

# 茶多酚-海藻酸钠涂膜处理对草鱼储藏品质的影响

郝子娜, 冯 硕, 赵 凯, 陈思宇, 吉美然, 常宝贤\*

(锦州医科大学食品科学与工程学院, 辽宁 锦州 121000)

**摘要:**对茶多酚-海藻酸钠复合涂膜提升储藏过程中草鱼品质的可行性进行了研究。在 1.5% 海藻酸钠溶液中分别加入 0、1%、2%、3% (m/m) 的茶多酚, 制成茶多酚与海藻酸钠复合涂膜剂处理草鱼片, 并不作涂膜处理为对照组(CK), 考察草鱼储藏过程中鱼肉的持水性、pH、菌落总数、挥发性盐基氮(TVB-N)、硫代巴比妥酸值(TBARS)及质构特性的变化。结果表明:与对照组相比, 茶多酚-海藻酸钠涂膜组草鱼品质变化程度明显较低, 并且涂膜中茶多酚含量越高, 鱼肉品质保持越好。由此说明, 茶多酚-海藻酸钠涂膜能够有效控制鱼肉品质的劣变, 保鲜效果良好, 且以 3.0% 茶多酚+海藻酸钠涂膜组处理保鲜效果最佳, 能够有效延长鱼肉的储藏期 6 d 左右。

**关键词:**茶多酚; 海藻酸钠; 涂膜; 草鱼; 储藏; 品质

## Effects of Tea Polyphenol-Sodium Alginate Coating on Grass Carp Quality during Storage

HAO Zi-na, FENG Shuo, ZHAO Kai, CHEN Si-yu, JI Mei-ran, CHANG Bao-xian\*  
(College of Food Science and Engineering, Jinzhou Medical University, Jinzhou 121000, China)

**Abstract:** The feasibility of tea polyphenols-sodium alginate composite coating on fish preservation was studied in this paper. The water retention capacity, pH value, total number of microbe colonies, TVB-N, TBARS value and texture of fish were evaluated by using different concentrations of tea polyphenols (0, 1%, 2%, and 3% (m/m)), mixed with sodium alginate as coating material. The experiment result showed that the change of fish quality with the tea polyphenol-alginate sodium coating was significantly smaller compared with the control group, and the higher the content of tea polyphenols used in the coating content, the better the fish quality was maintained. Therefore, tea polyphenol-sodium alginate coating could effectively control the deterioration of fish quality, and had good freshness preservation effect. In addition, the group of 3.0% tea polyphenols plus sodium alginate coating had the best preservation effect, which could effectively prolong the storage period of fish for about 6 days.

**Key words:** tea polyphenols; sodium alginate; coating; grass carp; preservation; quality

中图分类号: TS254.4

文献标识码: A

DOI: 10.3969/j.issn.1009-6221.2022.07.005

基金项目: 2019 年锦州医科大学大学生创新创业训练项目(20190076)

作者简介: 郝子娜(1989—), 女, 汉族, 硕士, 讲师, 研究方向: 食品安全与质量控制。

\*通信作者: 常宝贤, 硕士, 讲师, 研究方向: 机械工程。

我国作为世界第一渔业大国,水产品产量占世界总产量的1/3,巨大的产能促使水产品保鲜需求日益迫切<sup>[1]</sup>。对于新鲜鱼类而言,鲜度损失最大的特征在于腐败变质。针对鲜度损失的难题,保鲜技术显得尤为重要。茶多酚是茶叶中多酚类物质的总称,有较好的清除自由基和抗氧化的功能,并且具有明显的抑菌效果和保鲜作用<sup>[2-3]</sup>。邱瑞瑾等<sup>[4]</sup>以龙眼果实为研究对象,发现茶多酚对维持龙眼新鲜度的效果明显。姜佳星等<sup>[5]</sup>研究发现,茶多酚能够显著提高鱼糜新鲜度。海藻酸钠是从藻类中提取的一种天然性多糖类物质,能够形成可食用膜,明显降低食物的呼吸作用,抑制褐变反应,已经被广泛用于果蔬及肉类保鲜<sup>[6]</sup>。陈丽娇等<sup>[7]</sup>用海藻酸钠对大黄鱼进行涂膜处理,其保鲜效果明显优于普通冰藏保鲜法。陈玲<sup>[8]</sup>运用涂膜技术将海藻酸钠结合醋酸涂抹于鸡蛋表面,结果显示该方法鸡蛋保鲜效果较好。而由单一成膜基质形成的膜总是会有某些缺陷,不同的保鲜剂因组分和结构不同,有不同功能和各自的使用范围。将不同的保鲜剂进行复配,发挥其协同效应,在某些情况下比单一涂膜更有效<sup>[9-10]</sup>。近年来,以各种可食性成膜基质为载体,添加抗氧化剂、抗菌剂等物质制备功能性涂膜用于果蔬保鲜的研究较多,但将茶多酚与海藻酸钠形成复合涂膜用于鱼肉的保鲜研究还未见报道。

因此,本文以草鱼为研究对象,海藻酸钠为成膜基质,添加不同浓度的茶多酚制备茶多酚-海藻酸钠复合涂膜液,旨在研究延长鱼肉货架期的可食膜处理方式,从而研发一种天然可食用的保鲜膜,为茶多酚-海藻酸钠复合涂膜在鱼肉保鲜中的应用提供理论和技术支持。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与设备

#### 1.1.1 材料与试剂

草鱼:市售,平均体重1 000 g,加冰块用塑料桶迅速运回实验室,放入水槽供氧,使其处于鲜活状态;海藻酸钠,广州益康新材料科技有限公司;茶多酚,郑州晨阳化工有限公司;氯化钠、三氯乙酸(TCA)、硫代巴比妥酸(TBA)、硼酸、盐酸、碳酸钾、阿拉伯胶、甘油、甲基红指示剂、溴甲酚绿指示剂、95%乙醇,国药集团化学试剂有限公司;营养琼脂培养基,北京陆桥有限责任公司。

#### 1.1.2 仪器与设备

PHS-3C 台式 pH 计,上海伟业仪器厂;3-18K 冷冻离心机,美国 Sigma 公司;754N 紫外分光光度计,

北京普析通用有限责任公司;BSA224S 分析天平,北京赛多利斯仪器系统有限公司;SW-CJ-2FD 超净工作台,苏州安泰空气技术有限公司;HH-4 双列四孔恒温水浴锅,精达仪器制造厂;HN-08 拍打式无菌均质机,上海汉诺仪器有限公司;TMS-PRO 型质构仪,美国 FTC 公司。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 预处理

将草鱼去鳞、去内脏,2h 内洗净。沿背脊部剖为两半并取脊背肉,将鱼肉切分成若干份(3 cm×3 cm×1 cm)。将鱼片放在无菌不锈钢丝网上沥干 10 min。以不作涂膜处理为对照组,命名为 CK 组。

#### 1.2.2 涂膜液制备

在已配制好的 1.5% 海藻酸钠溶液中分别加入 0.1%、2%、3% (m/m) 的茶多酚,依次命名为 GSA-tp0、GSA-tp1、GSA-tp2、GSA-tp3 组。

#### 1.2.3 鱼肉处理

将鱼块分别浸没在茶多酚-海藻酸钠复合液中 3 min,然后取出,置于无菌钢网上风干成膜后,用自封袋密封好,对照组直接密封在自封袋中,于 4℃ 冰箱中储藏。试验进行 12 d,分别在储藏的 0、3、6、9、12 d 测定各项指标。

#### 1.2.4 测定项目与方法

##### 1.2.4.1 鱼肉持水性(WHC)

参考鞠健<sup>[11]</sup>的方法,取(2.00±0.01) g 切碎的鱼肉,用已称重的两层滤纸包裹并置于 50 mL 离心管中,然后在 10℃、3 000 r/min 条件下离心 10 min,称取离心后滤纸的质量,鱼肉持水性可按下列公式进行计算:

$$\text{WHC}(\%) = \left(1 - \frac{M_2 - M_1}{M_0}\right) \times 100$$

式中: $M_0$  为鱼肉质量,g; $M_1$  为离心前滤纸质量,g; $M_2$  为离心后滤纸质量,g。

##### 1.2.4.2 pH 值

称取 10 g 鱼肉分散在 100 mL 蒸馏水中,搅拌 30 min,然后将混合物过滤。用数字 pH 计测定滤液的 pH 值<sup>[12]</sup>。

##### 1.2.4.3 菌落总数

称取 5.0 g 鱼肉(精确至 0.001 g)放入无菌均质袋中并加入 45 mL 无菌生理盐水,制成 1:10 的样品匀液,用无菌生理盐水分别稀释成 1:100 和 1:1 000 的样品匀液。采用 PCA 培养基,取 100 μL 不同稀释度的样品匀液滴在培养基表面,用无菌玻璃涂棒将其均匀涂开,待样品被完全吸收后,在(30±1)℃下培养

(72±3)h,选取合适稀释度的平皿计数<sup>[13]</sup>。

#### 1.2.4.4 挥发性盐基氮(TVB-N)含量

根据 GB 5009.228—2016<sup>[14]</sup>中的微量测定法进行测定。

#### 1.2.4.5 硫代巴比妥酸值(TBARS)

取 10 g 绞碎的肉于烧杯中,加 40 mL 5%(m/V)的冷 TCA,然后在 15 000 r/min 条件下均质 1 min。均质后过滤,取其滤液用 5%的 TCA 定容至 50 mL。用移液管移取 5 mL 定容液于比色管中,加入 5 mL 浓度为 0.02 mol/L 的 TBA 溶液,盖好塞子,振荡并沸水浴 40 min,取出,流水冷却至室温(约 30 min)。以蒸馏水为参照,分别测定 532 nm 处和 600 nm 处溶液的吸光值( $A_{532}$ 、 $A_{600}$ )<sup>[13]</sup>。TBARS 值(以 mg 丙二醛/100 g 样品计)可由下列公式计算:

$$\text{TBARS 值} = (A_{532} - A_{600}) / 155 \times (1/10) \times 72.6 \times 100$$

#### 1.2.4.6 质构特性

质构参数的测定使用 TMS-PRO 型质构仪,采用质地多面剖析法(TPA)<sup>[15]</sup>。测定条件为:平底柱形探头 P/5,测前速率 30 mm/min,测定速度 60 mm/min,测后速率 60 mm/min,压缩程度 50%,探头两次测定间隔时间 5 s,数据收集率 200。

#### 1.2.5 数据处理

试验重复 3 次,采用 SPSS 对所得数据进行方差分析及显著性分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 茶多酚-海藻酸钠涂膜对鱼肉持水性的影响

持水性是指肉制品受外力作用时,能保持原有水分的能力,其值大小能够从侧面反映鱼肉的新鲜度<sup>[11]</sup>。

由图 1 可见,随着储藏时间的延长,草鱼持水性呈下降趋势,并且涂膜中的茶多酚含量越高,鱼肉持水性保持越好,这与 Dou 等<sup>[16]</sup>的研究结果一致。对照组鱼肉持水性在储藏期间明显降低,而涂膜组鱼肉在储藏前期持水性下降缓慢,储藏中后期鱼肉持水性迅速下降。储藏期间,茶多酚-海藻酸钠涂膜组的鱼肉持水性始终高于对照组。到第 12 天时,GSA-tp0、GSA-tp1、GSA-tp2 和 GSA-tp3 组草鱼的持水性分别从初始值 92.97% 下降至 59.86%、60.89%、63.21% 和 67.22%,均高于对照组的 54.02%。储藏过程中,鱼肉因微生物、内源酶等作用发生腐败,加之蛋白质降解,破坏了肌肉组织结构,造成持水性的下降<sup>[17]</sup>。储藏结束(12 d)时,涂膜组的持水性仍高于对照组,并且茶多酚浓度越高,持水性越好。这说明茶多酚-海藻酸钠涂膜能够有效控制鱼肉持水性的下降。

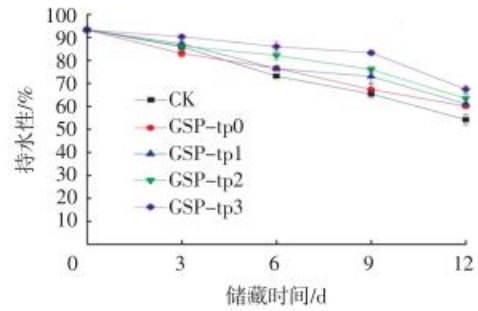


图 1 茶多酚-海藻酸钠涂膜对鱼肉持水性的影响  
Fig.1 Effects of tea polyphenol-sodium alginate coating on water retention of fish

### 2.2 茶多酚-海藻酸钠涂膜对鱼肉 pH 的影响

由图 2 可见,新鲜草鱼的 pH 为 6.93,随着储藏时间的延长,各组 pH 均呈先下降再上升的变化趋势。张朝敏等<sup>[18]</sup>用茶多酚-海藻糖脱腥液处理白鲢鱼时,也得到相似结果。根据 pH 值的大小在一定程度上可以判断肉制品新鲜程度,储藏初期新鲜肉在成熟过程中,肌肉的三磷酸腺苷(ATP)分解和糖原酵解,产生一定量酸性物质,从而导致 pH 的下降。而 pH 回升的原因主要是微生物作用破坏肌肉组织,导致胺类化合物等碱性物质含量增多,暗示鲜肉开始腐败变质<sup>[19]</sup>。空白组的 pH 在第 3 天下降到最低,然后一直呈上升趋势,表明空白组鱼肉从第 3 天开始腐败。而 GSP-tp0 组的 pH 变化在第 3 天开始缓慢上升,说明只用 1.5%海藻酸钠虽然能够抑制鱼肉腐败,但作用不明显。其他涂膜组的鱼肉 pH 在第 6 天出现转折,由下降变成上升趋势,且 GSA-tp3 组 pH 值最低,说明随着涂膜中茶多酚浓度的升高,鱼肉的腐败变质速度逐渐下降。分析原因可能是由于涂膜的包裹,改善了草鱼鱼肉的硬度损伤,减缓了鱼肉软化变质的进程,可有效抑制微生物的繁殖。因此,茶多酚-海藻酸钠涂膜有利于草鱼冷藏过程中 pH 的稳定,从而延长储藏期。

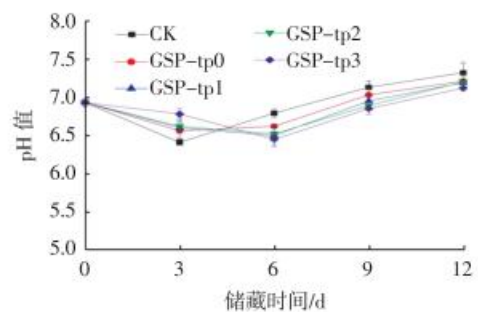


图 2 茶多酚-海藻酸钠涂膜对鱼肉 pH 的影响  
Fig.2 Effect of tea polyphenol-sodium alginate coating on pH of fish

### 2.3 茶多酚-海藻酸钠涂膜对鱼肉菌落总数的影响

菌落总数是反映肉制品受微生物污染情况和腐败程度的主要指标,测定菌落总数是评价鱼类新鲜程度的方法之一。不同浓度茶多酚-海藻酸钠涂膜处理对草鱼菌落总数的影响如图3所示。

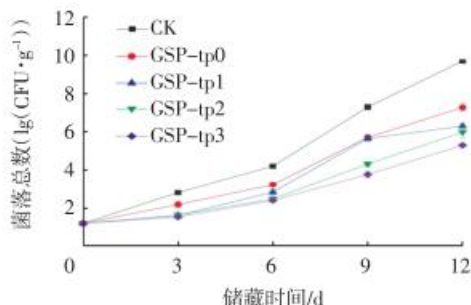


图3 茶多酚-海藻酸钠涂膜对鱼肉菌落总数的影响

Fig.3 Effect of tea polyphenol-sodium alginate coating on total number of microbial colonies in the fish

由图3可以看出,随着储藏时间的延长,涂膜处理组的鱼肉菌落总数均比对照组低,这说明涂膜处理能有效抑制草鱼的腐败变质,提高鱼肉储藏期。对照组菌落总数在储藏期间显著上升,而经过涂膜处理的各组菌落总数均增加缓慢,并且涂膜中茶多酚浓度越高,菌落总数上升越缓慢。我国冻淡水鱼片行业标准中要求其菌落总数不超过 $10^7$  CFU/g<sup>[20]</sup>。由图3可知,对照组在储藏9 d时菌落总数已达到7.29 (lg(CFU/g)),超过行业标准,说明鱼肉已腐败,不宜食用,而涂膜组在储藏9 d时鱼肉菌落总数均未达到 $10^7$  CFU/g。储藏12 d时,GSP-tp0组的鱼肉菌落总数达到7.27 (lg(CFU/g)),说明若以菌落总数为指标,GSP-tp0处理后鱼肉储藏时间可延长3 d左右,而GSP-tp1、GSP-tp2、GSP-tp3鱼肉菌落总数分别为6.3 (lg(CFU/g))、5.98 (lg(CFU/g))、5.29 (lg(CFU/g)),均未超过 $10^7$  CFU/g,说明若以菌落总数为指标,GSP-tp1、GSP-tp2、GSP-tp3处理后鱼肉储藏时间可延长6 d左右。因此,采用茶多酚-海藻酸钠涂膜保鲜草鱼可以有效地控制草鱼菌落总数的增长。

### 2.4 茶多酚-海藻酸钠涂膜对鱼肉挥发性盐基氮含量的影响

挥发性盐基氮是反映原料鱼鲜度的主要指标,指动物性食品在储藏过程中,由于酶和细菌的作用,逐渐腐败变质,使蛋白质分解进而产生氨以及胺类等碱性含氮物质<sup>[21]</sup>。茶多酚-海藻酸钠涂膜对鱼肉TVB-N含量的影响如图4所示。

由图4可知,储藏期间,各组鱼肉TVB-N值均呈

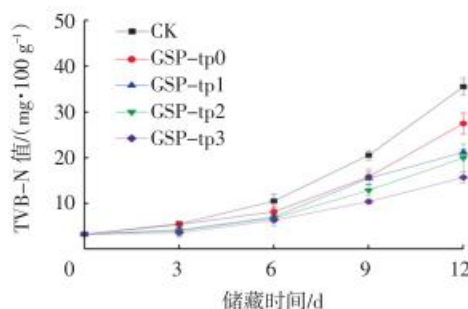


图4 茶多酚-海藻酸钠涂膜对鱼肉TVB-N含量的影响

Fig.4 Effects of tea polyphenol-sodium alginate coating on TVB-N of fish

现上升趋势。对照组草鱼在储藏9 d时TVB-N值已达到20.49 mg/100 g,超过国家食品安全标准中对淡水鱼虾的限量20 mg/100 g<sup>[22]</sup>,而涂膜组草鱼随着涂膜中茶多酚含量的增加,TVB-N值增加减缓。在储藏9 d时,涂膜组TVB-N值均未超过国家限量标准,到第12天,GSP-tp0组和GSP-tp1组的TVB-N值分别达到27.43 mg/100 g和21.12 mg/100 g,超过国标限量,而GSP-tp2组和GSP-tp3组草鱼的TVB-N值未达到20 mg/100 g,可见茶多酚-海藻酸钠涂膜处理能有效抑制鱼片TVB-N的积累。说明若以TVB-N为指标,GSP-tp0、GSP-tp1处理的鱼肉储藏时间可延长3 d左右,GSP-tp2、GSP-tp3处理的鱼肉储藏时间可延长6 d左右。茶多酚浓度越高,抑制效果越明显,这可能与茶多酚-海藻酸钠涂膜的抗菌效果密切相关。

### 2.5 茶多酚-海藻酸钠涂膜对鱼肉TBARS值的影响

TBARS值被广泛用于评价鱼肉类制品脂肪的氧化程度,是评价脂类氧化的一个常用指标<sup>[23]</sup>。茶多酚-海藻酸钠涂膜对鱼肉TBARS值的影响如图5所示。

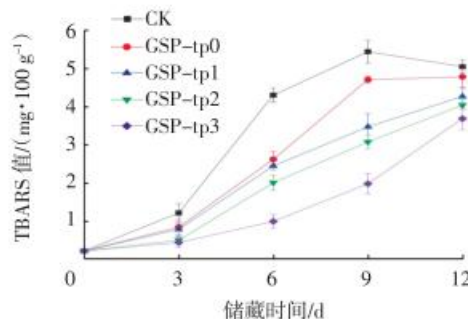


图5 茶多酚-海藻酸钠涂膜对鱼肉TBARS值的影响

Fig.5 Effects of tea polyphenol-sodium alginate coating on TBARS value of fish

由图5可知,不同方法处理的草鱼在储藏9 d期间,TBARS值均随储藏时间的延长而增加,说明鱼

肉脂肪发生了氧化,并且对照组鱼肉氧化程度明显高于涂膜处理组。涂膜组中随着茶多酚浓度增加,鱼肉氧化程度逐渐降低。这表明,涂膜处理能够有效抑制鱼肉脂质氧化。而储藏9 d后,对照组和GSP-tp0组鱼肉TBARS值发生了下降,这可能是由于丙二醛与蛋白质氨基发生作用而被消耗<sup>[24]</sup>。而其他试验组鱼肉TBARS值继续上升,并且茶多酚浓度越高,TBARS值越低,表明高浓度茶多酚-海藻酸钠涂膜对氧气的阻隔效果更好,从而在一定程度上减缓了鱼片脂质氧化速率。

## 2.6 茶多酚-海藻酸钠涂膜对鱼肉质构特性的影响

如表1所示,随着储藏时间的延长,各组草鱼硬

度、弹性和咀嚼性均呈下降趋势。储藏3 d后,不同处理方法的草鱼硬度与初始值相比变化不显著,但空白组和GSP-tp0组鱼肉弹性发生显著性下降( $P<0.05$ ),鱼肉咀嚼性只有空白组发生显著下降( $P<0.05$ ),而其他试验组均未有显著性变化。这表明,未经任何处理的鱼肉经过3 d储藏,其质构品质发生严重下降,而涂膜组储藏3 d鱼肉质构品质变化不大。并且储藏中后期(3 d后),不同方法处理的草鱼质构特性具有显著差异。随着茶多酚-海藻酸钠涂膜浓度增大,草鱼的硬度、弹性和咀嚼性变化程度逐渐减小。这表明使用茶多酚-海藻酸钠涂膜处理可更好地保持草鱼的质构特性。

表1 茶多酚-海藻酸钠涂膜对鱼肉质构特性的影响

Table 1 Effects of tea polyphenol-sodium alginate coating on fish texture

参数	处理	储藏时间/d				
		0	3	6	9	12
硬度/N	CK	3.00±0.12 aA	2.72±0.14 aB	2.22±0.20 bB	1.83±0.07 bC	1.63±0.17 cC
	GSP-tp0	3.00±0.12 aA	2.80±0.17 aAB	2.36±0.16 bB	1.99±0.09 cBC	1.71±0.08 dBC
	GSP-tp1	3.00±0.12 aA	2.83±0.12 aAB	2.46±0.13 bAB	2.05±0.06 cAB	1.82±0.06 dB
	GSP-tp2	3.00±0.12 aA	2.87±0.11 aAB	2.62±0.09 bA	2.14±0.11 cAB	1.88±0.05 dAB
	GSP-tp3	3.00±0.12 aA	2.96±0.06 aA	2.70±0.07 bA	2.25±0.15 cA	2.05±0.06 dA
弹性/mm	CK	2.72±0.17 aA	2.31±0.17 bB	2.07±0.12 bB	1.45±0.12 cC	1.06±0.24 dC
	GSP-tp0	2.72±0.17 aA	2.46±0.15 bAB	2.28±0.11 bA	1.65±0.14 cBC	1.37±0.13 dB
	GSP-tp1	2.72±0.17 aA	2.53±0.13 abAB	2.32±0.10 bA	1.68±0.11 cB	1.53±0.02 cAB
	GSP-tp2	2.72±0.17 aA	2.59±0.24 abAB	2.33±0.09 bA	1.96±0.13 cA	1.58±0.03 cAB
	GSP-tp3	2.72±0.17 aA	2.70±0.12 aA	2.45±0.12 bA	2.02±0.07 cA	1.76±0.10 dA
咀嚼性/mJ	CK	4.80±0.14 aA	4.33±0.17 bB	3.86±0.24 cB	3.01±0.14 dD	2.25±0.12 cC
	GSP-tp0	4.80±0.14 aA	4.51±0.16 aAB	4.02±0.22 bAB	3.18±0.20 cCD	2.58±0.09 dBC
	GSP-tp1	4.80±0.14 aA	4.55±0.24 aAB	4.08±0.18 bAB	3.36±0.25 cBC	2.65±0.08 dB
	GSP-tp2	4.80±0.14 aA	4.62±0.20 aAB	4.22±0.26 bAB	3.56±0.15 cAB	3.00±0.14 dA
	GSP-tp3	4.80±0.14 aA	4.70±0.21 abA	4.38±0.23 bA	3.83±0.21 cA	3.12±0.18 dA

注:同一行不同小写字母表示同一处理方法不同储藏时间之间具有显著差异( $P<0.05$ );同一列不同大写字母表示同一储藏时间不同处理方法之间具有显著差异( $P<0.05$ )。

## 3 结论

本研究结果表明,随着储藏时间的延长,鱼肉持水性下降,pH出现先下降后上升的趋势,鱼肉菌落总数、TVB-N含量、TBARS值有不同程度的升高,鱼肉硬度、弹性和咀嚼性逐渐下降。与对照组相比,茶多酚-海藻酸钠涂膜处理组鱼肉各项指标变化程度明显较小,并且涂膜中茶多酚含量越高,鱼肉品质保持越好。茶多酚-海藻酸钠涂膜处理能够有效控制鱼肉品质的劣变,保鲜效果良好。综合以上结果,3.0%茶多

酚+海藻酸钠涂膜组保鲜效果最佳,能够有效延长鱼肉的储藏期6 d左右。

### 参考文献:

- [1] 李竣,杨旭,陈洁.中国淡水鱼加工业的现状、主要问题及发展思路——基于全国58家淡水鱼加工企业的调查[J].保鲜与加工,2020,20(5):212-217. DOI:10.3969/j.issn.1009-6221.2020.05.033.
- [2] 杨涛,王万龙.茶多酚与海藻酸钠涂膜对羊肉保鲜的影响[J].食品工业,2015,36(7):28-32.
- [3] SIRIPATRAWAN U, HARTE B R. Physical properties and

- antioxidant activity of an active film from chitosan incorporated with green tea extract[J]. *Food Hydrocolloids*, 2010, 24: 770–775. DOI:10.1016/j.foodhyd.2010.04.003.
- [4] 邱瑞瑾, 谭新东, 龙志荣, 等. 茶多酚对采后龙眼果实的保鲜作用[J]. *食品研究与开发*, 2016, 37(12):183–186. DOI:10.3969/j.issn.1005-6521.2016.12.043.
- [5] 姜佳星, 刘焱, 阮林浩, 等. 茶多酚对冷藏鱼糜保鲜作用的研究[J]. *茶叶通讯*, 2013, 40(2):6–8. DOI:10.3969/j.issn.1009-525X.2013.02.002.
- [6] 李媛. 茶多酚与海藻酸钠涂膜对香肠储藏期品质的影响[J]. *食品工业*, 2018, 39(5):153–155.
- [7] 陈丽娇, 郑明锋. 大黄鱼海藻酸钠涂膜保鲜效果研究[J]. *农业工程学报*, 2003, 19(4):209–211. DOI:10.3321/j.issn:1002-6819.2003.04.051.
- [8] 陈玲. 海藻酸钠涂膜鸡蛋的保鲜效果[J]. *食品安全导刊*, 2017(6):147–149. DOI:10.16043/j.cnki.cfs.2017.06.099.
- [9] RAMANA RAO T V, BARAIYA N S, VYAS P B, et al. Composite coating of alginate–olive oil enriched with antioxidants enhances postharvest quality and shelf life of Ber fruit (*Ziziphus mauritiana* Lamk. Var. Gola) [J]. *Journal of Food Science and Technology*, 2016, 53(86):748–756. DOI:10.1007/s13197-015-2045-3.
- [10] 徐昊洋, 阮长晴. 基于壳聚糖的绿色抗菌复合涂膜材料及其在水果保鲜应用上的研究进展[J]. *食品与发酵工业*, 2020, 46(14):295–302. DOI:10.13995/j.cnki.11-1802/ts.023683.
- [11] 鞠健. 茶多酚对鲈鱼贮藏品质的影响及货架期预测模型的建立[D]. 武汉:湖北工业大学, 2017.
- [12] 马青青. 海藻酸钠涂膜对冷却鸡胸肉保鲜效果的影响[D]. 南京:南京农业大学, 2011.
- [13] 郝子娜. 低盐鲈鱼制品加工过程中品质动态变化的研究[D]. 青岛:中国海洋大学, 2015.
- [14] 食品安全国家标准 食品中挥发性盐基氮的测定:GB 5009.228—2016[S]. 北京:中国标准出版社, 2016.
- [15] BOURNE M C. Texture profile analysis[J]. *Food Technology*, 1978, 32: 62–66.
- [16] DOU L X, LI B F, ZHANG K, et al. Physical properties and antioxidant activity of gelatin–sodium alginate edible films with tea polyphenols[J]. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2018, 118:1377–1383. DOI:10.1016/j.ijbiomac.2018.06.121.
- [17] 贾哲, 陈晓婷, 蔡水淋, 等. 双斑东方鲀在冷藏保鲜过程中的水分迁移与品质变化[J]. *食品工业科技*, 2021, 42(10):287–294. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2020090118.
- [18] 张朝敏, 徐永霞, 姜程程, 等. 茶多酚–海藻糖脱腥液对白鲢鱼贮藏品质的影响[J]. *食品工业科技*, 2015, 36(24):321–324, 337. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2015.24.061.
- [19] 石朝鹏, 高天麒, 钱晓庆, 等. 不同速冻处理方式对大口黑鲈鱼肉冻藏期间品质变化影响[J]. *肉类研究*, 2020, 34(12):68–74. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20201113-264.
- [20] 中华人民共和国农业部渔业局. 冻淡水鱼片: SC/T 3116—2006[S]. 北京:中国农业出版社, 2006.
- [21] 瞿洋, 索玉娟, 蔡祥, 等. 基于挥发性盐基氮快速预测冷鲜鸡货架期[J]. *食品工业科技*, 2021, 42(16): 311–316. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2020110266.
- [22] 食品安全国家标准 鲜、冻动物性水产品: GB 2733—2015[S]. 北京:中国标准出版社, 2015.
- [23] SUGANUMA M, OKABE S, SUEOKA, et al. Green tea and cancer chemoprevention[J]. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 1999, 428(1–2): 339–344. DOI:10.1016/S1383-5742(99)00059-9.
- [24] 曹晖, 王绍云, 韩彩, 等. 黔东南侗族传统食品腌鱼中亚硝酸盐含量变化研究[J]. *凯里学院学报*, 2009, 27(6): 36–38. DOI:10.3969/j.issn.1673-9329.2009.06.011.

收稿日期:2022-01-10