

4种生物保鲜剂结合冰温贮藏对红鳍东方鲀的保鲜效果

苏红¹, 张晓梅¹, 郭芮¹, 刘红英^{2,*}

(1. 河北农业大学食品科技学院, 河北保定 071000;

2. 河北农业大学海洋学院, 河北秦皇岛 066000)

摘要:为延长红鳍东方鲀的货架期, 选用海藻酸钠、柠檬酸、植酸以及百里酚作为保鲜剂, 以汁液流失、挥发性盐基氮及菌落总数为指标, 研究其不同浓度下的保鲜效果。结果表明, 保鲜剂处理组均较空白组汁液流失大, 均能显著($p < 0.05$)抑制腐败菌的生长, 减缓 TVB-N 值的变化。其中, 1.5% 的海藻酸钠及空白组在贮藏第 10 d 时, 汁液流失率分别为 0.37%、0.34%, 菌落总数分别为 4.74、5.13 lg(CFU/g), TVB-N 值分别为 7.61、13.98 mg/100 g。0.5% 的柠檬酸、0.9% 的植酸在贮藏第 15 d 时, 汁液流失率分别为 1.26%、3.98%, 菌落总数为 4.96、6.88 lg(CFU/g), TVB-N 值为 12.60、12.46 mg/100 g。1.0% 的百里酚, 汁液流失较小, 保鲜效果较好, 在贮藏 25 d 时, 汁液流失率分别为 3.65%, TVB-N 值分别为 13.46 mg/100 g, 菌落总数分别为 4.33 lg(CFU/g)。结论: 综合各指标, 1.5% 的海藻酸钠、0.5% 浓度的柠檬酸以及 1.0% 百里酚汁液流失较小, 保鲜效果较好。

关键词:红鳍东方鲀, 生物保鲜剂, 冰温贮藏, 保鲜效果

Preservation effect of four kinds of biological preservatives combined with ice temperature storage on *Takifugu.rubripes*

SU Hong¹, ZHANG Xiao-mei¹, GUO Rui¹, LIU Hong-ying^{2,*}

(1. College of Food Science and Technology, Hebei Agricultural University, Baoding 071000, China;

2. Ocean College of Hebei Agricultural University, Qinhuangdao 066000, China)

Abstract: In order to prolong the shelf life of *Takifugu.rubripes*, sodium alginate, citric acid, phytic acid and thymol were used as preservatives to study the preservation effect of each concentration for selecting better preservative and its optimum concentration. What's more, drip loss, total plate count and TVB-N were the index. The results showed that all preservatives could significantly inhibit the growth of spoilage bacteria ($p < 0.05$) and slow down the change of TVB-N. Among the index of them, the drip loss were 0.37%, 0.34% respectively, the total plate counts were 4.74, 5.13 lg(CFU/g) respectively, the TVB-N values were 7.61, 13.98 mg/100 g in the 10 days of storage. In the 15 days of storage, the drip loss of 0.5% citric acid and 0.9% phytic acid were 1.26%, 3.98% respectively, its TVB-N values were 12.60, 12.46 mg/100 g respectively, and the total plate counts were 4.96, 6.88 lg(CFU/g) respectively. While the drip loss in the 25 days of storage, TVB-N values and the total plate count in the 1.0% thymol group was 3.65%, 13.46 mg/100 g and 4.33 lg(CFU/g). So the conclusion was that 1.5% sodium alginate, 0.5% citric acid, and 1.0% thymol were the better preservatives.

Key words: *Takifugu.rubripes*; bio-preservative; ice temperature storage; preservation effect

中图分类号: TS254.4

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2018)03-0276-06

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2018.03.052

水产品水分含量高, 易受微生物的污染, 腐败较快。目前随着水产市场的扩大, 鲜鱼销售已远远达不到市场需求, 因此研究安全高效的保鲜技术尤为重要。目前关于水产品的保鲜技术主要有低温保鲜、气调保鲜、生物保鲜、臭氧保鲜、辐照保鲜以及超高压保鲜, 其中生物保鲜剂是指从动植物或微生物体内提取的天然或者经过分子生物技术改造获得的

对人体安全的保鲜剂, 相对于有潜在危害的化学保鲜剂, 安全、高效、无残留、抑菌谱广等, 在水产品保鲜领域成为热点^[1-4]。

海藻酸钠的保鲜机理分为抑菌性、保湿性和成膜性^[5], 在食品表面形成一层薄膜, 可以缓解食品水分的损失, 该膜还具有气体选择性, 形成一种高 CO₂ 质量浓度的微气调环境, 进而达到保鲜效果, 与壳聚

收稿日期: 2017-07-20

作者简介: 苏红(1991-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 水产品加工与贮藏, E-mail: shrzss@163.com。

* 通讯作者: 刘红英(1962-), 女, 博士, 教授, 研究方向: 水产品加工与贮藏, E-mail: liu066000@sina.com。

基金项目: 河北省食品科学与工程学科“双一流”建设资金项目(2016SPGCA18); 新型食品加工关键技术及包装材料开发(17227117D)。

糖有相似的功能, Duan^[6]和吕飞^[7]等人将其分别结合气调和其它生物保鲜剂用于石斑鱼和黑鱼, 保鲜效果显著。百里酚存在于多种植物中, 通过破坏微生物细胞膜和细胞壁, 损坏酶系统, 钝化或破坏遗传物质从而起到抑菌的作用^[8-9], 将其应用于大菱鲆, 结果保鲜效果较好, 对嗜冷菌、假单胞菌、希瓦氏菌等都有抑制作用^[10]。植酸和柠檬酸作为有机酸, 可以降低鱼品的 pH, 络合金属离子, 抑制氧化和褐变, 从而起到保鲜的作用^[11], 其中, 植酸可以破坏细菌的细胞膜, 使细菌的生长规律受到影响, 孔萍^[12]等人研究了其对冷却猪肉中假单胞菌膜的影响, 结果得出, 植酸可以破坏细胞膜, 有效抑制假单胞菌的生长。还有研究指出, 植酸还可抑制希瓦氏菌的生长^[13], 张军宁^[14]以凡纳滨对虾为原料, 研究了植酸的保鲜效果, 结果得出植酸对希瓦氏菌有较好的抑制作用。王玉婷^[15]研究了柠檬酸对大黄鱼的保鲜效果, 结果显示其对假单胞菌也有较好的抑制作用。

河豚鱼在国内的市场刚刚打开, 可以先加工后流通, 但不是所有的加工厂家都有自己的养殖技术, 因此生鲜鱼的运输是必要的环节, 研究低温贮藏以外其它的保鲜技术可以拓宽流通渠道。目前关于河豚鱼保鲜技术的研究较少, 其中生物保鲜技术更少, 并且研究较多的是暗纹东方鲀, 因此研究红鳍东方鲀的保鲜技术很有必要, 为将来红鳍东方鲀的市场开放提供条件。根据实验室前期的实验结果, 冰温下红鳍东方鲀的优势腐败菌是假单胞菌属, 为了延长其货架期, 本实验选用上述四种保鲜剂对红鳍东方鲀鱼块进行保鲜实验, 以期选出高效、廉价的保鲜剂, 替代目前研究较多且价格偏高的生物保鲜剂。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

鲜活的红鳍东方鲀 每条 500 g 左右, 装进注水的塑料袋, 1 h 内运送到实验室, 购自秦皇岛水产市场。

平板计数琼脂 北京奥博星生物技术有限责任公司; 氯化钠、硼酸、盐酸、碳酸钾、凡士林 均为分析纯 (AR), 天津市凯通化学试剂有限公司; 甲基红、次甲基蓝 均为分析纯 (AR), 天津市科密欧化学试剂有限公司; 海藻酸钠、柠檬酸、植酸、百里酚 均为食品级, 西安大丰收生物科技有限公司。

FA2004 分析天平 上海舜宇恒平科学仪器有限公司; JJ-2 组织捣碎机 江苏金坛市亿通电子有限公司; DHG-9076A 电热恒温鼓风干燥箱 上海精宏实验设备有限公司; YLD-6000 生化培养箱 江苏定坛市宏华仪器厂; YX-280D 灭菌锅, 合肥华泰医疗设备有限责任公司; SW-CJ-2F 无菌操作台 苏州安泰空气技术有限公司; RS2222 数显温度计 天津今明公司; BC/BD-320HK 海尔冰柜 青岛海尔特种电冰柜有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 红鳍东方鲀前处理 敲击鲜活红鳍东方鲀头部致死, 去皮取肉, 分割成 25 g 左右的鱼块, 用自来水清洗干净, 用吸水纸将肉表面的水分吸干, 浸泡在不同种类不同浓度的生物保鲜剂溶液中 5 min^[16], 捞

出置于不锈钢网篮中自然沥干至肉块表面无水滴, 装于自封袋内冰温 (-2~0 °C) 下贮藏, 其中浸泡海藻酸钠的鱼块沥干后要浸泡在 2% 无水氯化钙溶液中胶化 5 min, 沥干装袋贮藏。空白组直接装袋冰温贮藏。

1.2.2 红鳍东方鲀的冻结曲线 将数显温度计的探头插入鱼块, 置于 -18 °C 下, 每隔 3 min 记录一次鱼块体内的温度, 并记录温度的变化, 描绘其冻结曲线。

1.2.3 保鲜液的制备 海藻酸钠用蒸馏水配制成 0.1%、0.5%、1.0%、1.5%、2.0% 浓度梯度的溶液; 柠檬酸和植酸用蒸馏水配制成 0.3%、0.5%、0.7%、0.9% 浓度梯度的溶液; 百里酚配制成 0.1%、1.0%、3.0%、5.0% 浓度梯度的溶液, 其中 0.1% 的百里酚溶液用蒸馏水配制, 其它浓度用 95% 乙醇-蒸馏水体积比 1:1 配制^[9], 并设空白对照组和水-醇对照组。

1.2.4 红鳍东方鲀贮藏期间理化及微生物指标的测定方法

1.2.4.1 菌落总数的测定 按照 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》^[17]的方法进行测定。

1.2.4.2 挥发性盐基氮的测定 参照 GB 5009.228-2016《食品安全国家标准 食品中挥发性盐基氮的测定》^[18]的微量扩散法进行测定。

1.2.4.3 汁液流失率的测定 参照李敬^[19]的方法, 称量带包装样品的质量 (M_1), 样品取出, 将自封袋内壁和样品表面的汁液用滤纸吸干后称两者质量 (M_2), 自封袋单独称质量 (M_3)。汁液流失率计算公式如下:

$$\text{汁液流失率}(\%) = \frac{M_1 - M_2}{M_1 - M_3} \times 100$$

1.3 数据处理

采用 Origin9.1 作图, 利用 SPSS 17.0 进行方差分析, 显著性水平设为 $p < 0.05$ 为显著。

2 结果与分析

2.1 红鳍东方鲀的冻结曲线

由图 1 可知, 红鳍东方鲀在降温过程中出现了过冷, 冰晶形成后的相变热使其温度又回升至冰点并保持一段时间的平稳, 为最大冰晶生成带, 冰点温度为 -1.4 °C, 因此冰温区间为 -1.4~0 °C。由多点温度测定仪检测冰箱的温度变化范围为 -2~0 °C, 未超出冰温带范围, 符合冰温贮藏的要求。

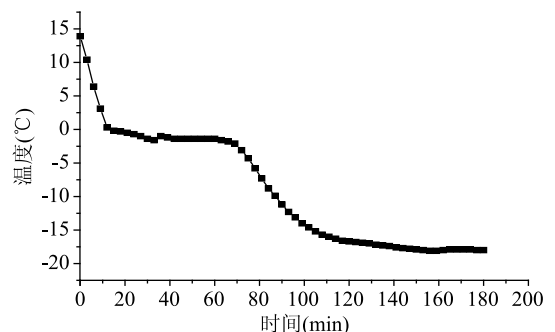


图 1 红鳍东方鲀的冻结曲线

Fig.1 The freezing temperature curve of *Takifugu rubripes*

2.2 保鲜剂对红鳍东方鲀菌落总数的影响

由图 2~图 5 可看出, 所有处理组的菌落总数在

贮藏前期增长较为缓慢,尤其是柠檬酸和百里酚处理组,随后嗜冷菌适应了环境温度后开始迅速增长,红鳍东方鲀肉质逐渐腐败,营养逐渐消耗,菌落总数因竞争增长趋向平缓。Huang^[21]等人指出,对于生的鱼肉,菌落总数 5 lg(CFU/g) 是食用上限。

由图 2 可看出,新鲜红鳍东方鲀的菌落总数为 3.54 lg(CFU/g),空白组的菌落总数持续增加,在贮藏第 10 d 时超过食用上限 5 lg(CFU/g),达 5.13 lg(CFU/g) 说明已腐败变质。对于海藻酸钠保鲜剂,在贮藏 10 d 时,只有 1.5% 浓度处理组的菌落总数为 4.74 lg(CFU/g),接近食用上限,其它处理组均已腐败,因此 1.5% 浓度为最佳保鲜浓度。

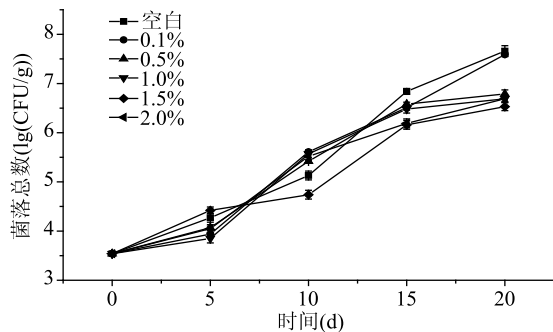


图 2 海藻酸钠对红鳍东方鲀菌落总数的影响

Fig.2 Effect of sodium alginate on total plate count of *Takifugu.rubripes*

由图 3 可知,空白组菌落总数显著 ($p < 0.05$) 高于柠檬酸处理组,各浓度柠檬酸处理均显著 ($p < 0.05$) 抑制腐败菌的生长,其中 0.5% 浓度处理组保鲜效果最好,与王玉婷^[15]的研究结果一致,在贮藏 15 d 时菌落总数仅为 4.96 lg(CFU/g),显著 ($p < 0.01$) 低于其它浓度处理组,其次是 0.7%、0.3%、0.9%。

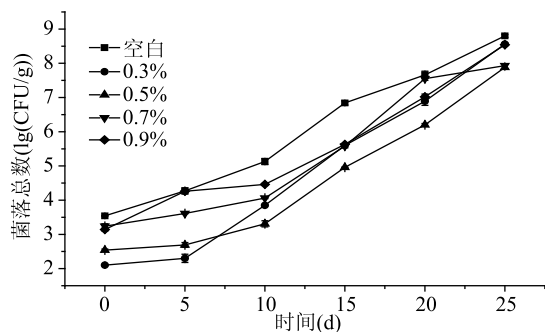


图 3 柠檬酸对红鳍东方鲀菌落总数的影响

Fig.3 Effect of citric acid on total plate count of *Takifugu.rubripes*

0.3%、0.5%、0.7% 浓度的植酸抑菌效果不佳,在贮藏第 10 d 菌落总数分别达 5.46、5.34、5.23 lg(CFU/g),0.9% 浓度处理组可以显著 ($p < 0.01$) 抑制腐败菌的生长,在贮藏第 15 d 时,菌落总数达 5.02 lg(CFU/g) 刚达食用上限,但由于 0.9% 浓度处理组的汁液流失严重,因此高浓度的植酸不宜作为红鳍东方鲀的保鲜剂。

各浓度的百里酚均可以显著抑制菌落的增长,其中 1.0%、3.0% 和 5.0% 浓度处理组在贮藏 25 d 时菌落总数为 4.33 lg(CFU/g)、3.55 lg(CFU/g) 和

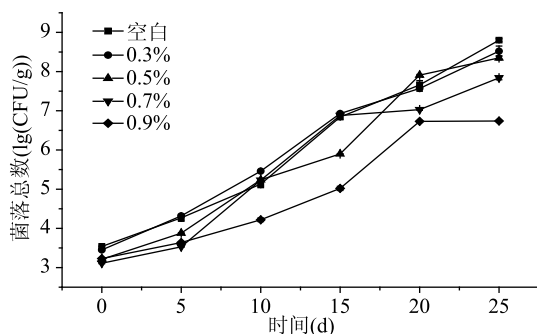


图 4 植酸对红鳍东方鲀菌落总数的影响

Fig.4 Effect of phytic on total plate count of *Takifugu.rubripes*

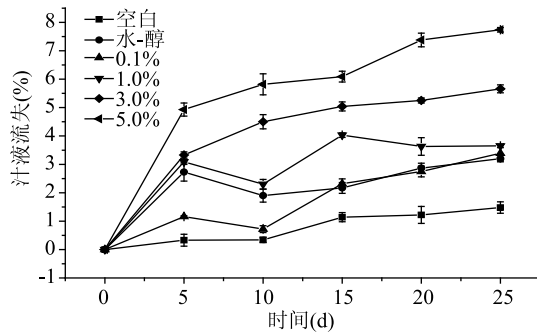


图 5 百里酚对红鳍东方鲀菌落总数的影响

Fig.5 Effect of thymol on total plate count of *Takifugu.rubripes*

2.98 lg(CFU/g),显著 ($p < 0.01$) 低于空白组的菌落总数。0.1% 浓度组是用水溶解的,在贮藏末期,菌落总数达 7.77 lg(CFU/g),而水-醇处理组菌落总数仅为 5.14 lg(CFU/g),因此,水-醇可以显著 ($p < 0.01$) 抑制腐败菌的生长。鉴于高浓度处理组的汁液流失较严重,1.0% 浓度组可以显著抑制腐败菌的生长,应为最佳选择。

2.3 保鲜剂对红鳍东方鲀挥发性盐基氮的影响

挥发性盐基氮(TVB-N)的变化主要是因为微生物的作用^[22]使鱼肉中的蛋白质和含氮物质降解为胺类^[23],当达到一定量的累积时会散发出难闻的气味,降低肉的品质而不可食用^[24]。由图 6~图 9 可知,新鲜红鳍东方鲀的 TVB-N 值为 9.37 mg/100 g,属于一级鲜度,随着时间的延长,TVB-N 值呈上升趋势,并且保鲜剂处理组的 TVB-N 上升速度显著低于空白组。不同鱼类因不同的组织结构,会有不同的 TVB-N 食用上限,周然^[25]等人,按菌落总数为 5.0 lg(CFU/g) 为食用上限,判定暗纹东方鲀的 TVB-N 值上限为 12 mg/100 g。本研究得出,空白组红鳍东方鲀在贮藏第 10 d 菌落总数为 5.13 lg(CFU/g),接近食用上限,此时 TVB-N 值为 13.98 mg/100 g,稍高于暗纹东方鲀。

由图 6~图 9 可看出,各保鲜剂处理组的 TVB-N 值增长均缓于空白组,均能延缓肉的腐败变质。海藻酸钠处理组显著低于空白组 ($p < 0.01$),0.5%、1.0%、1.5% 和 2.0% 海藻酸钠处理组在贮藏 20 d 时,TVB-N 值为 13.29、12.25、11.43 和 11.77 mg/100 g,均在食用范围。1.5% 浓度组保鲜效果最好,与菌落总数的判定相一致。

柠檬酸处理组在贮藏第 25 d 时 0.5% 浓度处理

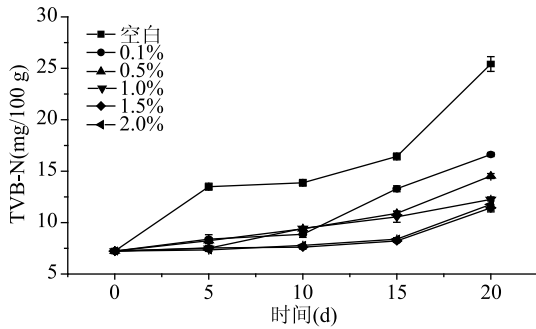


图6 海藻酸钠对红鳍东方鲀 TVB-N 的影响
Fig.6 Effect of sodium alginate on TVB-N of *Takifugu.rubripes*

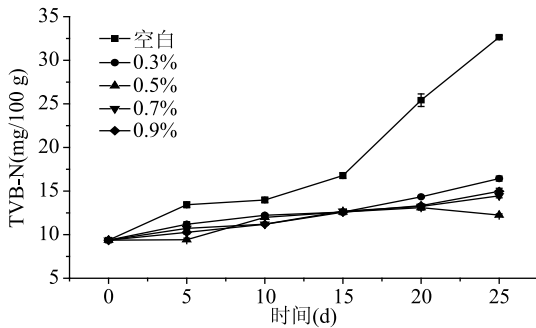


图7 柠檬酸对红鳍东方鲀 TVB-N 的影响
Fig.7 Effect of citric acid on TVB-N of *Takifugu.rubripes*

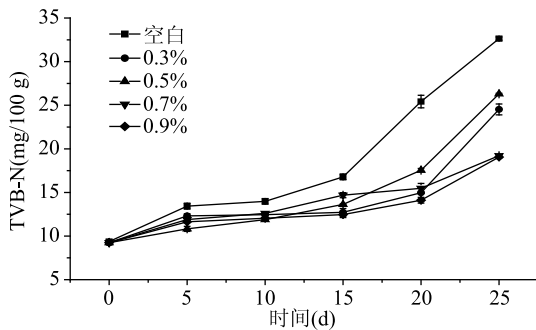


图8 植酸对红鳍东方鲀 TVB-N 的影响
Fig.8 Effect of phytic on TVB-N of *Takifugu.rubripes*

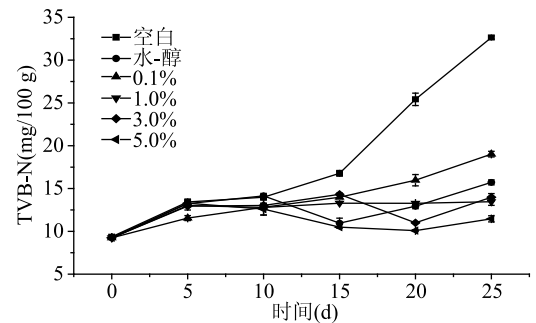


图9 百里酚对红鳍东方鲀 TVB-N 的影响
Fig.9 Effect of thymol on TVB-N of *Takifugu.rubripes*

组的 TVB-N 值分别为 12.24 mg/100 g, 在食用范围, 并且 0.5% 浓度组显著显著 ($p < 0.01$) 低于其它浓度组, 在贮藏 20 d 时, 0.7% 及 0.9% 浓度处理组的 TVB-N 值分别为 13.24、13.33 mg/100 g, 而 0.3% 浓度组的 TVB-N 值为 14.34 mg/100 g, 接近食用上限。因此 0.5% 浓度的柠檬酸是最佳浓度。

植酸处理组也可以显著 ($p < 0.05$) 减缓 TVB-N 值的上升, 在贮藏第 15 d 时, 0.9% 浓度处理组的 TVB-N 值最低, 为 12.46 mg/100 g, 显著低于其他组 ($p < 0.01$), 接近食用上限。其次是 0.3%、0.5% 和 0.7%, TVB-N 值依次为 12.72、13.63 和 14.69 mg/100 g, 保鲜效果低于柠檬酸处理组, 与菌落总数的判定结果相一致。

百里酚抑菌效果最显著, 相应的 TVB-N 值也最低, 在贮藏第 20 d 时, 除了 0.1% 组, 所有浓度处理组的 TVB-N 均在食用范围 (13.98 mg/100 g), 并且随百里酚浓度的增大, TVB-N 值的生长也越缓慢, 与菌落总数的增长相符。在贮藏 25 d 时, 1.0%、3.0% 和 5.0% 浓度组的 TVB-N 值仅为 13.46、13.98 和 11.46 mg/100 g, 其中 1.0% 和 3.0% 处理组无显著差异性 ($p > 0.05$)。鉴于汁液流失数据的分析, 1.0% 浓度为最佳选择。

2.4 保鲜剂对红鳍东方鲀汁液流失的影响

汁液流失率反映了肉在贮藏过程中汁液流失的情况, 这些流出汁液为微生物提供了良好的繁殖场所, 会加快肉的腐败变质^[19]。由图 10~图 13 可看出, 所有处理组的汁液流失均呈现上升的趋势, 所有保鲜剂处理组较空白组汁液流失更为严重。目前关于生物保鲜剂对肉质汁液流失的研究较少, 研究较多的是气调保鲜下的汁液流失, 本结论得出 1.5% 浓度的海藻酸钠、0.5% 的柠檬酸、0.7% 植酸及 1.0% 百里酚处理组在贮藏第 20 d 时汁液流失分别为 1.34%、1.59%、3.37% 及 3.63%, 显著低于 ($p < 0.01$) 气调保鲜^[19-20]。因此生物保鲜剂贮藏红鳍东方鲀的肉质在冰温 ($-2 \sim 0 \text{ } ^\circ\text{C}$) 下可以保证较好的品质。

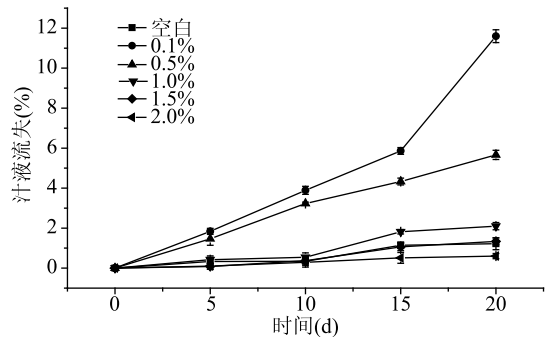


图10 海藻酸钠对红鳍东方鲀汁液流失的影响
Fig.10 Effect of sodium alginate on drip loss of *Takifugu.rubripes*

低浓度的海藻酸钠组 (0.1% 和 0.5%) 汁液流失较严重, 在贮藏第 20 d 时汁液流失率达 11.6% 和 5.7%, 而 1.0%、1.5% 以及 2.0% 处理组大大降低了汁液流失率, 尤其在贮藏前 10 d, 与空白组差异不显著 ($p > 0.05$), 很好的保护了鱼块的品质, 可能是因为浓度增大, 形成的较厚保鲜膜可以防止汁液流出; 此外, 百里酚处理组的汁液流失也较为严重, 在第 5 d 时所有浓度处理组均已显著 ($p < 0.01$) 高于空白组, 随着百里酚浓度的增大, 汁液流失率显著升高 ($p < 0.01$), 水:乙醇 (1:1) 组的汁液流失显著高于空白组 ($p < 0.01$), 说明, 醇的存在是造成汁液流失的原因之

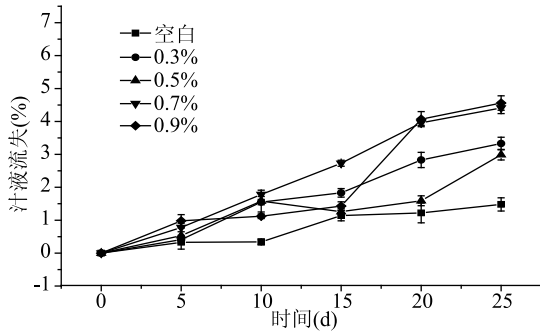


图11 柠檬酸对红鳍东方鲀汁液流失的影响

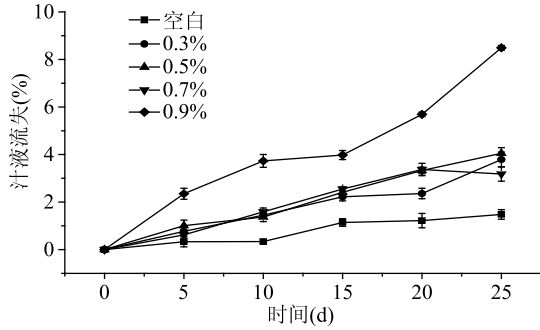
Fig.11 Effect of citric acid on drip loss of *Takifugu.rubripes*

图12 植酸对红鳍东方鲀汁液流失的影响

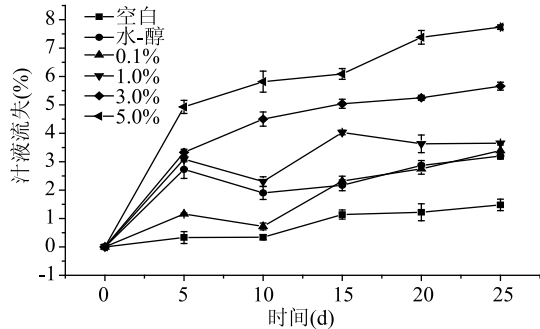
Fig.12 Effect of phytic acid on drip loss of *Takifugu.rubripes*

图13 百里酚对红鳍东方鲀汁液流失的影响

Fig.13 Effect of Thymol on drip loss of *Takifugu.rubripes*

一,1%处理组在贮藏25 d时,汁液流失率达3.63%,而3%处理组高达5.66%,较1.0%处理组显著增大($p < 0.01$),为了保证红鳍东方鲀较好的品质,选择较低浓度的百里酚较为合适;植酸相对于柠檬酸,除了最高浓度(0.9%)组汁液流失严重,其它处理组的汁液流失率普遍低于柠檬酸处理组,因此高浓度的植酸不适合作为红鳍东方鲀的生物保鲜剂;0.5%和0.1%浓度的柠檬酸处理组在贮藏末期的汁液流失率为2.99%和3.32%,而0.7%和0.9%组达4.41%和4.56%,0.50%及以下浓度的柠檬酸为最佳选择。

3 结论

各保鲜剂均能抑制腐败菌的生长,减缓TVB-N值的增长。低浓度的海藻酸钠汁液流失较严重,高浓度的柠檬酸、植酸以及百里酚抑菌效果好,但是汁液流失严重,因此结合菌落总数及TVB-N值1.5%的海藻酸钠,0.5%浓度的柠檬酸、0.7%植酸以及1.0%百里酚分别是最适浓度,并且相比植酸,

柠檬酸对红鳍东方鲀的保鲜效果更好。通过对菌落总数和TVB-N值的对照会发现,以TVB-N值判定的货架期普遍高于以菌落总数判定的货架期,说明海藻酸钠可以抑制造成挥发性盐基氮能力强的腐败菌,及抑制优势腐败菌,也可能是因为汁液流失造成挥发性盐基氮的流失。

参考文献

- [1]任西营.生物保鲜剂在带鱼制品中的应用研究[D].浙江大学,2014.
- [2]张杨俊娜,张润光,焦文晓,等.生物保鲜剂研究进展[J].农产品加工(学刊),2013,(4):18-22.
- [3]苏辉,谢晶.生物保鲜剂在水产品保鲜中的应用研究进展[J].食品与机械,2013,29(5):265-269.
- [4]赵海鹏,谢晶.生物保鲜剂在水产品保鲜中的应用[J].吉林农业科学,2009,34(4):60-64.
- [5]高翠丽,李传平,李倩,等.海藻酸钠在食品保鲜中的应用研究[J].青岛大学学报(工程技术版),2013,28(1):77-83.
- [6]Duan J, Jiang Y, Cherian G, et al. Effect of combined chitosan - krill oil coating and modified atmosphere packaging on the storability of cold-stored lingcod (*Ophiodon elongates*) fillets[J]. Food Chemistry, 2010, 122(4):1035-1042.
- [7]吕飞,丁玉庭,叶兴乾.含肉桂油和Nisin的海藻酸钠薄膜保鲜黑鱼性能分析[J].农业机械学报,2011,42(5):146-150.
- [8]Maria R C, Stefania D G, Amalia C, et al. Thymol and modified atmosphere packing to control microbiological spoilage in packed fresh cod hamburgers[J]. International Journal of Food Science & Technology, 2009, 44:1553-1560.
- [9]蒋慧亮,李学英,杨宪时,等.生物保鲜剂对鱼类腐败菌抑菌效果比较及抑菌机理研究[J].食品科学,2012,33(23):31-35.
- [10]蒋慧亮,李学英,杨宪时,等.百里酚对冷藏大菱鲆鲜度和货架期的影响[J].食品工业科技,2012,33(14):327-331.
- [11]赵玉生,于然.植酸的食品保鲜机理及应用[J].中国调味品,2007,3:56-58.
- [12]孔萍,陈振青,易阳,等.三十种保鲜剂对冷鲜猪肉中假单胞菌细胞膜的影响[J].食品工业,2015,36(11):207-210.
- [13]谢晶,侯伟峰.植酸对腐败希瓦氏菌的抑菌机理[J].食品工业科技,2011,10:85-88.
- [14]张军宁.凡纳滨对虾复合保鲜剂的研制及其抑菌机理[D].山东:中国海洋大学,2012.
- [15]王玉婷.复合生物保鲜剂在大黄鱼保鲜中的应用研究[D].山东:山东轻工业学院,2011.
- [16]施建兵,谢晶,高志立,等.响应面法优化鲳鱼复合生物保鲜剂配方[J].食品科学,2014,35(20):37-42.
- [17]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].北京:中国标准出版社,2016.
- [18]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].北京:中国标准出版社,2016.
- [19]李敬,王小瑞,刘红英,等.气调包装对大菱鲆的冷藏保鲜效果[J].食品科学,2016,37(22):313-317.
- [20]牛保卫.大菱鲆冰温气调保鲜[J].山东:中国海洋大学,2009:31-47.
- [21]Huang Y R, Shiau C Y, Hung Y C, et al. Change of hygienic

(下转第291页)

[J]. 中国农业科学, 2007, 40(1): 167-172.
 [19] X L YU. Coating with sodium alginate and its effects on the functional properties and structure of frozen pork [J]. Journal of Muscle Foods, 2008, 19(4): 333-351.
 [20] Otero L, Pérez-Mateos M, López-Caballero M E. Hyperbaric cold storage versus conventional refrigeration for extending the shelf-life of hake loins [J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2017, 41: 19-25.
 [21] 王航. 鲤鱼冻藏时间与解冻方法对其品质特性的影响 [D]. 北京: 中国农业大学, 2012.
 [22] Pan J, Shen H, Luo Y. Changes in salt extractable protein and Ca²⁺ - ATPase activity of mince from silver carp (*Hypophthalmichthys Molitrix*) during frozen storage; a kinetic study [J]. Journal of Muscle Foods, 2010, 21(4): 834-847.
 [23] Nuray Erkan, Özkan Özden. Quality assessment of whole and gutted sardines (*Sardina pilchardus*) stored in ice [J]. International Journal of Food Science & Technology, 2008, 43(9): 1549-1559.
 [24] Hong H, Luo Y, Zhou Z, et al. Effects of low concentration of salt and sucrose on the quality of bighead carp (*Aristichthys nobilis*) fillets stored at 4 °C [J]. Food Chemistry, 2012, 133(1): 102-107.
 [25] Rezaei M, Hosseini S F. Quality Assessment of Farmed Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) during Chilled Storage [J]. Journal of Food Science, 2008, 73(6): H93-H96.
 [26] 张丽娜, 胡素梅, 王瑞环, 等. 草鱼片在冷藏和微冻条件下品质变化的研究 [J]. 食品科技, 2010, (8): 175-179.
 [27] 肖枫, 康怀彬, 辛利. 鲫鱼在冷藏过程中的鲜度变化 [J]. 食品科学, 2007, 28(7): 508-511.
 [28] 刘冠勇, 黄明, 罗欣. 影响肉嫩度因素的探讨 [J]. 肉类工业, 2000(7): 26-28.

(上接第 280 页)

quality and freshness in tuna treated with elec-trolyzed water and carbon monoxide gas during refrigerated and frozen storage [J]. Journal of Food Science, 2006, 71(4): M127-M133.
 [22] Rodríguez A, Carriles N, Cruz J M, et al. Changes in the flesh of cooked farmed salmon (*Oncorhynchus kisutch*) with previous storage in slurry ice (-1.5 °C) [J]. LWT - Food Science and Technology, 2008, 41(9): 1726-1732.
 [23] Lee H, Park H, Jeong J, et al. Effect of electrolyzed water

(上接第 285 页)

[7] 申江, 胡开永, 刘兴华. 菠菜冰温真空干燥实验研究 [C] // 第六届中国冷冻冷藏新技术、新设备研讨会论文集, 第六届中国冷冻冷藏新技术、新设备研讨会, 2013.
 [8] Zhou Y, Jin Y. Mathematical modeling of thin-layer infrared drying of dewatered municipal sewage sludge [J]. Procedia Environmental Sciences, 2016, 31: 758-766.
 [9] Jensen P, Jensen J B. Dynamic model for vacuum freeze-drying of waterlogged archaeological wooden artefacts [J]. Journal of Cultural Heritage, 2006, 7(3): 156-65.
 [10] 杨韦杰, 唐道邦, 徐玉娟, 等. 荔枝热泵干燥特性及干燥数学模型 [J]. 食品科学, 2013(11): 104-108.
 [11] 胡晓露, 余小林, 胡卓炎, 等. 龙眼果肉真空微波干燥的数学模型 [J]. 食品与发酵工业, 2012(11): 20-25.

[29] 洪惠. 鳙脂脂肪酸组成及贮藏过程中品质变化规律与控制技术的研究 [D]. 北京: 中国农业大学, 2015.
 [30] 曾名勇, 黄海, 李八方. 鳙肌肉蛋白质生化特性在冻藏过程中的变化 [J]. 水产学报, 2003, 27(5): 480-485.
 [31] R K Majumdar. Studies on the Biochemical Changes During Fermentation of Salt-Fermented Indian Shad (*Tenulosa ilisha*) [J]. Journal of Aquatic Food Product Technology, 2006, 15(1): 53-69
 [32] Connell J J. Methods of assessing and selecting for quality [C]. Nishimoto J. On control of fish quality. Oxford: Fishing News Books, 1990: 285.
 [33] Leroi F, Joffraud J J. Salt and smoke simultaneously affect chemical and sensory quality of cold-smoked salmon during 5 degrees C storage predicted using factorial design [J]. Journal of food protection, 2000, 63(9): 1222-1227.
 [34] Santiago P. Aubourg and Maurizio Ugliano. Effect of brine pre-treatment on lipid stability of frozen horse mackerel (*Trachurus trachurus*) [J]. European Food Research and Technology, 2002, 215(2): 91-95
 [35] Shi C, Cui J, Lu H, et al. Changes in biogenic amines of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) fillets stored at different temperatures and their relation to total volatile base nitrogen, microbiological and sensory score [J]. Journal of the Science of Food & Agriculture, 2012, 92(15): 3079.
 [36] Chytivi S, Chouliara I, Savvaidis IN, et al. Microbiological, chemical and sensory assessment of iced whole and filleted aquacultured rainbow trout. Food Microbiol, 2004, 21: 157-165.
 [37] Lina Zhang. Quality predictive models of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) at different temperatures during storage [J]. Food Control, 2011, 22(8): 1197-1202.

treatments on the quality of hand- and machine-peeled yams (*Dioscorea* spp.) during cold storage [J]. LWT - Food Science and Technology, 2007, 40(4): 646-654.
 [24] Kilinceker O, Dogan I S, Kucukoner E. Effect of edible coatings on the quality of frozen fish fillets [J]. LWT - Food Science and Technology, 2009, 42(4): 868-873.
 [25] 周然, 刘源, 谢晶, 等. 电解水对冷藏河豚鱼肉质构及品质变化的影响 [J]. 农业工程学报, 2011, 27(10): 365-369.

[12] 黄艳斌, 郑优, 陈海桥, 等. 柠檬热风干燥特性及数学模型 [J]. 食品工业科技, 2012(14): 169-172, 191.
 [13] 许牡丹, 马可纯, 黄萌, 等. 猕猴桃片真空-红外联合干燥数学模型建立 [J]. 食品工业科技, 2016(18): 127-132.
 [14] 王金庆, 庞文燕, 姚志勇, 等. 一种冰温真空干燥装置及生鲜鱼片冰温真空干燥的方法: 中国, CN103411390A [P]. 2013-11-27.
 [15] Ruhanian S, Movagharnjad K. Mathematical modeling and experimental analysis of potato thin-layer drying in an infrared-convective dryer [J]. Engineering in Agriculture, Environment and Food, 2016, 9(1): 84-91.
 [16] 石启龙, 赵亚, 李兆杰, 等. 竹荚鱼热泵干燥数学模型研究 [J]. 农业机械学报, 2009(5): 110-114.