

不同植物源提取液对冰藏鲳鱼品质变化的影响

车旭, 蓝蔚青*, 王婷, 雷晗, 杜若源, 侯旻, 谢晶*

上海海洋大学食品学院 上海水产品加工及贮藏工程技术研究中心, 上海 201306

摘要: 本文研究了银杏叶提取液(*Ginkgo biloba* leaves extract, GBLE)与蓝莓提取液(Blueberry extract, BBE)对冰藏鲳鱼品质变化的影响。将新鲜鲳鱼 30 min 内运至实验室, 洗净后随机分组, 分别置于两种植物源提取液中浸渍处理 5 min 取出, 沥干后放入 PE 保鲜袋中, 以蒸馏水处理的样品作为对照组(CK)。贮藏期间, 每隔 3 d 测定各组样品的感官分值, 微生物与理化(K 值、TVB-N、TBA 值与 pH 值)指标变化, 并结合低场核磁共振技术综合评价其对鲳鱼品质变化的影响。结果得出: GBLE 和 BBE 处理组均能较好保持样品的感官品质, 抑制其 TVB-N 值、K 值与菌落总数的升高, 延缓鱼肉的氧化速度, 使鲳鱼样品的冰藏货架期分别延至 12~15 d 与 9~12 d。

关键词: 银杏叶提取液; 蓝莓提取液; 鲳鱼; 植物源提取液; 品质变化

中图分类号: S983

文献标识码: A

DOI: 10.16333/j.1001-6880.2017.4.023

Effect of Different Plant-Source Extracts on the Quality of Pomfret (*Pampus argenteus*) During Ice Storage

CHE Xu, LAN Wei-qing*, WANG Ting, LEI Han, DU Ruo-yuan, HOU Min, XIE Jing*

College of Food Science & Technology Shanghai Ocean University, Shanghai Engineering Research Center of Aquatic Product Processing and Preservation, Shanghai 201306, China

Abstract: The effect of *Ginkgo biloba* leaves extract (GBLE) and blueberry extract (BBE) on the quality of pomfret (*Pampus argenteus*) during ice storage were investigated in this study. Fresh pomfret were transported to the laboratory in 30 min, samples were washed and then divided into 3 groups randomly, which were dipped into GBLE and BBE for 5 min respectively, the samples treated with distilled water was used as the control group. All samples were packed in PE bag and stored with ice in refrigerator at 4 ± 1 °C. Different parameters, such as sensory evaluation, aerobic plate count (APC), physic-chemical index [K value, total volatile basis nitrogen (TVB-N), thiobarbituric acid (TBA), pH value] and Low-Field Nuclear Magnetic Resonance (LF-NMR) were used to evaluate the quality of *P. argenteus* with 3 days interval. The results of quality indexes showed that samples with GBLE and BBE treatment can keep the better sensory scores, lipid oxidation, protein degradation and the growth of microorganism in samples with treatment can be inhibited significantly, the shelf-life of pomfret samples treated with GBLE and BBE can be extended to 12-15 d and 9-12 d.

Key words: *Ginkgo biloba* leaves extract; blueberry extract; pomfret; plant-source extracts; quality change

鲳鱼 (*Pampus argenteus*) 又名镜鱼、鲔鱼、平鱼, 属鲳科近海中下层海产鱼类, 主要分布在我国东海和南海, 是我国沿海的重要经济鱼类之一^[1,2]。鲳鱼因其肉质鲜美且营养价值高的特点, 长期以来深受消费者喜爱, 然而由于地理环境、捕获季节与气候条件等多种因素的制约, 其在贮藏、运输及销售过程中极易腐败变质, 导致其品质下降, 因此极有必要采

取适当的处理方式减缓其劣变, 从而延长其贮藏货架期^[3]。

近年来, 随着消费者环保意识的提高及对食品的高品质要求, 生物保鲜剂因其安全无毒、应用范围广等特点, 而愈益受到研究学者的普遍关注。植物源生物保鲜剂主要从植物中天然提取, 具有来源广, 成本低, 应用前景良好等优点, 现已逐渐应用于水产品的保鲜加工中^[3]。银杏 (*Ginkgo biloba*) 又名公孙树, 白果, 为银杏科银杏属裸子植物。其叶片提取物中富含银杏内酯、黄酮醇苷和银杏酸等药用成分, 能有效清除自由基, 预防脂类过氧化, 因而受到人们青睐^[4]。蓝莓 (Blueberry) 为杜鹃花科越桔属植物, 是

收稿日期: 2016-08-30 接受日期: 2016-10-08

基金项目: 农业部海水鱼产业体系保鲜与贮运岗位科学家资助项目; 上海市科技兴农重点攻关项目 (2015-4-12); 上海市科委工程中心能力提升项目 (16DZ2280300)

* 通讯作者 E-mail: wqlan@shou.edu.cn; jxie@shou.edu.cn

国际粮农组织认定的人类五大健康水果之一,被誉为“浆果之王”^[5]。其果实含有丰富的花青素、黄酮与酚类物质,具有提高机体免疫力、抑制脑神经老化与保护视力等多种活性功能,能起到抗炎、抗心血管疾病、抗糖尿病、抗癌作用^[6]。相关研究发现,银杏叶和蓝莓提取物中的黄酮类化合物分子中含有多电子的羟基,使其具有良好的抗氧化性能,是天然的抗氧化剂。其中,冯金霞等^[7]研究发现经银杏叶提取液能在一定程度上保持红富士苹果良好的感官品质,抑制其褐变。张琮等^[8]研究得出蓝莓可食性膜对冰藏三文鱼的保鲜效果明显优于对照组,可延长6 d的冷藏货架期。本文以新鲜鲱鱼为主要原料,分别使用银杏叶提取液和蓝莓提取液处理鲱鱼,通过感官分析、菌落总数、理化(K值、TVB-N值、TBA值、pH值)等鲜度指标,并结合低场核磁共振技术综合评价其对鲱鱼品质变化的影响,以期对植物源保鲜剂在水产品上的应用提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 实验原料

鲱鱼(*Pampus argenteus*)于2015年9月购自上海浦东新区芦潮港海鲜批发市场。选取色泽光亮,肉质较硬,质量在250~500 g的新鲜鲱鱼,购买后立即置于碎冰中,30 min内运至实验室进行实验。

1.2 主要药品试剂

平板计数琼脂(PCA)北京陆桥技术责任有限公司,磷酸氢二钾、磷酸二氢钾、甲醇(色谱级)上海安谱科学仪器有限公司;标准品(三磷酸腺苷、二磷酸腺苷、肌苷酸、次黄嘌呤、次黄嘌呤核苷)Sigma公司;乙醇、70%甲醇、三氯乙酸(TCA)、2-巯代巴比妥酸、轻质氧化镁、硼酸、95%乙醇溶液、氯化钠、氢氧化钾等国药集团化学试剂有限公司,均为国产分析纯。

1.3 主要仪器设备

LC-2010C HT型高效液相色谱仪、UV-VIS型检测器(日本岛津公司);inertsil ODP-SP(4.6 mm × 250 mm, 5 μm)色谱柱(日本GL Sciences公司);UV-3000 PC型紫外可见分光光度计(上海美谱达仪器有限公司);雷磁 PHS-3C pH计(上海精密科学仪器有限公司);SB-25-12DT型超声波清洗器(宁波新芝生物科技股份有限公司);HC-500T2型高速多功能粉碎机(永康市天祺盛世工贸有限公司);DHG-

9053A型电热鼓风干燥箱(上海一恒科学仪器有限公司);LHS-100CL型恒温恒湿箱(上海一恒科学仪器有限公司);AUW320型分析天平(日本岛津公司);Kjeltec8400型凯氏定氮仪(丹麦FOSS中国上海有限公司);H-2050R型台式高速低温离心机(湖南湘仪实验室仪器开发有限公司)等。

1.4 原料处理

参考杜若源等^[9]进行银杏叶提取液的制备。银杏叶用蒸馏水洗净后置于65℃烘箱中烘干,用粉碎机粉碎得干燥粉末。以60%乙醇按固液比1:50(m:V)在60℃下超声(400 W)提取30 min,真空抽滤后滤液即为银杏叶提取液样品,经稀释获得浓度为2.5 mg/mL, pH为4.86的银杏叶提取液。参考谢庆超等^[10]进行蓝莓提取液的制备。称取5 g蓝莓果解冻后进行匀浆,经超声波提取后(以65%乙醇作为提取剂,温度为30℃,超声时间为25 min)进行离心,过滤,旋转蒸发后浓缩至5 mL,即得蓝莓提取液样品,经稀释获得浓度为2.5 mg/mL, pH为2.87的蓝莓提取液。

将新鲜鲱鱼用蒸馏水冲洗干净,随机分成3组,每组12条鱼,分别置于2.5 mg/mL的银杏叶提取液(*Ginkgo biloba* leaves extract, GBLE)与蓝莓提取液(Blueberry extract, BBE)中浸渍5 min取出,沥干后装入PE保鲜袋中,以蒸馏水处理的样品作为对照组(CK)。将各组样品以层冰层鱼的方式置于泡沫箱,并在4±1℃条件下贮藏,2 d换冰一次。期间,每隔3 d测定各组样品的感官分值、微生物(菌落总数)、理化(K值、TVB-N、TBA值与pH值)指标变化,并结合低场核磁共振技术表征植物源提取液对冰藏鲱鱼品质变化的影响。

1.5 实验方法

1.5.1 感官评定

依据鲜、冻鲱鱼的标准^[11],并结合黎柳等^[2]鲱鱼感官评定表,由5名经过专业训练人员组成感官评定小组,分别从体表色泽、气味、鱼眼、鱼鳃与组织弹性等方面进行综合评分。7~10分为新鲜,4~7分为一般新鲜,4分以下为不新鲜,具体如表1所示。

1.5.2 菌落总数(aerobic plate count, APC)

根据国家标准GB 4789.2-2010的食品微生物学检验菌落总数法^[12]进行测定。选3个合适的稀释度,每个稀释度3组平行。

表1 鲷鱼感官评定表
Table 1 Sensory evaluation of pomfret

描述 Description	分数 Scores				
	10	8	6	4	2
色泽 Color	体表颜色正常,肌肉切面富有光泽 Very bright, shiny, uniform	体表颜色正常,肌肉切面有光泽 Bright, shiny moderately, uniform	体表颜色较暗淡,肌肉切面少有光泽 Little dark, shiny slightly, uniform slightly	体表颜色暗淡,肌肉切面无光泽 Dark dimly and dull	体表颜色暗淡,肌肉切面无光泽 Dark color with dull muscle
气味 Flavor	固有香味浓郁 Fresh flavor	固有香味 Fresh seaweed flavor	固有香味清淡,略带异味 Moderate seaweed flavor	固有香味消失,有腥臭味或氨臭味 Odor disappeared and slightly flavor	有强烈腥臭或氨味 Strong spoiled flavor
鱼眼 Fish eyes	眼球饱满,亮黑色 Plump eyeball brightly	眼球饱满,角膜透亮,黑色 Black plump eyeball and bright corneal	眼球平坦,角膜较透亮灰黑色 Moderately dark corneal	眼球平坦或凹陷,角膜稍浑浊 Flat or concave eye with slightly cloudy cornea	眼球凹陷,角膜混浊,泛白 Eyeball depression and corneal opacity
鱼鳃 Fish gill	腮丝清晰,鲜红或略带暗红色 Clear gill with red or reddish	腮丝较清晰,鲜红色,粘液透明 Moderately clear gill with cardinal red	腮丝不明显,色泽呈现为暗红色 Gill unclearly with dark red	粘液略浑浊,色泽为灰白色 Gill mucus slightly turbid with gray	粘液浑浊,纹理不清晰,色泽为灰白色 Gill mucus turbid with gray
弹性 Elasticity	坚实富有弹性,手指压后凹陷立即消失 Solid and elastic	坚实富有弹性,手指压后凹陷较快消失 Moderate Solid and elastic	较有弹性,手指压后凹陷消失较慢 Relatively elastic	少有弹性,手指压后凹陷消失很慢 Slightly elastic	无弹性,手指压后凹陷不消失 Inelastic

1.5.3 K值

参考施建兵法^[1],略作改动。取5 g鱼样放入离心管,加入10% PCA 10 mL,匀浆后8000 rpm冷冻离心15 min,取上清液。沉淀用5% PCA 10 mL洗涤,8000 rpm冷冻离心10 min后取上清液,重复操作一次,合并上清液,加入15 mL超纯水,用KOH溶液调pH值至6.5,静置30 min后取上清液于50 mL容量瓶中超纯水定容,摇匀,过0.22 μm膜后液相测定。HPLC检验条件:pH值6.5的0.05 mol/L磷酸缓冲溶液平衡洗脱;进样量10 μL,流速1 mL/min,柱温28 ℃,检测波长254 nm,采用外标法进行定量。计算方法如公式1所示。

$$K(\%) =$$

$$\frac{HxR + Hx}{ATP + ADP + AMP + IMP + HxR + Hx} \times 100 \quad (1)$$

1.5.4 挥发性盐基氮(Total volatile basis nitrogen, TVB-N)

根据半微量定氮法原理,利用全自动凯氏定氮仪进行样品TVB-N值的测定。

1.5.5 硫代巴比妥酸(Thiobarbituric acid, TBA)

参考Salin等^[13]方法。取5 g剁碎鱼肉,加入

20% TCA 25 mL与蒸馏水20 mL,匀浆60 s后静置1 h,过滤后取上清液并定容至50 mL。取5 mL定容后的溶液与5 mL硫代巴比妥酸混匀,沸水反应20 min,取出冷却至室温,测定其在532 nm处的吸光度值。以蒸馏水代替样品作空白值。结果以100 g样品中所含的丙二醛毫克数表示。

1.5.6 pH值

将样品鲷鱼肉剁碎后,取5 g置于烧杯中,加入45 mL蒸馏水,搅拌均匀,静置30 min后用精密数显酸度计测定其pH值。

1.5.7 低场核磁共振分析

NMR横向弛豫时间 T_2 用CPMG序列(carr-purcell-meiboom-gill sequence)测量。质子共振频率为21 MHz,测量温度为32 ℃^[14]。参考廖媛媛等^[15]进行鲷鱼样品的核磁共振分析。所使用的参数为:采样频率SW为100 KHz,模拟增益RG1为20, P_1 为18.00 us,数字增益DRG1为6,TD为400004,PRG为1,重复采样间隔时间TW为2000 ms,累加次数NS为4, P_2 为34.00 us,回波时间TE为0.500,回波个数NECH为8000。得到的图为指数衰减图形,将约10 g样品放入60 mm磁体线圈管中,为防止水分

蒸发,用无核磁弛豫信号的保鲜膜封口,再放入直径 60 mm 的核磁管中,用分析仪进行分析。每个测试至少 3 个重复。

1.6 数据处理

每组样品平行测定 3 次,用 SPSS 软件进行数据处理。采用 Origin(Pro) 8.5 绘制曲线,结果以平均值 \pm 标准偏差表示。

2 结果与分析

2.1 感官分析

经银杏叶提取液与蓝莓提取液处理后,鲷鱼样品的感官品质变化结果如图 1 所示。

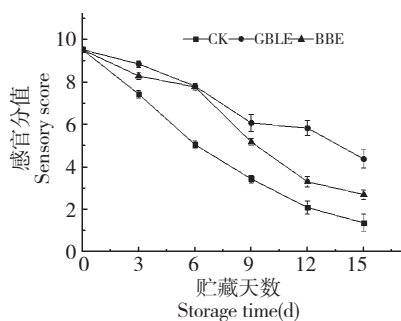


图 1 不同植物源提取液对冰藏鲷鱼感官分值变化的影响
Fig. 1 Changes of sensory scores in pomfret with different plant-source extracts during ice storage

由图 1 可知,随着贮藏时间的延长,各组样品的感官分值随之降低。其中对照组样品的降幅明显高于植物源提取液处理组。样品在第 9 d 后的感官分值已低于 4 分,表现为不可接受,此时鲷鱼体表暗淡无光泽,肉质松散,眼球凹陷且泛白,手指按压后凹陷不消失。而 BBE 处理组和 GBLE 处理组样品仍保持较好的感官品质,在 12 d 和 15 d 时鱼鳃仍呈淡红色,黏液与眼角膜较透亮,稍有异味。由此表明,植物源提取液中的活性成分具有良好的抗氧化与抗菌活性,能起到天然保护屏障作用,从而有效减少微生物的滋生,延缓冰藏鲷鱼感官品质劣变。

2.2 菌落总数

国际微生物食品委员会(The International Commission on Microbiological Specifications for Foods, IC-MSF)^[16]规定,食用海水鱼中微生物含量应低于 7.00 lg(CFU/g)。鲷鱼菌落总数变化趋势如图 2 所示。

由图 2 可知,贮藏初期,对照组与处理组样品的菌落总数差异并不明显($P > 0.05$),而从第 6 d 起,

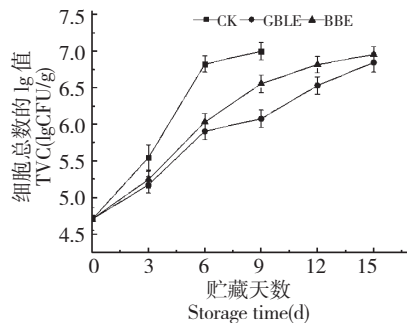


图 2 不同植物源提取液对冰藏鲷鱼菌落总数变化的影响
Fig. 2 Changes of aerobic plate count in pomfret with different plant-source extracts during ice storage

处理组样品的菌落总数显著低于对照组($P < 0.05$),可能原因是贮藏后期随着微生物数量的增长,两种植物源提取液的抑菌作用开始突显^[2]。对照组样品在第 9 d 时达 7.00 ± 0.12 lg(CFU/g),超出了限量指标,而提取液处理组样品的菌落总数仍保持在限量以下,其中以 GBLE 组样品上升最缓慢。盛建国等^[17]研究得出银杏叶提取液对食品常见污染菌抑制效果显著。张琮等^[8]用蓝莓可食性膜对三文鱼冰藏品质研究时发现包膜组能明显延缓微生物生长,延长了至少 6 d 的贮藏货架期。可能由于银杏叶和蓝莓中的黄酮与多酚类等活性物质作用于鱼体表面,能有效抑制微生物生长繁殖,抗氧化活性物质形成保护膜,防止了微生物进一步侵染,并对水产品原料的自溶产生抑制,使样品中蛋白质分解后胺类物质的生成量减少。

2.3 K 值

K 值是以肌肉中 ATP 及其降解产物量为基础,通过测定终产物(次黄嘌呤和肌苷)含量占 ATP 关联产物的比例得到评价鲜度的指标之一。主要反映水产品初期的 ATP 降解程度,K 值越小,鱼体 ATP

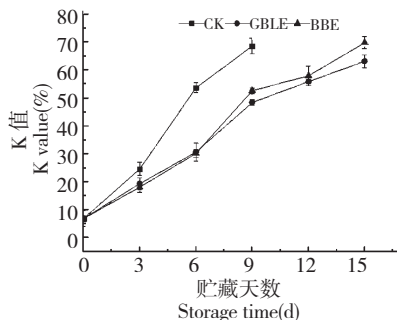


图 3 不同植物源提取液对冰藏鲷鱼 K 值变化的影响
Fig. 3 Changes of K value in pomfret with different plant-source extracts during ice storage

降解程度越低,说明其鲜度越好。一般来说,K 值 $\leq 20\%$ 为一级鲜度标准,20%~40%为二级鲜度标准,K 值 $< 60\%$ 为可供食用范围,K 值 $> 60\%$ 说明水产品已腐败变质^[18]。

如图3所示,随着贮藏时间的延长,各不同处理组K值均呈上升趋势,对照组显著高于GBLE和BBE组($P < 0.05$)。贮藏前3d,处理组和对照组鱼肉的K值差别不明显,鲳鱼基本在一级鲜度。到第9d对照组达 $68.65 \pm 2.84\%$,样品出现腐败气味,而处理组样品的K值均在55%以下,其中GBLE组样品的K值最低,为 $48.45 \pm 1.12\%$,在贮藏末期达60%以上。可能由于鱼体内的ATP降解酶等酶类对K值的影响作用较大,银杏叶提取液中的黄酮类物质可与作为ATP酶辅基的金属离子形成络合物,从而有效延缓ATP降解酶等酶的活性,继而延长其僵硬期。

2.4 TVB-N 值

挥发性盐基总氮(TVB-N)是动物性食品在贮藏运输过程中因肉中的细菌及内源酶的共同作用,蛋白质分解产生的氨与胺类等碱性含氮物质。根据SC/T 3103-2010鲜冻鲳鱼标准,TVB-N值 ≤ 18 mg/100 g为一级品, 18 mg/100 g $<$ TVB-N值 ≤ 30 mg/100 g为合格品^[11]。

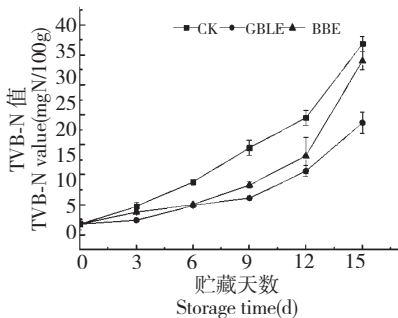


图4 不同植物源提取液对冰藏鲳鱼TVB-N值变化的影响
Fig. 4 Changes of TVB-N value in pomfret with different plant-source extracts during ice storage

如图4所示,各组的TVB-N值均呈上升趋势,对照组在第9d为 19.55 ± 1.27 mg/100 g,超过一级标准。处理组在前9d的TVB-N值上升缓慢均为一级品范围,在9d后明显上升,BBE组到贮藏末期(15d)才超出限量指标,说明银杏叶提取液和蓝莓提取液可有效保持鲳鱼新鲜度。贮藏前期主要是由鱼肉僵直收缩释放的蛋白酶使蛋白质分解为胺类物质,因此上升缓慢。随着贮藏时间的延长,鱼肉处于

自溶阶段,微生物繁殖继而产生胞外蛋白酶,使氨基酸发生脱氨脱羧反应生成大量胺类物质,导致上升趋势明显^[1]。由于银杏叶与蓝莓中的黄酮及多酚类物质的抑菌活性,减缓了非蛋白化合物氧化脱氨基速度^[19]。这与菌落总数及K值变化结果相一致。李颖畅等^[19]用蓝莓多酚对鲑鱼进行保鲜处理时发现经处理后的样品,其K值上升缓缓,延长了其贮藏货架期。

2.5 TBA 值

硫代巴比妥酸值是反映样品脂肪氧化程度的良好指标。酶水解和自动氧化是引起脂肪氧化的主要原因,其主要发生在自溶阶段。

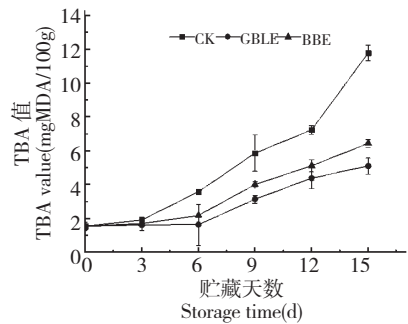


图5 不同植物源提取液对冰藏鲳鱼TBA值变化的影响
Fig. 5 Changes of TBA value in pomfret with different plant-source extracts during ice storage

如图5所示,各处理组的TBA值大体上均保持上升趋势,对照组的上升趋势明显大于处理组,在贮藏前9d各处理组上升缓慢,其中GBLE组样品的TBA值增长速率最缓,与对照组相比在贮藏9d后能显著降低鲳鱼TBA的生成量($P < 0.05$)。TBA值的最初变化范围为1.29~1.80 mg/100 g。经9d贮藏后,GBLE和BBE处理组鲳鱼样品的TBA值达 3.15 ± 0.23 mg/100 g与 4.02 ± 0.16 mg/100 g,而对照组为 5.88 ± 1.08 mg/100 g。其中,GBLE处理组的TBA值保持较低水平,表明GBLE和BBE能明显延缓脂肪的氧化速率。可能由于银杏叶与蓝莓提取液中富含黄酮与多酚等抗氧化活性物质,能与氧化的脂肪酸优先结合,清除自由基而减弱脂肪酸氧化的连锁反应。TBA值与菌落总数变化趋势一致,说明GBLE能抑制微生物活动,减缓由微生物分解而产生的水解酶,进一步抑制脂肪氧化。黎柳等^[2]使用含植酸及茶多酚的生物保鲜剂冰处理鲳鱼后,各处理组的TBA值变化与本文结果类似。

2.6 pH 值

pH值是衡量水产品品质优劣的指标之一。水

产品在贮藏期间,其 pH 值呈现先降后升的变化趋势,其原因主要在于样品捕捞上岸后,初期经历了初期生理生化变化、死后僵硬,继而解僵、自溶与腐败阶段。贮藏前期的水产品由于鱼体僵直过程中糖原的酵解和 ATP 分解产生乳酸、丙酮酸、磷酸等酸性物质,而导致其 pH 值下降。后期随着鱼体内蛋白酶分解释放出的氨及胺类物质, pH 值逐渐上升。pH 值越高,说明样品的腐败程度相对越严重,鲜度和品质也随之降低。

由图 6 可知,贮藏初期,对照组与处理组样品的 pH 值差异不显著($P > 0.05$),对照组样品的 pH 值在贮藏前期呈缓慢下降趋势。其中,贮藏第 3 d 样品的酵解过程基本完成,其 pH 值相对最低。随着样品自溶阶段的进入,样品的 pH 值逐渐上升, pH 值越大表明样品腐败程度相对越高。对照组样品在第 9 d 时 pH 值超过 7.5,此时鱼体已腐败,而处理组样品的 pH 值在第 6 d 时才逐渐升高,且增长趋势缓慢于对照组,在第 12 d 时刚超过 7.5,可能由于银杏叶提取液银杏叶提取液和蓝莓提取液中的多酚类物质含有酚羟基,可游离出 H^+ ,其对微生物与酶的作用效果显著,减缓了鱼肉中蛋白质分解为氨和三甲胺等挥发性盐基物质的速度,从而抑制 pH 值升高。结果说明银杏叶提取液能有效延缓 pH 的上升速率,对减缓鲳鱼的自溶作用有一定效果。这与前

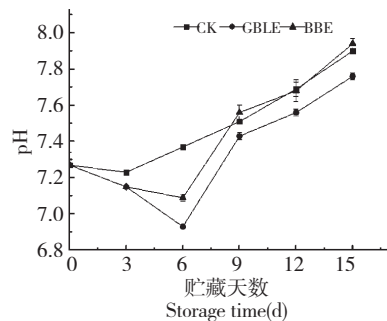


图 6 不同植物源提取液对冰藏鲳鱼 pH 值变化的影响
Fig. 6 Changes of pH value in pomfret with different plant-source extracts during ice storage

期进行 TVB-N 值的测定结果基本一致。

2.7 低场核磁共振分析

低场核磁共振技术中多以氢核(1H)为研究对象, 1H 核以非辐射方式从高能态转变为低能态的过程称为弛豫,在肉和肉制品中弛豫时间的测量多用 H 质子的横向弛豫时间 T_2 来表示。 T_2 分布可表明肉中存在多个水分群,弛豫时间越短 T_2 表明水与底物结合越紧密, T_2 时间越长表明水分越自由。因此弛豫时间 T_2 可以间接表明水分的自由度。其中, T_{2b} (< 1 ms) 代表大分子结构中存在的水, T_{21} ($1 \sim 10$ ms) 代表与大分子结合的水, T_{22} ($30 \sim 100$ ms) 代表不可移动水, T_{23} (> 100 ms) 代表自由水^[14]。

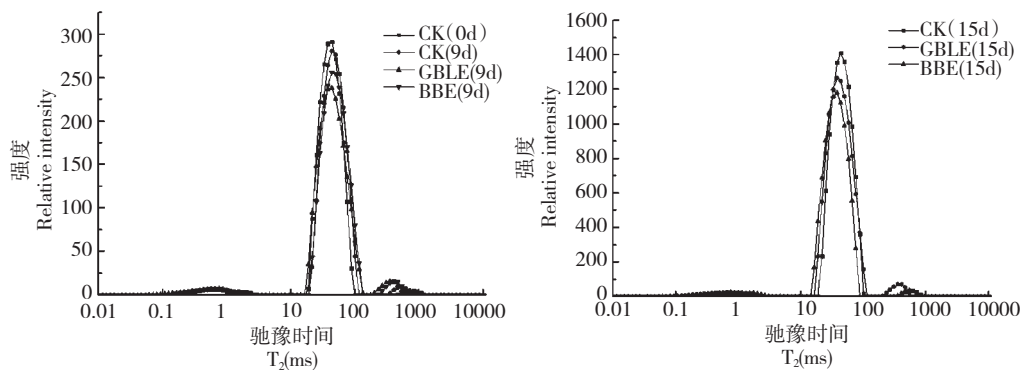


图 7 不同植物源提取液对冰藏鲳鱼弛豫时间 T_2 变化的影响

Fig. 7 Changes of T_2 in pomfret with different plant-source extracts during ice storage

图 7 主要反映不同植物源提取液冰藏鲳鱼贮藏过程中的水分迁移变化,由图可知, T_{2b} 与 T_{21} 不受机械压力及微观结构的变化而变化,因此贮藏期间样品的结合水均无明显变化;与对照组相比,处理组的 T_{22} 明显降低, T_{23} 显著上升,表明蛋白质周围疏水与亲水间的结合键容易受到破坏,被蛋白质束缚的水分子就会变成游离水流出,不可移动水逐渐转化

为自由水。同时还说明了银杏叶提取液和蓝莓提取液能保持较自由的水分,持水力较好,能有效减少水分损失。这与 Shao JH 等^[20]研究肉糜中 T_{22} 减少 T_{23} 增加,即不可移动水转化为自由水的结论相符。

3 结论

经银杏叶提取液和蓝莓提取液处理的鲳鱼样

品,在冰藏过程中其感官分值上升减缓,其细菌总数、K 值、TVB-N 值与 TBA 值均显著低于对照组。结合低场核磁共振评价鲳鱼品质得出,银杏叶提取液和蓝莓提取液能有效抑制细菌繁殖与脂肪氧化,延缓样品的腐败变质,提高保水性能,显著提升水产品的贮藏品质,延长其冰藏货架期。综合各评价指标,对照组货架期为 9 d。而 GBLE 和 BBE 处理组样品的贮藏期分别为 12~15 d 和 9~12 d。银杏叶提取液和蓝莓提取液中的黄酮与多酚类物质能有效抑制微生物的生长与酶的活性。同时,由感官分析可知,采用两种植物提取液处理过的样品体表与其原有体色相差不大,故可弥补茶多酚等植物源保鲜剂处理样品对样品体表色泽带来的不利影响,因此将银杏叶提取液和蓝莓提取液用于水产品的保鲜加工具有广阔的发展前景。

参考文献

- Shi JB(施建兵), Xie J(谢晶), Gao ZL(高志立), *et al.* Effects of ozone water dipping and super-chilling on improving preservation quality of pomfret fillet. *Trans Chin Soc Agric Eng*(农业工程学报), 2013, 29: 274-279.
- Li L(黎柳), Xie J(谢晶), Su H(苏辉), *et al.* Fresh keeping effects of the icing with tea polyphenols and phytic acid on pomfret. *Sci Tech Food Ind*(食品工业科技), 2014, 36: 338-343.
- Wang T(王婷), Che X(车旭), Lan WQ(蓝蔚青), *et al.* Effect of *Ginkgo biloba* leaves extract on the quality of pomfret (*Pampus argenteus*) during ice storage. *Sci Tech Food Ind*(食品工业科技), 2016, 37: 323-333.
- Cai WR(蔡为荣). Study on the extraction of bioflavonoids from lotus leaf and its hydroxyl radicals scavenging capacity. *Food Sci*(食品科学), 2004, 25: 112-115.
- Lv LZ(吕留庄), Wang WH(汪雯翰), Xu JF(许剑锋). Effect of Chinese wild blueberry anthocyanins on A549 cell viability and cell cycle changes. *Nat Prod Res Dev*(天然产物研究与开发), 2016, 28: 928-933.
- Lacombe A, Vivian CW, White J, *et al.* The antimicrobial properties of the lowbush blueberry (*Vaccinium angustifolium*) fractional components against foodborne pathogens and the conservation of probiotic *Lactobacillus rhamnosus*. *Food Microbiol*, 2012, 30: 124-131.
- Feng JX(冯金霞), He L(何玲), Pu XM(蒲雪梅). Fresh-keeping effect of suppression treatment of *Ginkgo biloba* leaves extracts on red Fuji apples. *Acta Agric Boreali-occidentalis Sinica*(西北农业学报), 2013, 22(6): 92-97.
- Zhang C(张琮), Sun XH(孙晓红), Wu QH(吴启华), *et al.* Optimization for mechanical properties of blueberry edible

film and its effect on quality of *Atlantic salmon* in ice storage. *J Shandong Agric Univ, Nat Sci*(山东农业大学学报, 自科版), 2016, Accepted.

- Du RY(杜若源), Xie J(谢晶), Wang T(王婷), *et al.* Optimization extracting technology of total flavonoids from *Ginkgo biloba* leaves by ultrasonic-assisted method. *Food Mach*(食品与机械), 2015, 31: 167-170.
- Xie QC(谢庆超), Sun XH(孙晓红), Shen X(沈潇), *et al.* Bacteriostasis effects of blueberries extracts on vibrio parahaemolyticus. *Nat Prod Res Dev*(天然产物研究与开发), 2012, 24: 1094-1097.
- East China Sea Fisheries Research Institute(东海水产研究所). SC/T 3103-2010 Fresh and Frozen Pomfret(鲜、冻鲳鱼). Beijing: China Agriculture Press, 2011. 02.
- Ministry of Health of the PRC(中华人民共和国卫生部). GB 4789. 2-2010. Food Microbiological Examination: Aerobic Plate Count(食品微生物学检验:菌落总数测定). Beijing: Standards Press of China, 2010. 06.
- Salih AM, Smith DM, Price JF, *et al.* Modified extraction 2-thiobarbituric acid method for measuring lipid oxidation in poultry. *Poult Sci*, 1987, 66: 439-443.
- Jiang XW(姜晓文), Han JZ(韩剑众). Study on water-holding capacity in fresh meat by LF-NMR. *Sci Tech Food Ind*(食品工业科技), 2009, 30: 128-130.
- Liao YY(廖媛媛), Ou CL(欧昌龙), Tang HQ(汤海青), *et al.* Effects of three freezing methods on the quality changes of *Pseudosciaena croce*. *Mod Food Sci & Tech*(现代食品科技), 2014, 30: 218-223.
- International Commission on Microbiological Specifications for Foods(ICMSF). Microorganisms in Foods 6: Microbial Ecology of Food Commodities. 2nd edition. US: Springer, 2005.
- Sheng JG(盛建国), Huang DY(黄东余). Study on the extraction technology and antimicrobial activity of *Ginkgo biloba* leaves. *Sci Tech Food Ind*(食品工业科技), 2005, 26(1): 65-67.
- Yokoyama Y, Sakaguchi M, Kawai F, *et al.* Changes in concentration of ATP-related compounds in various tissues of oyster during ice storage. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 1992, 58: 2125-2136.
- Li YC(李颖畅), Liu MS(刘明爽), Li L(李乐), *et al.* Effect of polyphenols from blueberry leaves on weever quality during cold storage. *J Chin Inst Food Sci Tech*(中国食品学报), 2015, 15: 120-125.
- Jun HS, Ya MD, Na J, *et al.* Low-field NMR determination of water distribution in meat batters with NaCl and polyphosphate addition. *Food Chem*, 2016, 200: 308-314.