

3 种保鲜剂及其复配对虹鳟鱼片冷藏品质的影响

Effects of three kinds of preservatives and their complexation on the refrigerated quality of rainbow trout

沈秋霞¹ 李明元² 朱克永¹ 钱 杨¹

SHEN Qiu-xia¹ LI Ming-yuan² ZHU Ke-yong¹ QIAN Yang¹

许童桐¹ 吴李川¹ 袁 洋¹

XU Tong-tong¹ WU Li-chuan¹ YUAN Yang¹

(1. 四川工商职业技术学院, 四川 都江堰 611830; 2. 西华大学, 四川 成都 610039)

(1. Sichuan Technology and Business College, Dujiangyan, Sichuan 611830, China;

2. Xihua University, Chengdu, Sichuan 610039, China)

摘要:以贮藏期间虹鳟鱼片的感官评分、挥发性盐基氮(total volatile basic nitrogen, TVB-N)值及菌落总数为评价指标,探究茶多酚、壳聚糖及柠檬汁处理对 4 ℃ 冷藏虹鳟鱼片品质的影响,并通过响应面试验对 3 种保鲜剂进行配比优化。结果表明,与对照组比较,3 种保鲜剂均能抑制虹鳟鱼片品质的劣变,其保鲜效果依次为:壳聚糖>茶多酚>柠檬汁;3 种保鲜剂的最佳配比浓度为:壳聚糖 1.75%,茶多酚 0.25%,柠檬汁 4.98%。经复配保鲜剂处理的虹鳟鱼片与对照组相比,可有效延缓贮藏期间其感官变质,鱼肉蛋白质等含氮物质的分解,同时对微生物生长具有一定的抑制作用。

关键词:茶多酚;壳聚糖;柠檬汁;虹鳟;保鲜

Abstract: To research the effects of tea polyphenol, chitosan and lemon juice on the quality of refrigerated rainbow trout fillets stored at 4 ℃, the fresh-keeping effects were listed as follows: sensory, total volatile basic nitrogen (TVB-N) value and total viable counts. The ratio of the three preservatives was optimized by single factor and response surface methodology. The results showed that the three preservatives inhibited the sensory evaluation, TVB-N value and total viable counts of the fillets compared with the control group during storage. The fresh-keeping effects were as follows: chitosan>tea polyphenol>lemon juice. There was a significant interaction between chitosan and lemon juice, as well as tea polyphenol and lemon juice. However, the interaction between chitosan and tea polyphenol was not significant. The optimum ratio of the three preservatives consisted of: 1.75% chi-

tosan, 0.25% tea polyphenol, and 4.98% lemon juice. Compared with the control group, the compound preservative could effectively delay the sensory deterioration and the decomposition of nitrogenous substances such as fish protein. Meanwhile, the compound preservative could inhibit the growth of microorganisms during storage.

Keywords: tea polyphenol; chitosan; lemon juice; rainbow trout

虹鳟又名彩虹鳟、三文鳟,属太平洋鲑属,是一种生长在 16~18 ℃ 水域中的冷水优质食用鱼类^[1]。但由于虹鳟鱼肉自身营养物质及水分含量高等特性,在贮藏及销售过程中极易发生微生物污染、脂肪氧化和蛋白质分解等腐败变质现象。

目前,已有学者将生物保鲜剂复配用于水产品保鲜研究,王玉婷等^[4]采用茶多酚、壳聚糖、柠檬酸作为保鲜剂对大黄鱼进行保鲜研究,将优化的保鲜剂溶液浸泡处理大黄鱼,与对照组比较货架期延长 7 d;Qiu 等^[5]利用壳聚糖结合甘油提取物对鲱鱼进行涂膜保鲜,与对照组比较,处理组鱼片的 TBA 值更低,同时鱼片失水率也随之降低;李双双等^[6]将茶多酚、壳聚糖、Nisin 作为复合保鲜剂对金枪鱼进行保鲜研究,结果表明复合保鲜剂能够有效延缓鱼肉的氧化降解速度,同时还能较好地保持鱼肉原有的色泽和质构特性;Li 等^[7]采用 1.5% 壳聚糖与 0.2% 茶多酚对大黄鱼进行保鲜研究,发现两种保鲜剂复合能有效抑制微生物生长,将货架期延长 8~10 d;王当丰等^[8]采用茶多酚与溶菌酶对 4 ℃ 贮藏条件下的鲢鱼丸进行保鲜研究,结果表明,茶多酚与溶菌酶组成的复合保鲜剂可抑制鱼丸贮藏过程中细菌生长,延缓蛋白质降解,有效延长其货架期。

作者简介:沈秋霞(1994—),女,四川工商职业技术学院助教,硕士。E-mail:1158099236@qq.com

收稿日期:2019-08-07

目前尚未见关于壳聚糖、茶多酚及柠檬汁复合对虹鳟鱼片贮藏品质影响的研究。试验拟以贮藏期间虹鳟鱼片的感官评分、TVB-N 值、菌落总数作为评价指标,研究壳聚糖、茶多酚及柠檬汁对 4℃贮藏虹鳟鱼片的保鲜效果,并优化 3 种保鲜剂的配比,以期延缓虹鳟鱼片贮藏期间品质的劣变,延长其贮藏期。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

虹鳟:通威(成都)三文鱼有限公司;

柠檬:尤力克,四川安岳产;

平板计数琼脂培养基(PCA):成都市迪维乐普科技有限公司;

硼酸、盐酸、溴甲酚绿、甲基红、氧化镁、高氯酸、三氯乙酸、2-硫代巴比妥酸:分析纯,成都市科龙化工试剂厂;

水溶性壳聚糖:食品级,脱乙酰度 90%,河南荣申化工有限公司;

茶多酚:食品级,河南千志商贸有限公司;

电子分析天平:TB-214 型,北京赛多利斯仪器系统有限公司;

全自动定氮仪:K-1100 型,山东海能科学仪器有限公司;

电热恒温培养箱:SGSP-02 型,黄石市恒丰医疗器械有限公司;

自动台式灭菌锅:TMQR-3250 型,山东新华医疗器械公司;

真空包装机:TW-BZJ-2-4 型,海沃迪智能装备股份有限公司。

1.2 试验方法

1.2.1 原料处理 鲜活鳟鱼清洁暂养 24 h 后,于清洁无菌条件下宰杀,去皮去内脏处理后采用碎冰包装立即运送至实验室,将鱼肉清洗干净后取背脊肉并分割成质量相差不大的鱼片(每片 20~30 g),再次用清水清洗干净。

1.2.2 保鲜液制备

(1) 壳聚糖溶液:称取适量壳聚糖溶解于 1%乙酸溶液中,分别配制质量分数为 0.5%,1.0%,1.5%,2.0%,2.5% 的壳聚糖溶液。

(2) 茶多酚溶液:称取适量茶多酚溶解于蒸馏水中,分别配制质量分数为 0.10%,0.15%,0.20%,0.25%,0.30% 的茶多酚溶液。

(3) 柠檬汁溶液:将新鲜柠檬榨汁,纱布过滤果汁与果渣,用量筒量取一定体积的柠檬汁,并用蒸馏水稀释配制体积分数为 2%,4%,6%,8%,10% 柠檬汁水溶液。

1.2.3 壳聚糖溶液保鲜试验 将 1.2.1 步骤处理好的鱼片分别于蒸馏水(对照组),0.5%,1.0%,1.5%,2.0%,2.5% 水溶性壳聚糖溶液中浸泡 30 min,料液比为 1:4

(g/mL)。取出后自然晾干,用 PET/PE(聚对苯二甲酸二甲酯+聚乙烯)复合包装袋进行真空包装后于 4℃下冷藏,每隔 2 d 进行微生物、理化指标检测直至 14 d,以此评定水溶性壳聚糖溶液对鳟鱼的保鲜效果。

1.2.4 茶多酚溶液保鲜试验 将 1.2.1 步骤处理好的鱼片分别于蒸馏水(对照组),0.10%,0.15%,0.20%,0.25%,0.30% 茶多酚溶液中浸泡 30 min,料液比为 1:4 (g/mL)。后续试验操作步骤同 1.2.3。

1.2.5 柠檬汁溶液保鲜试验 将 1.2.1 步骤处理好的鱼片分别于蒸馏水(对照组),2%,4%,6%,8%,10% 柠檬汁水溶液中浸泡 30 min,料液比为 1:4 (g/mL)。后续试验操作步骤同 1.2.3。

1.2.6 3 种保鲜剂的复配 根据 Box-Behnken 的设计原理,选用水溶性壳聚糖、茶多酚、新鲜柠檬汁添加量为自变量,根据单因素试验结果确定中心响应点,设计响应面优化试验,以在 4℃条件下贮藏 10 d 的鱼肉的 TVB-N 值作为响应值,优化 3 种保鲜剂的配比。

1.3 评价指标及测定方法

1.3.1 感官评价 选择 10 名经过训练的感官评价员(5 男 5 女),对虹鳟鱼片的色泽、气味及肉质进行评价(表 1),规定 10 分为最好,6 分以上为较好,4 分以下为腐败变质,评价结果取感官评价员评分的平均值。

表 1 虹鳟鱼片的感官评分表

Table 1 Sensory evaluation standard of rainbow trout

评分	表观特征
8~10	橘红色,色泽明亮,白色条纹清晰;有明显脂肪层,具有鳟鱼特有的鲜味和香味;肌肉有弹性、肉质结实、饱满
6~8	颜色较明亮,纹理可辨;鲜味降低,鱼腥味加重;肌肉较有弹性、较结实
4~6	无光泽,纹理模糊;无鲜味,腥味浓且带不愉快气味;肌肉弹性较差、不结实,稍微发黏
2~4	呈苍白色或灰黄色,有浑浊液体流出;稍有异味,略带腐臭味;肌肉无弹性、松软、发黏

1.3.2 TVB-N 值测定 参照文献[9]。

1.3.3 菌落总数测定 按 GB 4789.2—2010《食品微生物学检验 菌落总数测定》执行。

1.4 数据处理

采用 Design-Expert 8.0.6、Excel 2006 及 Oringin 9.0 对试验数据进行分析处理。

2 结果与讨论

2.1 壳聚糖溶液保鲜试验

2.1.1 对鱼片冷藏期间感官品质的影响 从图 1 可以看出,6 组鱼片初始感官得分均为满分,随着贮藏时间的延

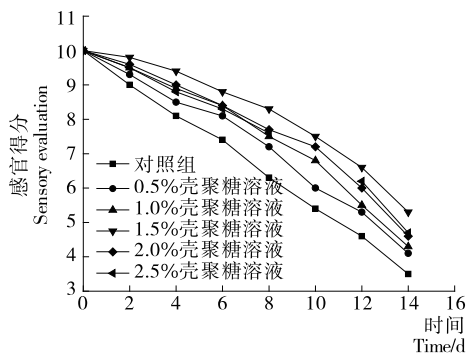


图1 壳聚糖溶液对鱼片冷藏期间感官得分的影响

Figure 1 Effects of chitosan solution on sensory evaluation of fillet during the storage

长,对照组鱼片的感官得分近乎呈直线下降,而经壳聚糖溶液处理的鱼片组得分均高于对照组,且1.5%壳聚糖溶液处理组鱼片在贮藏期的感官得分最高。贮藏至14 d时,6组鱼片的感官得分依次为3.5,4.1,4.3,5.3,4.6,4.7分,此时对照组鱼片已腐败变质,略带腐臭味。

2.1.2 对鱼片冷藏期间TVB-N值的影响 TVB-N值作为评价水产品新鲜程度的主要理化指标之一^[10],TVB-N值 ≤ 15 mg/100 g,表示新鲜;15 mg/100 g $<$ TVB-N值 ≤ 20 mg/100 g,表示鱼肉略有降解,但可食用;20 mg/100 g $<$ TVB-N值 ≤ 25 mg/100 g,达到鱼肉食用临界值;TVB-N值 > 25 mg/100 g,为腐败鱼,不可食用^[11]。从图2可知,鱼肉的TVB-N初始值为8.524 mg/100 g,随着贮藏时间的延长,6组鱼片的TVB-N值均呈现逐渐上升趋势。在贮藏初期(0~2 d),6个处理组鱼肉的TVB-N值增长较为平缓,第2天后增长速度加快。随着壳聚糖溶液浓度的增加,TVB-N值增长速度相应减缓,经1.5%,2.0%,2.5%壳聚糖溶液处理的鱼肉TVB-N值均相差不大。贮藏至第8天时,对照组,0.5%,1.0%处理组的鱼肉TVB-N值分别增加至22.432,21.596,20.321 mg/100 g,此时鱼肉新鲜度差;1.5%,2.0%,2.5%处理组的鱼肉贮藏至第

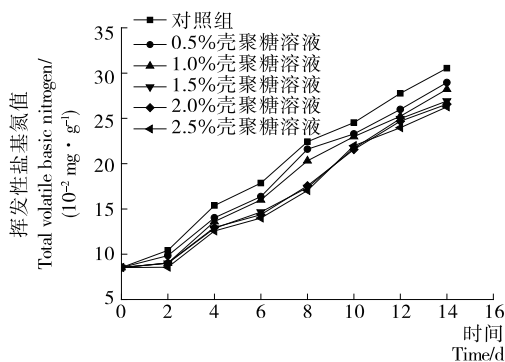


图2 壳聚糖溶液对鱼片冷藏期间TVB-N值的影响

Figure 2 Effects of chitosan solution on TVB-N value of fillet during the storage

10天时TVB-N值均已超出20 mg/100 g。因此,适宜的壳聚糖溶液浓度选用1.5%为宜。比较壳聚糖溶液对鱼片TVB-N值的影响,发现鱼片经壳聚糖溶液处理后可延缓TVB-N值的增加,与Zahra等^[12]的研究结果一致。

2.1.3 对鱼片冷藏期间菌落总数的影响 从图3可以看出,不同壳聚糖溶液处理的鱼肉在贮藏期间菌落总数呈现不断上升的趋势,其中在前6 d增长较为缓慢,第6天后开始加速增长,与感官结果一致。与对照组相比,经壳聚糖溶液处理后的菌落总数更低,且随着壳聚糖溶液浓度的增加,其菌落总数增长更慢,可能是由于壳聚糖溶液在鱼肉及微生物表面形成了一层具有抗菌性的半透膜,阻止了细胞与外界的物质交换^[13]。贮藏至第10天时对照组及0.5%,1.0%处理组鱼片的菌落总数值均超过了 5×10^5 CFU/g,根据国际微生物规格委员会(ICMSF)食品微生物限量规定^[14]:鱼类的菌落总数可接受水平限量值为 5×10^5 CFU/g,最高安全限量值为 10^7 CFU/g。1.5%,2.0%,2.5%处理组在第12天时菌落总数均已超出可接受水平限量值。综合感官评分、TVB-N值及菌落总数结果分析,选用壳聚糖溶液处理浓度为1.5%为宜。

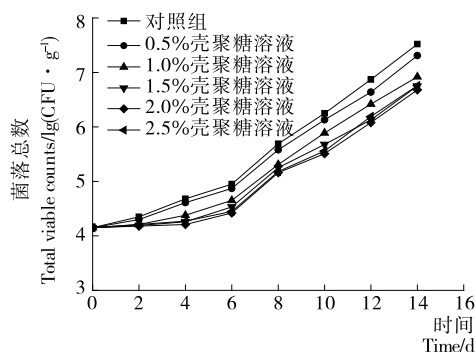


图3 壳聚糖溶液对鱼片冷藏期间菌落总数的影响

Figure 3 Effects of chitosan solution on total number colonies of fillet during the storage

2.2 茶多酚溶液保鲜试验

2.2.1 对鱼片冷藏期间感官品质的影响 从图4可以看出,与对照组比较,经茶多酚处理后的鱼片其感官得分均更高。在贮藏初期,各组鱼片色泽明亮,肉质纹理清晰,肉质饱满有弹性;贮藏至第6天时,对照组鱼片感官得分为7.4分,此时鱼片颜色变暗,并伴有鱼腥味产生,同时鱼肉弹性开始变差;而经2.0%茶多酚溶液处理的鱼片感官得分为8.7分,鱼片纹理可辨,且肉质较紧实。从图4可见,不同浓度茶多酚溶液处理的鱼片组中,0.20%茶多酚溶液处理组鱼片在贮藏期间综合感官最好。

2.2.2 对鱼片冷藏期间TVB-N值的影响 由图5可知,对照组和茶多酚溶液处理组的TVB-N值随着贮藏时间的延长均逐渐增加,其中在前6 d茶多酚处理组的TVB-N值增长较为缓慢。在贮藏期间,茶多酚处理组的TVB-N值

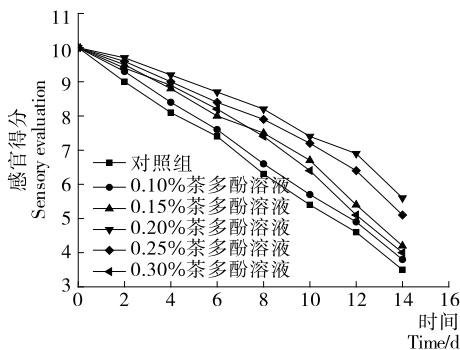


图 4 茶多酚溶液对鱼片冷藏期间感官得分的影响
Figure 4 Effects of tea polyphenol solution on sensory evaluation of fillet during the storage

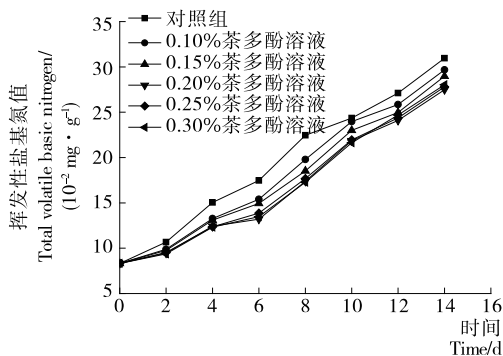


图 5 茶多酚溶液对鱼片冷藏期间 TVB-N 值的影响
Figure 5 Effects of tea polyphenol solution on TVB-N value of fillet during the storage

均小于对照组,并随着茶多酚浓度的增加,对应 TVB-N 值越小,但 0.20%,0.25%,0.30% 茶多酚溶液处理组之间 TVB-N 值变化趋于不明显。贮藏至第 14 天时对照组 TVB-N 值增加至 30.957 mg/100 g,此时鱼肉已腐败变质;而经不同浓度的茶多酚溶液处理后的鱼片此时 TVB-N 值均低于 30 mg/100 g。以上结果表明茶多酚能够有效抑制鳙鱼肉 TVB-N 值含量的增加,可能是由于茶多酚可以抑制微生物的生长繁殖,导致其对鱼肉蛋白化合物分解速度减慢,从而使得胺类化合物减少^[15]。

2.2.3 对鱼片冷藏期间菌落总数的影响 从图 6 可知,对照组和茶多酚溶液处理组鱼片的菌落总数随着贮藏时间的延长而逐渐增加,且对照组的菌落总数始终高于茶多酚溶液处理组。贮藏至第 10 天时,对照组及 0.10%,0.15%,0.20% 茶多酚溶液处理组的菌落总数分别为 6.25,6.12,5.94,5.87 lg (CFU/g),均已超出鱼类菌落总数可接受水平限量值;第 14 天时 4 组鱼片的菌落总数均已超出 10^7 CFU/g。贮藏第 12 天时,0.25%,0.30% 茶多酚溶液处理组的菌落总数分别为 6.32,6.13 lg (CFU/g),超出可接受水平限量值。此外,由图 6 还可知,随着茶多酚溶液浓度的增大,其抑菌效果越为明显,说明茶多酚能

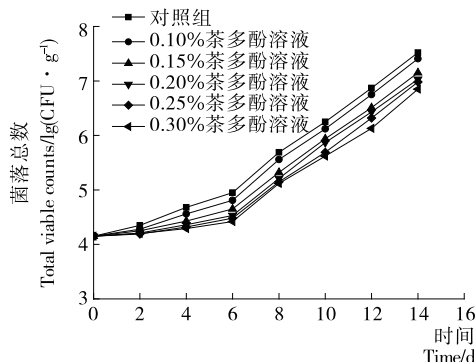


图 6 茶多酚溶液对鱼片冷藏期间菌落总数的影响
Figure 6 Effects of tea polyphenol solution on total number colonies of fillet during the storage

有效抑制鱼肉中的微生物繁殖速度,延缓鱼肉腐败变质,与吴圣彬等^[16]和鞠健等^[17]的研究结果一致。因此,综合考虑试验结果,选用茶多酚浓度为 0.20% 为宜。

2.3 柠檬汁溶液保鲜试验

2.3.1 对鱼片冷藏期间感官品质的影响 从图 7 可知,随着贮藏时间的延长,各组鱼片的感官得分均逐渐降低;且随着柠檬汁溶液浓度的增加,鱼片的感官得分呈现先增加后下降的变化趋势,当柠檬汁浓度为 4% 时,该处理组鱼片的综合感官在贮藏期与其他处理组比较是最好的。同时,从图 7 还可以看出,柠檬汁溶液处理组鱼片的感官得分均优于对照组,说明鱼片经柠檬汁溶液处理后可较好地维持其感官品质,可能是由于柠檬汁中存在的柠檬酸及抗坏血酸等物质抑制了微生物的生长,延缓了鱼肉脂肪氧化速度^[18],使得处理组鱼片具有较好的感官品质。

2.3.2 对鱼片冷藏期间 TVB-N 值的影响 由图 8 可知,鱼片随着贮藏时间的延长其 TVB-N 值逐渐增加,且对照组的 TVB-N 值始终高于柠檬汁溶液处理组。空白组贮藏至第 8 天时 TVB-N 值达到 22.457 mg/100 g,已达到鱼肉食用临界值。在贮藏期间,不同浓度柠檬汁溶液处理的鱼片组间,6%,8%,10% 柠檬汁处理组的 TVB-N 值差

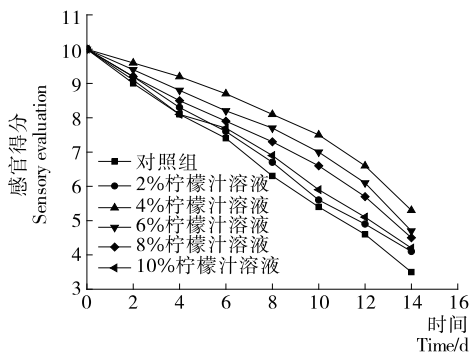


图 7 柠檬汁溶液对鱼片冷藏期间感官得分的影响
Figure 7 Effects of lemon juice on sensory evaluation of fillet during the storage

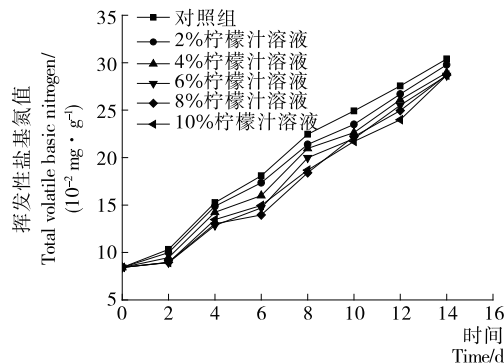


图8 柠檬汁溶液对鱼片冷藏期间 TVB-N 值的影响
Figure 8 Effects of lemon juice on TVB-N value of fillet during the storage

异不显著。贮藏结束后,对照组与柠檬汁处理组的 TVB-N 值分别为 30.399,29.792,28.963,28.635,28.712,28.684 mg/100 g。以上结果表明柠檬汁可在一定程度上延缓鱼肉中 TVB-N 值的增加,可能是柠檬汁抑制了微生物的增长和某些蛋白酶活性,使得蛋白与非蛋白化合物分解速度减慢。

2.3.3 对鱼片冷藏期间菌落总数的影响 由图 9 可知,随着贮藏时间的延长,对照组与柠檬汁处理组鱼片的菌落总数均呈现逐渐上升的趋势,且对照组菌落总数值始终低于柠檬汁处理组;随着柠檬汁浓度的增加,其抑菌效果越好。贮藏至第 14 天时,对照组与 2%柠檬汁处理组的样品菌落总数分别为 7.52,7.03 lg (CFU/g),已超出 10^7 CFU/g;此时 4%,6%,8%,10%处理组的菌落总数值均已超出 5×10^5 CFU/g 可接受限量水平。综上说明柠檬汁可在一定程度上抑制鲢鱼片冷藏期间微生物的增长,可能是因为柠檬汁中的柠檬酸提供了一个低酸性环境,减缓了微生物的生长速度。综合实际情况考虑,柠檬汁浓度选用 4%为宜。

2.4 3 种保鲜剂的复配

2.4.1 响应面试验设计及结果 在单因素试验的基础上,以 1.5%水溶性壳聚糖、0.20%茶多酚、4%柠檬汁为中

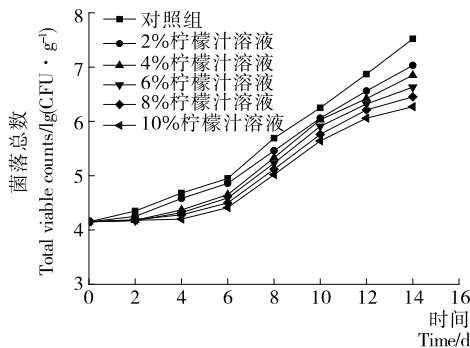


图9 柠檬汁溶液对鱼片冷藏期间菌落总数的影响
Figure 9 Effects of lemon juice on total number colonies of fillet during the storage

心点,设计试验因素水平见表 2,试验设计及结果见表 3。

对表 3 的试验数据进行多元回归分析,建立 TVB-N 值数学模型方程式为:

$$Y=19.12-0.051A-0.034B-0.028C+0.007\ 5AB-0.040AC-0.025BC+0.069A^2+0.049B^2+0.047C^2。$$
(1)

从表 4 可以看出,该二次多元回归模型 $P<0.01$,差异极显著;失拟项 $P>0.05$,差异不显著,说明该回归模型的拟合程度较好。模型的 R^2 为 0.979 2,矫正后 R^2 为 0.952 5,说明模型能较好地解释响应值变化,可以用于鲢鱼贮藏期间 TVB-N 值的预测。一次项 A、B、C 的 P 值均小于 0.01,即证明 3 种保鲜剂的添加对鲢鱼贮藏期间 TVB-N 值的影响极显著;交互项 AB、AC、BC 的 P 值分别为 0.382 3,0.001 8,0.018 9,表明壳聚糖与柠檬汁对响应值的交互影响极显著,茶多酚与柠檬汁对响应值的交互影响显著,壳聚糖与茶多酚对响应值的交互影响不显著;同时二次项 A^2 、 B^2 、 C^2 对响应值的影响均极其显著。

表 2 响应面试验因素水平设计表

Table 2 Response surface experimental factors and level design table				%
编码	A 水溶性壳聚糖	B 茶多酚	C 柠檬汁	
-1	1.0	0.15	2	
0	1.5	0.20	4	
1	2.0	0.25	6	

表 3 响应面试验设计与结果

Table 3 Response surface experimental design and results				
试验号	A	B	C	TVB-N 值/ (10^{-2} mg · g $^{-1}$)
1	-1	-1	0	19.34
2	1	-1	0	19.21
3	-1	1	0	19.26
4	1	1	0	19.16
5	-1	0	-1	19.26
6	1	0	-1	19.25
7	-1	0	1	19.31
8	1	0	1	19.14
9	0	-1	-1	19.27
10	0	1	-1	19.25
11	0	-1	1	19.24
12	0	1	1	19.12
13	0	0	0	19.13
14	0	0	0	19.13
15	0	0	0	19.12
16	0	0	0	19.13
17	0	0	0	19.11

2.4.2 响应面分析与优化 从图 10(a)~(c)中可以看出,壳聚糖与茶多酚的等高线图为圆形,反之柠檬汁与壳聚糖、茶多酚的等高线图均为椭圆形,说明壳聚糖、茶多酚分别与柠檬汁之间交互作用显著,而壳聚糖与茶多酚交互作用不显著,此结果与回归方程的偏回归系数显著性检验结果一致。从图 10(d)~(f)可以看出,当处于编码范围(-1,0)时,两种保鲜剂之间存在显著的协同效用,此时 TVB-N 值随着两者添加量的增加而减少;当两

者均处于 0 水平时,达到最佳协同作用;当两种保鲜剂处于编码范围(0,1)时,TVB-N 值随着两者添加量的增加而增加,此时两种保鲜剂的作用表现为拮抗作用。

2.4.3 验证实验 经 Design-Expert 8.0.6 软件进行数据处理分析,当回归模型中 TVB-N 值达到最低值 19.09 mg/100 g 时,3 种保鲜剂的最优浓度为:1.75%壳聚糖,0.25%茶多酚,4.98%柠檬汁。按照上述配比进行 3 次平行验证实验,所得样品的感官得分、TVB-N 值、菌

表 4 回归方程系数显著性检验[†]

Table 4 Significant test of regression equation coefficients

变异来源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值	显著性
模型	0.089	9	9.928E-003	36.67	<0.000 1	* *
A	0.021	1	0.021	77.62	<0.000 1	* *
B	9.112E-003	1	9.112E-003	33.66	0.000 7	* *
C	6.050E-003	1	6.050E-003	22.35	0.002 1	* *
AB	2.250E-004	1	2.250E-004	0.83	0.382 3	
AC	6.400E-003	1	6.400E-003	23.64	0.001 8	* *
BC	2.500E-003	1	2.500E-003	9.23	0.018 9	*
A ²	0.015	1	0.020	74.59	<0.000 1	* *
B ²	6.487E-003	1	0.010	37.73	0.000 5	* *
C ²	5.687E-003	1	9.202E-003	33.99	0.000 6	* *
残差	2.895E-003	7	2.707E-004			
失拟项	1.575E-003	3	5.250E-004	6.56	0.050 4	
纯误差	1.320E-003	4	8.000E-005			
总变异	0.091	16				

[†] * 表示差异显著, P<0.05; * * 表示差异极显著, P<0.01。

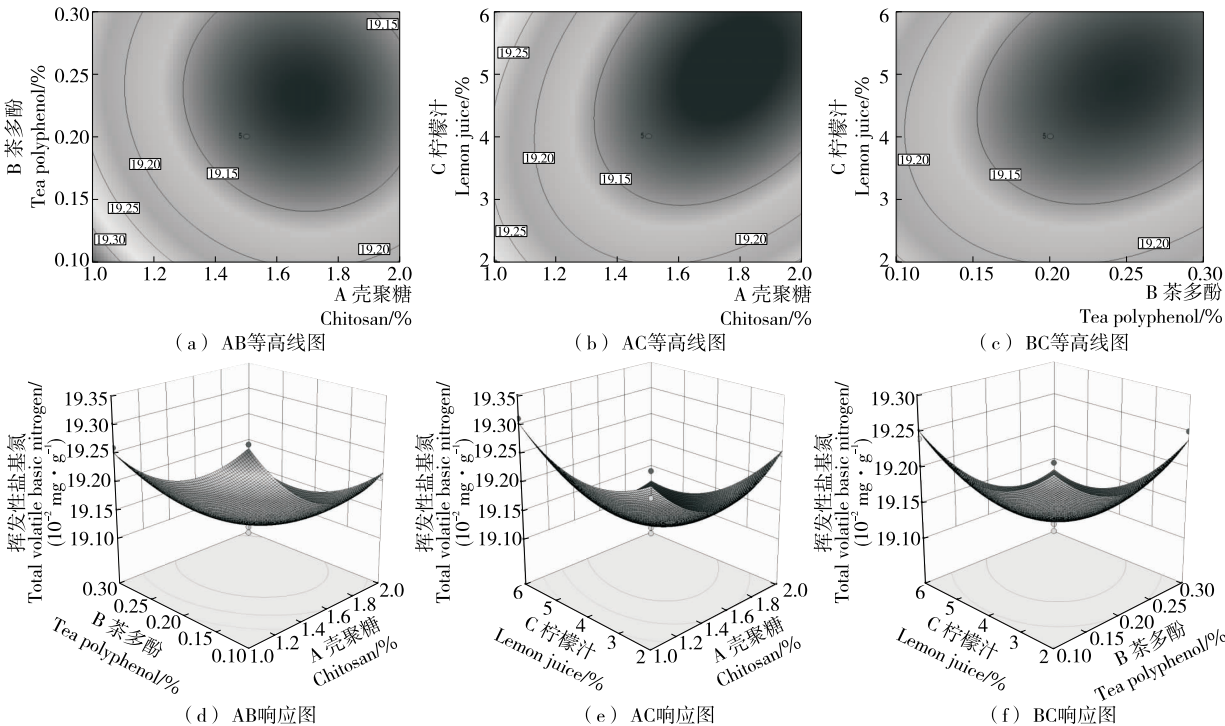


图 10 保鲜剂交互影响 TVB-N 值的等高线图和响应曲面图

Figure 10 Contour plots and response surface plots of preservative interaction on TVB-N value

落总数值分别为7.9分,19.12 mg/100 g,5.23 lg (CFU/g)。而对照组鱼片的感官得分、TVB-N值及菌落总数值分别为5.4分,24.52 mg/100 g,6.25 lg (CFU/g),说明该复合保鲜剂具有较好的保鲜效果。

3 结论

壳聚糖、茶多酚、柠檬汁作为保鲜剂均对虹鳟鱼片具有保鲜效果,在单因素试验基础上,利用Box-Behnken响应面设计对筛选出的3种保鲜剂较优浓度进行组合优化确定最佳配比浓度为:1.75%壳聚糖,0.25%茶多酚,4.98%柠檬汁。通过验证实验表明复配保鲜剂对冷藏虹鳟鱼片具有良好的保鲜效果,可延缓贮藏期间鱼片的感官变化及鱼肉蛋白质等含氮物质的分解,同时对微生物的生长具有一定的抑制作用。

参考文献

- [1] 吴永俊,王玉涛,施文正,等.不同产地虹鳟鱼肉风味物质的比较[J].上海海洋大学学报,2017,26(6):889-899.
- [2] 王玉婷.复合生物保鲜剂在大黄鱼保鲜中的应用研究[D].济南:山东轻工业学院,2011:37-43.
- [3] QIU Xu-jian, CHEN Sheng-jun, LIU Guang-ming, et al. Inhibition of lipid oxidaxion in frozen farmed ovate pompano (*Trachinotus ovatus* L.) fillets stored at -18°C by chitosan cotaing incorporated with citric acid or licorice extract[J]. J Sci Food Agric, 2016, 96: 3 374-3 379.
- [4] 李双双.金枪鱼的保鲜技术研究[D].舟山:浙江海洋学院,2013:21-42.
- [5] LI Ting-ting, HU Wen-zhong, LI Jian-rong. Coating effects of

tea polyphenol and rosemary extract combined with chiosan on the storage quality of large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea*)[J]. Food Control, 2012(25): 101-106.

- [6] 王当丰,李婷婷,国竞文,等.茶多酚-溶菌酶复合保鲜剂对白鲢鱼丸保鲜效果[J].食品科学,2017,38(7):224-229.
- [7] 沈秋霞,李明元,胡永正,等.包装方式对三文鱼片贮藏品质的影响[J].食品与机械,2018,34(6):133-138.
- [8] 李圣艳,李学英,靳春秋,等.保鲜剂对冰藏三文鱼品质变化的影响[J].河南农业科学,2017,46(4):128-133.
- [9] 汪之和.水产品加工与利用[M].北京:中国农业出版社,1999:21-25.
- [10] ZAHRA Ramezani, MEHDI Zarei, NEDA Raminnejad. Comparing the effectiveness of chitosan and nanochitosan coatings on the quality of refrigerated silver carp fillets[J]. Food Control, 2015(51): 43-48.
- [11] 刘琳.纳米壳聚糖安全性评价及其对南美白对虾涂膜保鲜的效果研究[D].杭州:浙江工商大学,2014:22-23.
- [12] 国际食品微生物规格委员会(ICMSF).微生物检验与食品安全控制[S].北京:中国轻工业出版社,2012:110-122.
- [13] 林静.茶多酚处理对微冻泥鳅保鲜效果的影响[D].重庆:西南大学,2017:19-22.
- [14] 吴圣彬,谢晶,苏辉,等.茶多酚对冻藏带鱼品质变化的影响[J].食品工业科技,2014,35(23):315-318,322.
- [15] 鞠健,汪超,李冬生,等.不同浓度的茶多酚对冷藏鲈鱼品质的影响[J].食品工业,2017,38(6):42-46.
- [16] SERAP Cosansu, SUHENDAN Mol, DIDEM Uçok Alakavu, et al. The Effect of lemon juice on shelf life of sous vide packaged whiting (*Merlangius merlangus euxinus*, Nordmann, 1840)[J]. Food Bioprocess Technol, 2013, 6: 283-289.

(上接第21页)

- [13] 刘施琳,朱丰,林圣楠.琼脂凝胶强度及弛豫特性的研究[J].食品工业科技,2017,38(13):85-100.
- [14] 王丹丹,毛晓英,孙领鸽,等.蛋白质氧化对核桃蛋白质结构的影响[J].食品工业科技,2018,39(12):32-38.
- [15] LIU Qian, LU Yan, HAN Jian-chun, et al. Structure-modification by moderate oxidation in hydroxyl radical-generating systems promote the emulsifying properties of soy protein isolate[J]. Food Structure, 2015(6): 21-28.
- [16] XIE Meng-xia, LIU Yuan. Studies on the Hydrogen bonding of aniline's derivatives by FT-IR [J]. Spectrochimica

Acta Part Amolecular and Biomolecular Spectroscopy, 2002, 58(13): 2 817-2 826.

- [17] CHEN Nan-nan, ZHAO Mou-ming, SUN Wei-zheng, et al. Effect of oxidation on the emulsifying properties of soy protein isolate[J]. Food Research International, 2013, 52(1): 26-32.
- [18] 赵润泽,蒋将,李进伟,等.烘烤对核桃蛋白二级结构、表面疏水性及乳化性的影响[J].食品工业科技,2016,37(16):157-166.
- [19] 尧思华.鸭血制各肉味风味物质的研究[D].南昌:南昌大学,2014:3-4.

(上接第33页)

- [17] JIANG Jiang, JING Wei-qin, XIONG You-ling, et al. Interfacial competitive adsorption of different amphipathicity emulsifiers and milk protein affect fat crystallization, physical properties, and morphology of frozen aerated emulsion [J]. Food Hydrocolloids, 2019, 87: 670-678.
- [18] STAMPFLI L, NERSTEN B. Emulsifiers in bread making[J].

Food Chemistry, 1995, 52(4): 353-360.

- [19] ALI T M, HASNAIN A. Effect of emulsifiers on complexation and functional properties of oxidized white sorghum (*Sorghum bicolor*) starch[J]. Journal of Cereal Science, 2013, 57(1): 107-114.
- [20] BASEETH S S. Monoglyceride and emulsifier compositions and processes of producing the same: US, 20070009643 [P]. 2007-07-07.