-N 值越小, 水产品的新鲜度越好; 反之, 腐败程度越严重。整个贮藏过程中, 对照组 TVB-N 值增长速率均高于处理组, 差异显著($P<0.05$), 说明 4 种植物提取物对马鲛鱼有一定的保鲜作用。

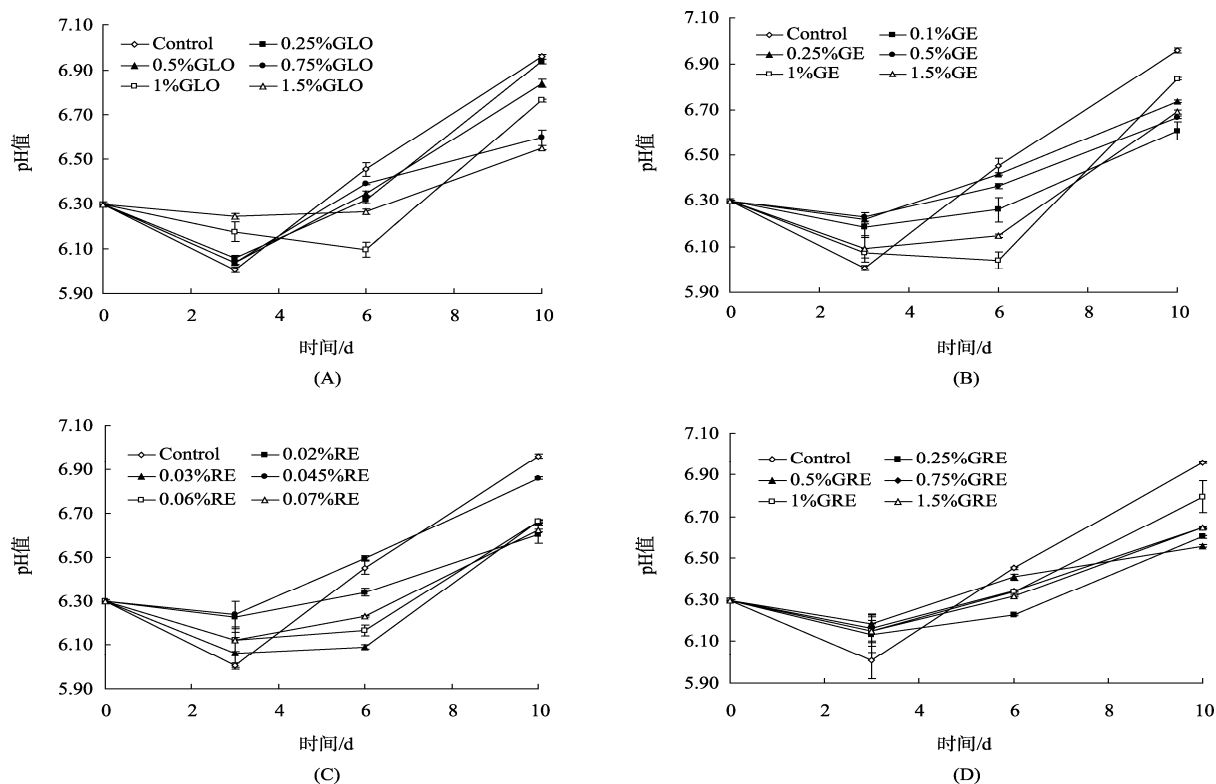
贮藏初期, 马鲛鱼 TVB-N 值为 9.33 mg/100 g, 说明鱼体非常新鲜。对照组 TVB-N 值在第 6 d 为 38.10 mg/100 g, 达到货架期终点。对照组与处理组 TVB-N 在 3 d 前变化不明显, 可能是由于初期鱼肉温度的突然降低钝化了酶



A: GLO 溶液; B: GE 溶液; C: RE 溶液; D: GRE 溶液

图 1 不同浓度的 4 种提取物对马鲛鱼块菌落总数的影响($n=3$)

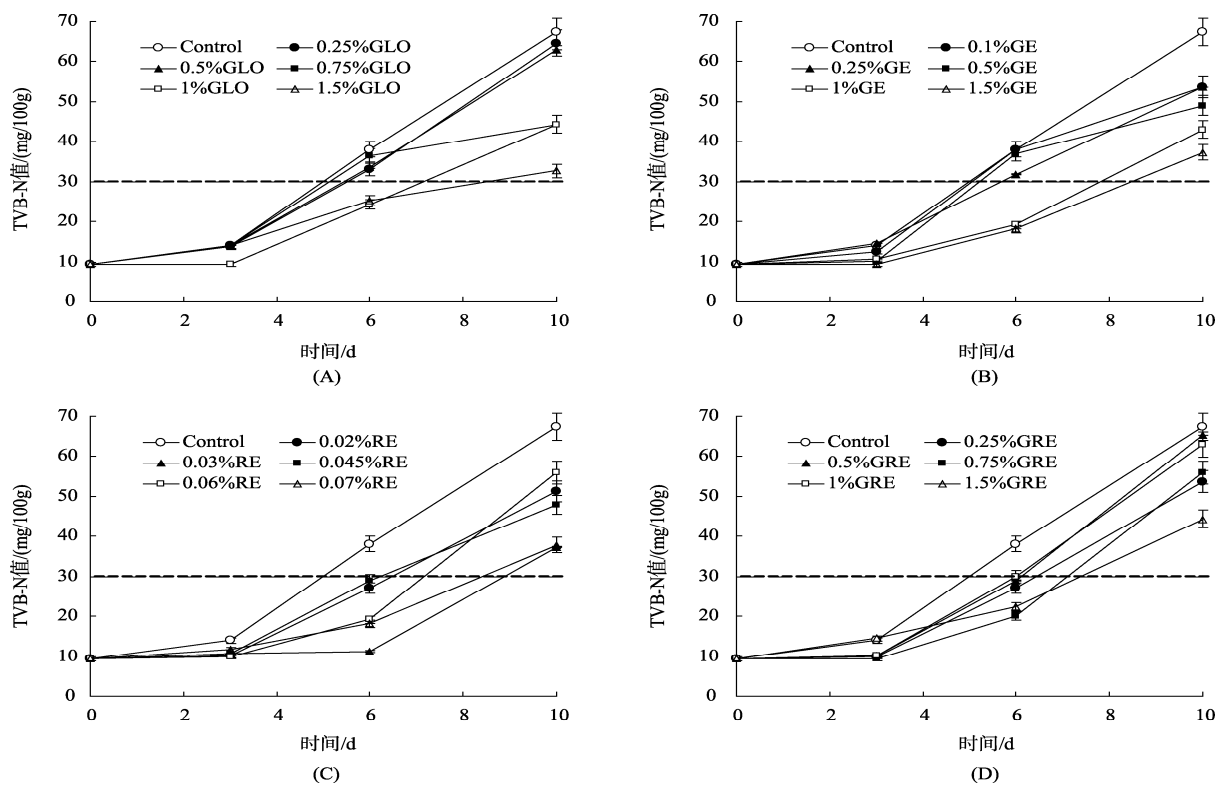
Fig. 1 Effects of different concentrations of 4 kinds of extracts on the total number of colonies in mackerel ($n=3$)



A: GLO 溶液; B: GE 溶液; C: RE 溶液; D: GRE 溶液

图 2 不同浓度的 4 种植物提取物对马鲛鱼块 pH 的影响结果(n=3)

Fig.2 Effects of different concentrations of 4 kinds of extracts on pH in mackerel (n=3)



A: GLO 溶液; B: GE 溶液; C: RE 溶液; D: GRE 溶液

图 3 不同浓度的 4 种植物提取物对马鲛鱼块 TVB-N 的影响结果(n=3)

Fig.3 Effects of different concentrations of 4 kinds of extracts on TVB-N in mackerel (n=3)

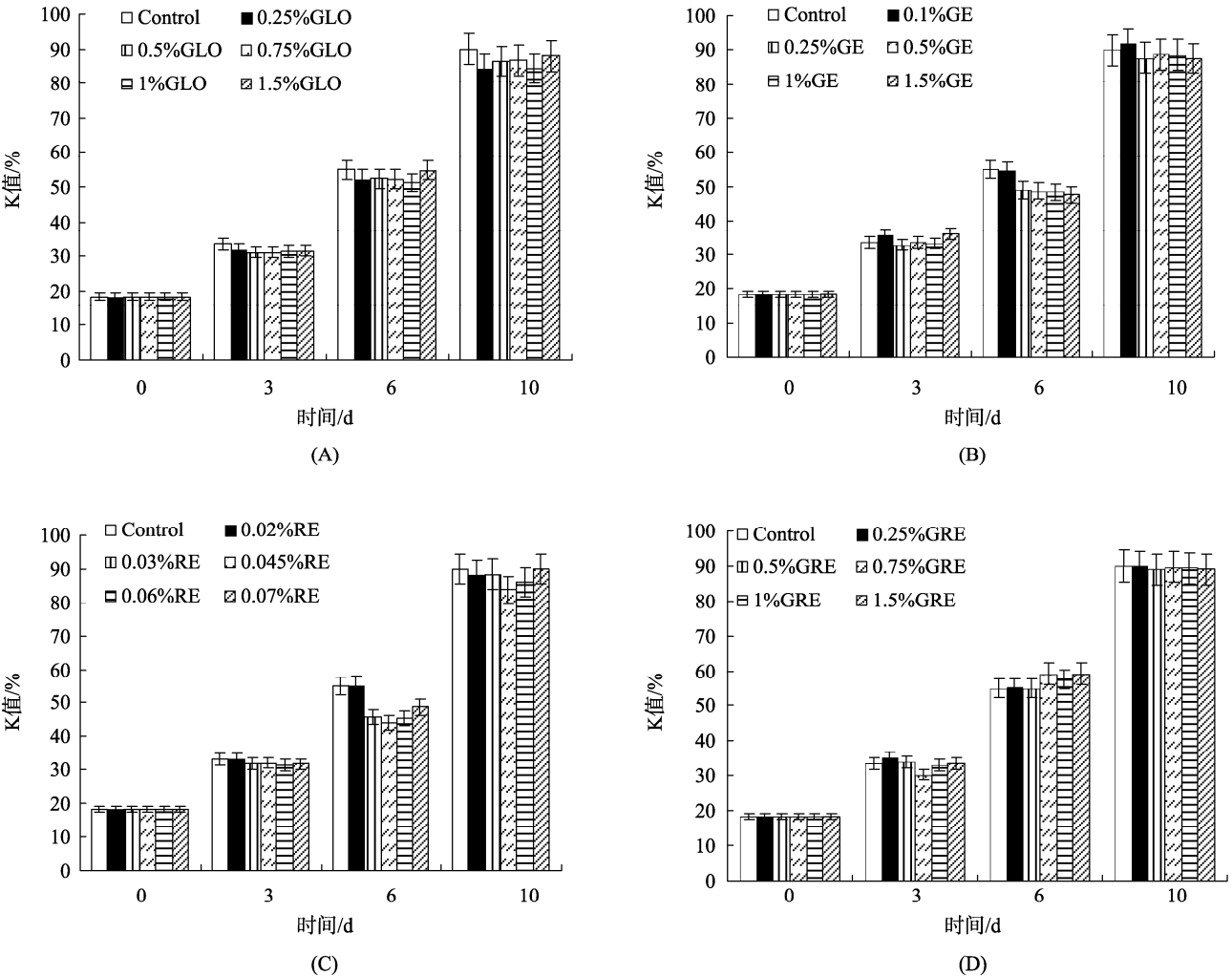
的活性和抑制了微生物生长^[6]。1%和 1.5%处理组在第 6 d 时 TVB-N 值分别为 24.27、25.20 mg/100 g, 均未达到货架期终点。GE、RE 和 GRE 处理组变化趋势大体与 GLO 组一致。综合分析, 对照组货架期为 5 d, GLO、GE、RE 和 GRE 的货架期均可延长 1~3 d。1%和 1.5%GLO、GE, 0.03%和 0.06%RE、0.75%和 1.5%GRE 保鲜效果最佳。

3.4 不同浓度保鲜液对马鲛鱼块 K 值的影响

图 4(A)~(D)为经不同浓度的 4 种提取物处理的马鲛鱼块 K 值的变化情况。K 值是评价水产品早期新鲜度的有效指标, 可表示鱼体从僵硬到自溶过程中 ATP 降解程度。其值越小, 表明鱼体新鲜度越好; 反之, 水产品腐败愈严重。根据相关文献报道^[24], K 值小于 20%为一级鲜度, 表明鱼体新鲜度高; K 值在 20%~40%为二级鲜度, 表明鱼体新鲜度适中; K 值大于 60%属于腐败初期阶段, 表明鱼体呈腐

败状态。贮藏过程中, 对照组 K 值的增长速率高于处理组, 说明保鲜剂可延缓水产品的腐败变质。

新鲜马鲛鱼初期 K 值为 18.43%, 属于一级鲜度, 满足马鲛鱼新鲜度要求。对照组和处理组在 3 d 时 K 值均小于 40%, 但对照组的 K 值更接近界限值; 6 d 时对照组的 K 值较接近 60%, 位于初期腐败临界点, 对照组在贮藏时间 6 d 后, 其 K 值增长速率明显升高, 表明 4 种植物提取物保鲜剂能减缓对鱼体内 ATP 降解, 阻碍次黄嘌呤(Hx)的产生, 延缓了水产品的腐败, 从而延长货架期^[4]。0.02%RE 和对照组的 K 值在 3 d 时分别为 33.10%和 33.32%, 原因是由于此浓度过低, 不但不能达到抑菌效果, 反而提供微生物生长条件, 导致其生长速度加快, 致使鱼体腐败加速。考虑到 RE 溶液为棕黄色液体, 高浓度 RE 会对马鲛鱼块的感官品质有很大影响, 且处理后的鱼肉有轻微的涩味。因此在选择复配保鲜液的浓度时, 一般不考虑此浓度。



A: GLO 溶液; B: GE 溶液; C: RE 溶液; D: GRE 溶液
图 4 不同浓度的 4 种提取物对马鲛鱼块 K 值的影响结果(n=3)
Fig. 4 Effects of different concentrations of 4 kinds of extracts on the K value in mackerel (n=3)

表 3 不同浓度保鲜液的生物胺相关指标结果($n=3$)
Table 3 Results of the indicators of biogenic amines in different concentrations of preservative solutions ($n=3$)

组别	TBA/(mg/kg)				BAI/(mg/kg)				QI/(mg/kg)			
	0 d	3 d	6 d	10 d	0 d	3 d	6 d	10 d	0 d	3 d	6 d	10 d
对照组	94.61±2.04	153.43±0.62	673.13±5.12	3796.03±0.95	40.47±2.02	74.86±5.46	558.99±3.00	3590.74±2.04	1.15±0.53	2.13±0.50	11.22±1.62	125.78±1.28
0.25%GLO	94.61±2.04	75.50±0.14	396.96±0.47	1390.61±0.91	40.47±2.02	49.51±0.06	278.48±0.56	1189.89±2.62	1.15±0.53	4.36±0.04	16.46±0.38	44.57±1.30
0.5%GLO	94.61±2.04	84.89±0.97	339.25±13.75	1279.18±5.25	40.47±2.02	51.17±0.47	275.74±14.71	1033.39±5.27	1.15±0.53	2.53±0.16	9.74±2.67	23.19±3.24
GLO 0.75%	94.61±2.04	75.50±0.14	258.48±0.12	1209.31±0.40	40.47±2.02	49.51±0.06	183.36±0.84	980.95±0.62	1.15±0.53	4.36±0.04	7.47±0.36	46.39±0.53
GLO 1%	94.61±2.04	87.31±0.52	440.00±0.03	837.99±0.46	40.47±2.02	58.38±0.19	367.20±0.43	705.55±0.69	1.15±0.53	2.78±0.15	8.05±0.10	28.93±0.47
GLO 1.5%	94.61±2.04	180.08±1.26	323.43±0.69	674.15±0.29	40.47±2.02	114.54±0.15	249.58±0.23	586.97±0.40	1.15±0.53	3.62±0.10	6.99±0.10	15.12±0.21
GE 0.1%	94.61±2.04	102.48±3.08	542.54±1.29	1835.29±4.25	40.47±2.02	69.83±6.45	451.04±0.25	1445.68±4.91	1.15±0.53	3.67±0.43	10.10±0.16	35.04±2.31
GE 0.25%	94.61±2.04	84.26±4.59	352.09±0.97	1066.15±0.09	40.47±2.02	28.69±8.73	267.72±0.40	871.62±0.34	1.15±0.53	1.00±0.74	6.57±0.22	41.96±0.17
GE 0.5%	94.61±2.04	70.73±7.42	450.51±0.56	1279.19±0.29	40.47±2.02	33.51±23.87	352.38±0.34	1033.39±0.40	1.15±0.53	1.46±0.25	8.82±0.15	23.19±0.21
GE 1%	94.61±2.04	72.76±5.54	452.72±2.43	1713.08±7.82	40.47±2.02	29.06±4.04	351.58±1.34	1395.75±2.24	1.15±0.53	1.15±0.4	8.00±0.67	34.84±0.66
GE 1.5%	94.61±2.04	89.60±7.42	733.48±0.56	674.15±0.29	40.47±2.02	28.57±23.87	654.53±0.34	586.97±0.40	1.15±0.53	0.76±0.25	13.61±0.15	15.12±0.21
RE 0.02%	94.61±2.04	76.74±6.13	419.61±2.09	1545.84±1.32	40.47±2.02	38.31±28.90	340.63±0.98	1145.33±20	1.15±0.53	1.41±0.92	15.97±0.73	46.34±1.01
RE 0.03%	94.61±2.04	74.71±1.06	425.53±1.95	1298.4±3.90	40.47±2.02	47.36±16.43	312.24±3.86	1031.73±1.72	1.15±0.53	2.56±0.90	17.52±1.38	45.08±0.92
RE 0.045%	94.61±2.04	64.94±5.04	334.24±0.69	1430.06±0.04	40.47±2.02	44.65±8.30	272.75±12.33	855.30±0.55	1.15±0.53	3.22±0.03	9.70±2.21	36.26±0.36
RE 0.06%	94.61±2.04	67.66±4.61	295.19±8.55	1846.50±4.41	40.47±2.02	45.55±8.14	205.61±24.59	1451.12±1.33	1.15±0.53	3.14±0.16	4.98±8.37	58.23±1.00
RE 0.07%	94.61±2.04	117.31±0.82	324.47±14.06	1448.41±0.47	40.47±2.02	65.36±3.57	258.6±20.19	1223.19±2.56	1.15±0.53	2.85±0.66	6.82±10.77	36.76±1.41
GRE 0.25%	94.61±2.04	65.04±5.81	312.50±0.26	773.99±4.50	40.47±2.02	39.83±14.66	250.79±0.98	654.62±5.07	1.15±0.53	2.12±0.46	10.40±0.68	25.38±2.47
GRE 0.5%	94.61±2.04	281.87±2.96	772.69±0.40	2123.26±5.05	40.47±2.02	31.19±2.20	694.50±0.47	1956.70±3.64	1.15±0.53	0.36±0.76	9.66±0.27	42.59±1.49
GRE 0.75%	94.61±2.04	193.21±2.36	1486.27±1.69	2697.95±8.07	40.47±2.02	52.95±0.30	1390.21±1.14	1924.14±2.54	1.15±0.53	0.75±0.05	28.11±0.88	62.57±2.09
GRE 1%	94.61±2.04	249.53±2.17	439.21±1.17	2040.35±0.10	40.47±2.02	41.43±0.62	386.33±0.32	1807.46±0.21	1.15±0.53	0.59±0.19	11.40±0.19	46.30±0.10
GRE 1.5%	94.61±2.04	159.95±1.54	594.34±1.13	1610.47±4.44	40.47±2.02	49.48±0.18	467.43±0.57	1278.95±1.99	1.15±0.53	0.68±0.10	9.10±0.37	39.80±0.79

3.5 不同浓度保鲜液对马鲛鱼块生物胺相关指标的影响

生物胺是由游离的氨基酸在微生物氨基酸脱羧酶作用下发生脱羧反应而产生^[33]。表3为经不同浓度保鲜液处理马鲛鱼块的生物胺相关指标结果,初期时新鲜马鲛鱼的TBA为94.61 mg/kg,BAI值为40.47 mg/kg,QI值为1.15 mg/kg。TBA值越低,表明马鲛鱼新鲜度越好。研究表明^[34],BAI可作为评判鱼体新鲜度指标之一。实验结果表明,处理组的BAI与TBA的比值大于0.70约占60%,但约30%尸胺、2-苯乙胺、精胺和亚精胺的含量无法用BAI值准确表示,因此需结合QI值综合分析,其中QI值可接受界限为10,超过此界限,说明鱼体不新鲜^[27]。但考虑到2-苯乙胺及尸胺无法由BAI和QI两者表示,因此为了全面准确分析食品腐败程度,因此以TBA、BAI和QI值为综合指标来评价水产品货架期,并以TBA值和组胺含量分别为1000、50 mg/kg^[35]为界限值,对照组在第6 d组胺含量为48.18 mg/kg,所有处理组中组胺含量5.09~27.84 mg/kg范围内,均未超标。

由表3可知,对照组和处理组的生物胺相关指标差异显著($P<0.05$),且对照组比所有处理组TBA和BAI增长速率快,说明保鲜剂可抑制马鲛鱼中生物胺的生成。处理组初期的TBA高于马鲛鱼块在3 d时总生物胺含量,这是因为2-苯乙胺和亚精胺初期时含量分别为26.41、18.82 mg/kg,含量较高。两者在贮藏过程中含量降低,是由于存在氧化降解该生物胺的酶或酶体系^[36],以及保鲜剂对不同种类的产胺菌作用效果不同。对照组的QI在6 d时为11.22,超出界限值,说明对照组的货架期为6 d。0.25%GLO的QI为16.46,大于对照组的QI,因为在此条件下,组胺含量由13.70 mg/kg升高至353.61 mg/kg,是由于保鲜剂的浓度过低导致不能有效地抑制产组胺菌生长繁殖。综合分析,保鲜液可抑制生物胺的产生,货架期均可延长1~2 d,0.5%、1.0%和1.5%GLO,0.5%和1.5%GE,0.03%、0.045%和0.07%RE以及1.5%GRE对生物胺的抑制效果较好。

4 结 论

本文主要研究了不同浓度的龙须菜寡糖、大蒜提取物、迷迭香提取物和生姜提取物在4℃条件下对马鲛鱼块保鲜效果的单因素试验。研究结果发现,马鲛鱼块的菌落总数、pH值、TVB-N值、K值和生物胺指标间存在一定关系,而4种天然植物提取物的添加可有效延缓鱼肉中微生物的生长,并抑制各指标值的上升,从而达到防腐保鲜的目的。经GLO、GE、RE和GRE处理的鱼肉其货架期约可延长1~2 d,初步明确了GLO、GE、RE和GRE处理马鲛鱼块的合适浓度依次为0.5%~1.0%、1.0%~1.5%、0.03%~0.06%、1.0%~1.5%,处理后鱼肉货架期约可延长

1~2 d。单一提取物防腐剂抗菌性各有侧重点,因此需和其他食品添加剂进行复配,以达到更好的抑菌防腐效应。本研究为水产品的安全控制提供一定的理论参考,具有一定的潜在的应用前景。

参考文献

- [1] Fatima R, Khan MA, Qadri RB. Shelf life of shrimp (*Penaeus merguensis*) stored in ice (0 degrees C) and partially frozen (-3 degrees C) [J]. J Sci Food Agric, 2010, 42(3): 235-247.
- [2] 陈舜胜, 彭云生, 严伯奋. 溶菌酶复合保鲜剂对水产品的保鲜作用[J]. 水产学报, 2001, 25(3): 254-259.
Chen SS, Peng YS, Yan BF. The effect of lysozyme complex freshness keeping preparation on keeping aquatic products fresh [J]. J Fish Chin, 2001, 25(3): 254-259.
- [3] Venugopal V. Seafood processing: adding value through quick freezing, retortable packaging and cook-chilling [J]. CRC Press, 2005.
- [4] Shokri S, Ehsani A, Jasour MS. Efficacy of lactoperoxidase system-whey protein coating on shelf-life extension of rainbow trout fillets during cold storage (4℃) [J]. Food Bioprocess Technol, 2015, 8(1): 54-62.
- [5] 李婷婷. 大黄鱼生物保鲜技术及新鲜度指示蛋白研究[D]. 杭州: 浙江工商大学, 2013.
Li TT. Study on bio-preservation techniques and protein indicator of freshness in large yellow croaker (*pseudosciaena cracea*) during refrigerated storage [D]. Hangzhou: Zhejiang Gongshang University, 2013.
- [6] 高海东. 龙须菜寡糖及其复配剂保鲜处理对虾和豆芽的研究[D]. 厦门: 集美大学, 2016.
Gao HD. Gracilaria lemaneiformis oligosaccharides and its compound preservative treatment of prawn and bean sprouts [D]. Xiamen: Jimei University, 2016.
- [7] 高超. 龙须菜降解产物的活性研究及降解菌 *Flammeovirga pacifica* 中硫酸酯酶基因的克隆表达[D]. 厦门: 国家海洋局第三海洋研究所, 2013.
Gao C. Activity research gracilaria lemaneiformis-degradation products and cloning expression of sulfatase gene in degrading bacteria in *Flammeovirga pacifica* [D]. Xiamen: Third Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, 2013.
- [8] 苏凤贤, 张宝善. 大蒜素杀菌作用及其在食品中应用[J]. 粮食与油脂, 2006(4): 43-45.
Su FX, Zhang BS. The sterilization of allicin and its application in foods [J]. J Cere Oils, 2006(4): 43-45.
- [9] 马慕英. 大蒜抗真菌作用的研究[J]. 食品科学, 1993, 14(1): 7-11.
Ma MY. Study on the anti fungal effect of garlic [J]. Food Sci, 1993, 14(1): 7-11.
- [10] Breyer KE, Getchell RG, Cornwell ER, et al. Efficacy of an extract from garlic, *allium sativum*, against infection with the furunculosis bacterium, *aeromonas salmonicida*, in rainbow trout, *oncorhynchus mykiss* [J]. J World Aquacult Soc, 2015, 46(3): 273-282.
- [11] Lara MS, Gutierrez JI, Timón M, et al. Evaluation of two natural extracts (*rosmarinus officinalis* L. and *melissa officinalis* L.) as antioxidants in cooked pork patties packed in MAP [J]. Meat Sci, 2011, 88(3): 481.
- [12] 王正荣, 马汉军. 迷迭香与壳聚糖涂膜对猪肉饼的复合保鲜效果[J].

- 肉类研究, 2016, 30(7):21-25.
- Wang ZR, Ma HJ. Preservation effect of chitosan coating incorporated with rosemary on pork patties [J]. Meat Res, 2016, 30(7): 21-25.
- [13] 石晶, 王金美. 天然抗氧化剂迷迭香在动物性食品中的应用[J]. 肉类研究, 2009, 33(2): 80-83.
- Shi J, Wang JM. The application of the natural antioxidant rosemary in animal-derived food [J]. Meat Res, 2009, 33(2): 80-83.
- [14] 严赞开. 生姜提取物的抑菌试验[J]. 中国食品添加剂, 2005(1):74-76.
- Yan ZK. Antimicrobial tests of zingiber officinale essential oil extracts [J]. China Food Addit, 2005(1): 74-76.
- [15] 陈洪生, 刁静静, 杨健. 大蒜提取物对冷却肉抑菌保鲜作用的研究进展[J]. 肉类研究, 2009(4):39-42.
- Cheng HS, Xi JJ, Yang J. Application of extraction of garlic in chilled meat as a preservative [J]. Meat Res, 2009(4):39-42.
- [16] GB 2760-2014 食品安全国家标准 食品添加剂使用标准[S].
- GB 2760-2014 National standards for food safety Standards for the use of food additives [S].
- [17] 常亮. 基于龙须菜寡糖的鱼类保鲜剂研发[D]. 厦门:集美大学, 2016.
- Chang L. Research and development of preservative based on gracilaria lemaneiformis oligosaccharides on fish [D]. Xiamen: Jimei University, 2016.
- [18] 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 standards for food safety Microbiological examination of foods Determination of colony count [S].
- [19] 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 standards for food safety of foods Determination of pH [S].
- [20] 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 standards for food safety Determination of volatile base nitrogen in foods [S].
- [21] 万建荣. 水产食品化学分析手册[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1993.
- Wan JR. Handbook of chemical analysis of aquatic foods [M]. Shanghai: Shanghai Scientific & Technical Publishers, 1993.
- [22] Mardiana S, Bahrudin S, Noorhasani H, *et al.* Determination of biogenic amines in selected malaysian food [J]. Food Chem, 2009, 113(4): 1356-1362.
- [23] 胡家伟, 高榕, 曹敏杰, 等. 水产食品中组胺的丹磺酰氯柱前衍生反相高效液相色谱测定方法的建立及应用[J]. 食品科学, 2014, 35(8):283-288.
- Hu JW, Gao R, Cao MJ, *et al.* Establishment and application of dansyl chloride precolumn derivatization RP-HPLC for determination of histamine in aquatic products [J]. Food Sci, 2014, 35(8): 283-288.
- [24] GB/T 20768-2006 鱼和虾中有毒生物胺的测定 液相色谱-紫外检测法[S].
- GB/T 20768-2006 Method for the determination of biogenic amines in fish and shrimp LC-UV detection method [S].
- [25] 田鑫, 刘红, 李传勇, 等. 反相高效液相色谱法同时检测海产品中 8 种生物胺[J]. 食品安全质量学报, 2017, 4(8):1171-1178.
- Tian X, Liu H, Li ZY, *et al.* Simultaneous determination of eight biogenic amines in seafood by reversed-phase high performance liquid chromatography [J]. J Food Saf Qual, 2017, 4(8):1171-1178.
- [26] Zare D, Ghazali HM. Assessing the quality of sardine based on biogenic amines using a fuzzy logic model [J]. Food Chem, 2017, 221: 936-943.
- [27] 夏秀东, 单成俊, 李莹, 等. 白鱼腐败菌产生生物胺能力分析[J]. 食品科学, 2016, 37(23):196-204.
- Xia XD, Shan CJ, Li Y, *et al.* Biogenic amines-producing capacity of spoilage microorganisms isolated from whitefish [J]. Food Sci, 2016, 37(23): 196-204.
- [28] Manju S, Jose L, Tks G, *et al.* Effects of sodium acetate dip treatment and vacuum-packaging on chemical, microbiological, textural and sensory changes of pearlspot (*etroplus suratensis*) during chill storage [J]. Food Chem, 2007, 102(1): 27-35.
- [29] Cai L, Cao A, Li Y, *et al.* The effects of essential oil treatment on the biogenic amines inhibition and quality preservation of red drum (*sciaenops ocellatus*) fillets [J]. Food Control, 2015, 56(8): 1-8.
- [30] Özyurt G, Kuley E, Balıkcı E, *et al.* Effect of the icing with rosemary extract on the oxidative stability and biogenic amine formation in sardine (*sardinella aurita*) during chilled storage [J]. Food Bioprocess Technol, 2012, 5(7): 2777-2786.
- [31] 高雪, 张冰, 汤轶伟, 等. 纳米卟啉在鱼新鲜度检测方面的应用[J]. 食品安全质量检测学报, 2017, 8(3): 819-825.
- Gao X, Zhang B, Tang YW, *et al.* Application of nano porphyrins in detection of fish freshness [J]. J Food Saf Qual, 2017, 8(3): 819-825.
- [32] Ten BB, Damink C, Joosten HM, *et al.* Occurrence and formation of biologically active amines in foods [J]. Int J Food Microbiol, 1990, 11(1): 73-84.
- [33] Aflaki F, Ghoulipour V, Saemian N, *et al.* Chemometrics approaches to monitoring of biogenic amines changes in three fish species [J]. J Aquat Food Technol, 2016, 43(1): 43-53.
- [34] 武运, 马长伟, 罗红霞, 等. 天然防腐剂对真空包装鲜羊肉冷藏条件下保鲜作用的研究[J]. 食品与发酵工业, 2001, 27(5):1-3.
- Wu Y, Ma CW, Luo HX, *et al.* Studies of the effect of natural preservatives on the preservation of vacuum-packed fresh mutton during cold storage [J]. Food Ferment Ind, 2001, 27(5): 1-3.
- [35] 王光强, 俞剑荣, 胡健, 等. 食品中生物胺的研究进展[J]. 食品科学, 2016, 37(1):269-278.
- Wang GQ, Yu JS, Hu J, *et al.* Progress in research on biogenic amines in foods [J]. Food Sci, 2016, 37(1):269-278.
- [36] 郭慧. 不同贮藏温度条件下海洋鱼类生物胺变化规律研究及特征生物胺分析[D]. 杭州: 浙江大学, 2015.
- Guo H. Biogenic amines profile and characteristic amines analysis at different storage temperature in marine fishes [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2015.

(责任编辑: 武英华)

作者简介



闵娟, 硕士研究生, 主要研究方向为食品安全质量检测。
E-mail: 371728038@qq.com



刘光明, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为水产品加工与安全。
E-mail: gmlu@jmu.edu.cn