

聚乙烯醇/纳米银薄膜的制备及其对黄骨鱼保鲜效果的研究

翟伟坤, 王轩, 王源升, 徐朝阳
(海军工程大学 基础部, 武汉 430033)

摘要: **目的** 研究聚乙烯醇(PVA)/纳米银薄膜的抑菌性能, 探索食品保鲜包装新方法。**方法** 以 PVA 和水为基本原料, 戊二醛为改性剂, 用溶液流延法制备含有不同质量分数(1%, 2%, 3%)纳米银的 PVA 薄膜, 分别表征其力学性能和耐水性能。将鱼肉用薄膜包裹, 在 4℃下贮藏, 每隔 3 d 取样测定菌落数并进行感官分析。**结果** PVA/纳米银薄膜对鱼肉有明显的抑菌作用, 当纳米银添加质量分数为 1% 时, 薄膜的拉伸强度为 19.41 MPa, 断裂伸长率为 49%, 力学性能良好; 吸水率为 32.2%, 润湿角为 55.1°, 疏水性较好; 与空白组相比, 鱼肉货架期延长了 4 d 左右。**结论** 质量分数为 1% 的纳米银能够增强薄膜的抑菌效果、有效维持鱼肉的感官品质, 因此, 在冷链运输中有很好的应用前景。

关键词: PVA 薄膜; 纳米银; 冷链运输; 抑菌

中图分类号: TS255.3 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2020)09-0044-07

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2020.09.007

Preparation of PVA/Nano-silver Film and Its Effect on Preservation of Yellow Bone Fish

ZHAI Wei-kun, WANG Xuan, WANG Yuan-sheng, XU Chao-yang

(Department of Basic, Naval University of Engineering, Wuhan 430033, China)

ABSTRACT: The work aims to study the antibacterial properties of PVA/nano-silver film and explore new methods for food preservation packaging. PVA film with different mass fractions of nano-silver (1%, 2%, 3%) was prepared by solution casting method, with PVA and water as the basic materials and glutaraldehyde as the modifier. The mechanical and hydrophobic properties of the film were characterized. When the fish meat was wrapped in films and stored at 4℃, the number of colonies was measured and the sensory analysis was performed every 3 days. PVA/nano-silver film had obvious antibacterial effect on fish. When the mass fraction of nano-silver was 1%, the tensile strength of the film was 19.41 MPa, while the elongation at break was 49%; therefore, the mechanical properties were good. The water absorption rate was 32.2%, while the wetting angle was 55.1°; therefore, the hydrophobicity was good. In the antibacterial experiment, compared with the blank group, the shelf life of the fish could be extended for about 4 days. 1% (mass fraction) nano-silver can enhance the antibacterial effect of the film and maintain the sensory quality of the fish effectively. Therefore, the film has good application prospects in cold chain transportation.

KEY WORDS: PVA film; nano-silver; cold chain transportation; antibacterial

黄骨鱼为淡水鱼, 具有分布范围广、产量大、
性价比高、烹饪简单、营养丰富等优点, 适合保障

部队日常消耗。作为军用补给品, 将黄骨鱼设定为
研究对象具有一定的代表性。目前, 黄骨鱼主要是

收稿日期: 2019-07-28

基金项目: 海军工程大学自主立项(422517K132)

作者简介: 翟伟坤(1994—), 男, 海军工程大学硕士生, 主攻高分子材料和冷链物流。

通信作者: 王轩(1986—), 女, 硕士, 海军工程大学讲师, 主要研究方向为高分子材料。

利用普通的聚乙烯和聚丙烯塑料袋进行包装,或是用保鲜膜包裹,虽在一定程度上起到了隔绝空气保鲜的目的,但没有办法从源头上阻止细菌滋生,因此亟需研发一种抑菌包装材料用于包裹黄骨鱼,延长其货架期^[1]。

聚乙烯醇是一种多羟基强氢键聚合物,不仅具有较强的极性、耐热性及抗静电性,还可与多种材料共混,在制备水中过滤吸附材料、隔热材料、食品药品保鲜等多功能复合泡沫材料方面具有突出优势^[2-5]。

纳米银是粒径为纳米级的金属银单质或离子。粒径越小,抗菌效果越好。其抑菌机理主要分为 2 个方面:首先银带有正电,细菌细胞壁带有负电,银离子会被细菌细胞壁吸引,当正负电不平均时,会造成细胞壁破裂,细菌内的细胞质从穿孔处流出,最终使细胞萎缩死亡;其次若接触时间够长,银也会被负电荷吸引而至细菌体内,与巯基等催化系统的官能团基结合,影响其生殖功能,造成细胞死亡^[6]。这 2 种机制均可杀死细菌体(包括超级细菌),且不会产生抗药性。目前市售含纳米银抗菌聚丙烯餐盒中纳米银的含量为 30.01 $\mu\text{g/g}$,奶瓶中的含量为 27.24 $\mu\text{g/g}$,质量分数约为 3%,且在较低温的水中迁移量较小,不会对人体造成伤害^[7]。

文中拟在 PVA 薄膜的制备过程中加入纳米银,制备 PVA/纳米银薄膜,通过实验表征其理化性质以及对黄骨鱼的抑菌保鲜性能。

1 实验

1.1 试剂材料

主要试剂材料:平板计数琼脂培养基(百思生物试剂有限公司);磷酸盐缓冲液(PBS)(西陇科学股份有限公司);聚乙烯醇(PVA-1799 和 PVA-2499,分析纯,日本可乐丽化工有限公司);戊二醛(分析纯,天津市大茂化学试剂厂);纳米银(粒径为 5~7 nm,霍普思纳米材料有限公司);黄骨鱼(鲜活,150 g/条,盒马鲜生)等。

1.2 仪器设备

主要仪器:DH4000 AB 型恒温培养箱,天津市泰斯特仪器有限公司;G2X-PH.500S 型高压蒸汽灭菌器,上海跃进医疗器械有限公司;DHG-9145A 型鼓风干燥箱,上海一恒科技有限公司;V-5600PC 型可见分光光度计,上海元析仪器有限公司;CMT4204 微机控制电子万能试验机,美特斯工业系统有限公司;JGW-360A 接触角测定仪,承德市成惠试验机有限公司;德国 Zeiss Merlin compact 型扫描电子显微镜等。

2 方法

2.1 PVA 薄膜制备

采用溶液流延法,将 4 g PVA-1799,6 g PVA-2499 颗粒和 100 mL 蒸馏水置于烧杯中,在 95 $^{\circ}\text{C}$ 下加热搅拌至完全溶解,加入 1 mL 戊二醛,持续搅拌 30 min,最终完全溶解得到 PVA 胶液。分别将 0.1, 0.2, 0.3 g 纳米银加入到 PVA 胶液,在 50 $^{\circ}\text{C}$ 下继续搅拌 20 min,随后在 $(23\pm 1)^{\circ}\text{C}$ 的真空干燥箱中放置 1 d 以除去气泡。将 PVA 胶液倒在玻璃板上,采用间隙高度相同的涂布器均匀涂覆胶液,膜厚度控制在 100 μm ,将玻璃板放于温度为 60 $^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中,在 50 min 后揭膜,得到纳米银质量分数为 1%, 2%, 3% 的 PVA 薄膜^[8]。

2.2 力学性能测试

参照 GB/T 1040—2006,经测量薄膜厚度在 100 μm 左右($< 1\text{ mm}$),且断裂应变较高,将薄膜切成窄平行部分宽度为 6 mm,端部宽度为 25 mm,总长为 115 mm,窄平行部分长度为 35 mm 的哑铃型试样,采用电子万能试验机在塑料-薄膜拉伸测试模式下测定薄膜的拉伸性能,设定拉伸速度为 5 mm/min^[9],每个样品测试 5 次,取平均值。

2.3 吸水率测定

参照 GB/T 1034—2008^[10],将厚度为 100 μm 的薄膜切成尺寸为 10 cm $\times$ 10 cm 的方块,在 60 $^{\circ}\text{C}$ 下干燥 1 h,随后称质量为 m_1 。在温度为 23 $^{\circ}\text{C}$,相对湿度为 55% 的条件下浸入蒸馏水 24 h。用滤纸吸干表面,称质量为 m_2 。每个样品取 5 块膜为 1 组,计算吸水率并取平均值。

$$W = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100\% \quad (1)$$

式中: W 为吸水率; m_1 为干膜质量; m_2 为湿膜质量。

2.4 润湿角测试

将薄膜剪裁成尺寸为 5 cm $\times$ 1 cm 的长条,采用接触角测定仪测定表面润湿角。测试液体为蒸馏水,滞后时间为 10 s,即滴加水滴后 10 s 进行测试^[12],每个样品测试 5 次并取平均值。

2.5 透光率测定

将薄膜剪裁成尺寸为 3 cm $\times$ 1 cm 的长条,采用紫外可见分光光度计在 380~780 nm 的波长下测定薄膜透光率。每个样品测试 5 次,取平均值。

2.6 扫描电子显微镜(SEM)表征

将薄膜样品剪裁成尺寸为 2 mm $\times$ 5 mm 的小样,

采用德国 Zeiss Merlin Compact 型扫描电子显微镜观察薄膜表面和断面形貌。

2.7 鱼肉的预处理和包装保鲜

将鲜活黄骨鱼运回实验室,宰杀后快速切取鱼背部肌肉 120 g 放入温度为 4 °C 的冰箱中贮藏,随后对其进行包装保鲜或空白使用。分别将 30 g 鱼肉放置于 4 组尺寸为 15 cm×9 cm×6 cm 的泡沫箱(1 组为不加任何处理的空白组,其余组分别用 PVA 薄膜、纳米银质量分数为 1% 的 PVA 薄膜、纳米银质量分数为 2% 的 PVA 薄膜包裹)中,将泡沫箱置于温度为 4 °C 的冰箱中,每隔 3 d 取样测定 1 次保鲜指标^[11]。

2.8 菌落总数测定

参照 GB 4789.2—2016,称取 1 g 样品和 9 mL PBS 放置在匀浆器内均质,制成样品匀液,放入无菌均质袋内待用。用移液器吸取质量浓度为 0.1 g/mL 样品匀液 1 mL,沿管壁缓慢注入盛有 9 mL 稀释液的无菌试管中,振摇试管使其混合均匀,制成质量浓度为 0.01 g/mL 的样品匀液。按上述操作,再制备出质量浓度为 0.001 g/mL 样品匀液,每次制备都换用了无菌吸头。3 个梯度的均质样液各吸取 1 mL 于无菌平皿内,及时将从高压灭菌锅中取出冷却至 46 °C 的 15 mL 平板计数琼脂培养基倾注平皿,转动平皿使其混合均匀。待琼脂凝固后,将平板翻转,在 36 °C 下培养 48 h。记录稀释倍数和相应的菌落数量,菌落计数以菌落形成单位(CFU)表示。每个稀释度做 3 个平皿,菌落数取 3 个平皿的平均值^[12]。

2.9 感官指标判定

文中参照 QIM 评估方法^[13—14]并加以调整,挑选 3 名从事食品领域的专业人员,运用国际基本原则^[15—16],将鱼肉新鲜度评价体系分为综合评价、颜

色、气味、质地、光泽度等 5 个剖面进行描述,考虑到综合评价是最重要的指标,赋予权重值为 2,其他剖面权重值为 1。在评分系统建立的准备阶段,通过预实验对黄骨鱼肉样进行观察,仔细记录肉样每天的表现变化,建立感官评价评分表(见表 1),满分为 12 分,8 分以下表示已不可食用^[17—18]。

2.10 黄骨鱼肉样菌落数和感官评价的显著性分析

为了判定纳米银添加量和贮藏时间的变化对肉样菌落散布是否具有显著影响,以样本均方差值为对象,进行无交互作用的双因素方差分析,则偏差平方和为:

$$S_A = \sum_{h=1}^m \sum_{l=1}^k (S_{hl} - \bar{S})^2 \quad (2)$$

$$S_T = k \sum_{h=1}^m (\bar{S}_h - \bar{S})^2 \quad (3)$$

$$S_l = k \sum_{l=1}^k (\bar{S}_l - \bar{S})^2 \quad (4)$$

$$S_E = \sum_{h=1}^m \sum_{l=1}^k (S_{hl} - \bar{S}_h - \bar{S}_l + \bar{S})^2 \quad (5)$$

式中: S_A , S_T , S_l , S_E 分别为总偏差平方和与纳米银含量、贮藏时间及随机因素产生的偏差平方和; m , k 分别为纳米银梯度数、贮藏时间梯度数; S_{hl} 为第 h 个纳米银梯度下,第 l 个贮藏时间点时的菌落数量; $\bar{S}$ 为菌落数量的平均值; $\bar{S}_h$ 为第 h 个纳米银梯度下菌落数量的平均值; $\bar{S}_l$ 为第 l 个贮藏时间点处菌落数量的平均值。

由式(2—5)可得:

$$S_A = S_T + S_l + S_E \quad (6)$$

式(6)表明菌落数量散布的总差异可分解为纳米银添加量和贮藏时间不同引起的差异与随机因素引起的差异之和。

表 1 鱼肉冷藏过程中的感官评价评分
Tab.1 Sensory evaluation score sheet during cold storage of the fish

感官剖面及特征描述	分值(X_i)			权重(M)
	2	1	0	
综合评价	鱼肉新鲜	鱼肉较新鲜	鱼肉腐败变质	2
颜色	雪白色,新鲜鱼颜色,颜色分布均匀,无深浅不同	暗淡的雪白色,颜色较均匀,轻微深浅不同	颜色暗淡,非新鲜鱼颜色	1
气味	新鲜鱼味,鱼腥味较弱,无土腥味	新鲜味弱,鱼腥味较明显,略显土腥味	无新鲜味,鱼腥味和土腥味重,或其他异味	1
质地	有弹性,指压后痕迹立即消失,鱼肉坚实,连接性好,难撕烂	比较软,弹性减弱,受压后较快恢复,或恢复程度为原来 1/4,鱼肉较坚实,连接性一般,较难撕烂	非常软,无弹性,受压之后变形,无法恢复,鱼肉无连接性,呈松散状态,易撕烂	1
光泽度	光泽度好,表面光亮	光泽度一般,表面较光亮	无光泽,表面发暗、浑浊	1

注:感官剖面得分= X_i ;感官评价总得分= $\sum (X_i M)$

选取统计量为：

$$F_T = \frac{(k-1)S_T}{S_E} \sim F[m-1, (m-1)(k-1)] \tag{7}$$

$$F_t = \frac{(m-1)S_t}{S_E} \sim F[k-1, (m-1)(k-1)] \tag{8}$$

取定显著性水平 α ，比较统计量的临界值 F_α 与实际观察值 F_T, F_t ，若 $F_T > F_\alpha$ ，则纳米银对散布有显著影响；若 $F_t > F_\alpha$ ，则贮藏时间对散布有显著影响。

感官分析的显著性差异分析方法同菌落的显著性差异分析方法一样。

3 结果分析

3.1 薄膜表面观形貌

PVA/纳米银薄膜电镜结果见图 1。由图 1 可知，PVA 薄膜表面平整光滑，截面无层状结构（见图 1a）；

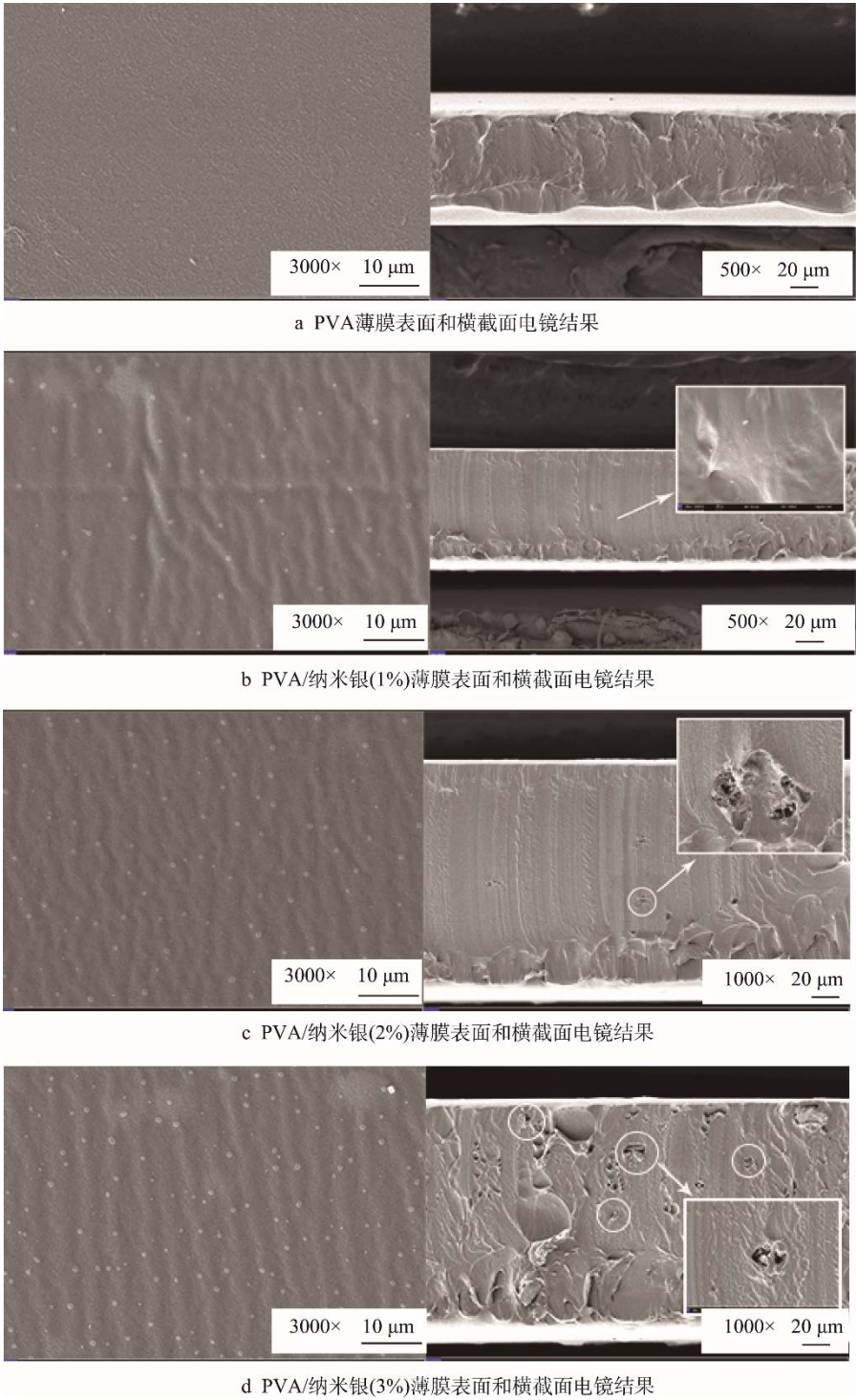
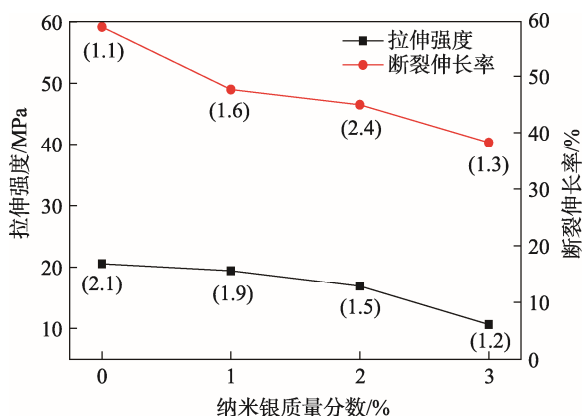


图 1 PVA/纳米银薄膜电镜结果
Fig.1 Electron micrograph of PVA/nano-silver film

PVA/纳米银(1%)薄膜表面和截面也较为平整光滑,纳米银颗粒均匀分布在薄膜表面,未对薄膜外观产生较大影响(见图1b);随着纳米银添加量的增加,颗粒在膜表面分布密集,且渐渐出现团聚现象(见图1c—d),对薄膜的外观形貌造成了较大影响。当纳米银质量分数为3%时,颗粒团聚现象严重。

3.2 力学性能

PVA/纳米银薄膜的拉伸强度和断裂伸长率见图2。由图2可知,随着纳米银的添加,PVA薄膜的拉伸强度和断裂伸长率不断减小。原因可能是纳米银不溶于水,PVA胶液固化成膜后,纳米银颗粒镶嵌在薄膜内部和表面(见图1b—d),使其连续性和柔性减弱;纳米银质量分数为3%时,纳米银粒子分布不均,团聚现象严重,团聚部位出现应力集中^[19],导致拉伸强度减小为原来的一半,断裂伸长率减少了30%,严重影响了薄膜的力学强度。

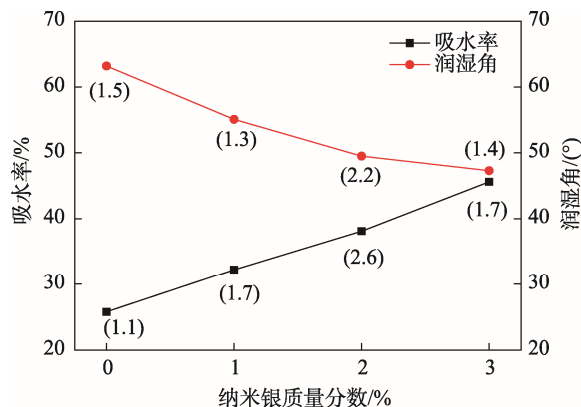


注:每组样品重复测试5次,取平均值,括号内数字为标准偏差

图2 PVA/纳米银薄膜的拉伸强度和断裂伸长率
Fig.2 Tensile strength and elongation at break of PVA/nano-silver film

3.3 吸水率

由于PVA分子有大量羟基,吸水性较好,因此会降低膜的强度,进而影响其完整性。PVA/纳米银薄膜的吸水率和润湿角见图3,可以看出,随着纳米银的增加,薄膜的吸水率也呈梯度增加趋势。一方面可能是纳米银颗粒的加入阻碍了PVA和戊二醛的交联改性;另一方面可能是过多的纳米银颗粒团聚,影响了薄膜的空间结构,造成质地不均匀^[20]。润湿角是指液相与固体的接触点处液固界面和液态表面切线的夹角,是表征薄膜材料疏水能力的一个重要指标。由图3可知,空白组薄膜的润湿角最大,为63.2°。随着纳米银的增加,润湿角呈减小趋势,说明薄膜耐水性逐渐变差。



注:每组样品重复测试5次,取平均值,括号内数字为标准偏差

图3 PVA/纳米银薄膜的吸水率和润湿角
Fig.3 Water absorption rate and wetting angle of PVA/nano-silver film

3.4 薄膜透光率

透光率反映了薄膜的清晰程度,透光率越大,薄膜越清晰,对薄膜材料的研发具有重要意义。薄膜的透光率结果见图4,可知光波波长为380~780 nm时,薄膜的透光率随波长的增加而增大。波长相同时,透光率随纳米银添加量的增加而减少,这主要是因为随着纳米银用量的增多,在PVA胶液里发生了团聚现象,粒子的平均直径增大,当平均直径与可见光波长相近时,光波容易在2种物质界面发生折射,导致透明度降低。综上所述,添加纳米银要适量,否则会对薄膜的清晰度造成不利影响。

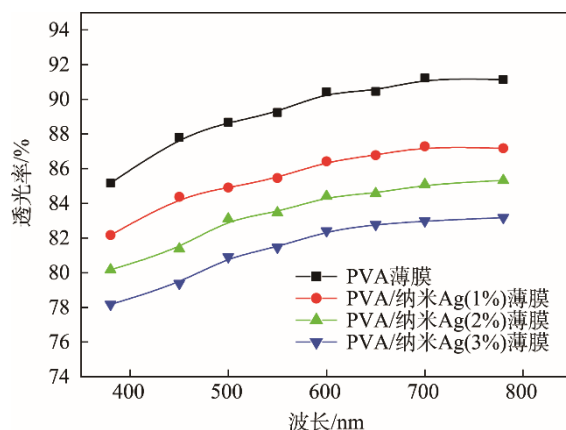


图4 薄膜的透光率

Fig.4 Light transmittance of film

3.5 鱼肉的菌落总数-时间变化曲线

各组鱼肉冷藏过程中菌落总数的变化见图5。由于PVA/纳米银(3%)薄膜的力学和疏水性能都不好,因此不进行包裹鱼肉的抑菌保鲜测试。由图5可知,菌落总数均随着时间的延长而增加。在第6天时,空白组的菌落总数为6.94 lg CFU/g,接近7 lg CFU/g(国

际食品微生物标准委员会规定新鲜或冷冻鱼肉的最大可接受菌落总数),说明不加任何防护措施的鱼肉货架期约为 6 d。在第 9 天时,纳米银(质量分数为 1%和 2%)薄膜包裹肉样的菌落总数分别为 6.65 lg CFU/g 和 6.54 lg CFU/g,说明纳米银抑制了大部分细菌的生长,延长了鱼肉的货架期(4 d 左右)。

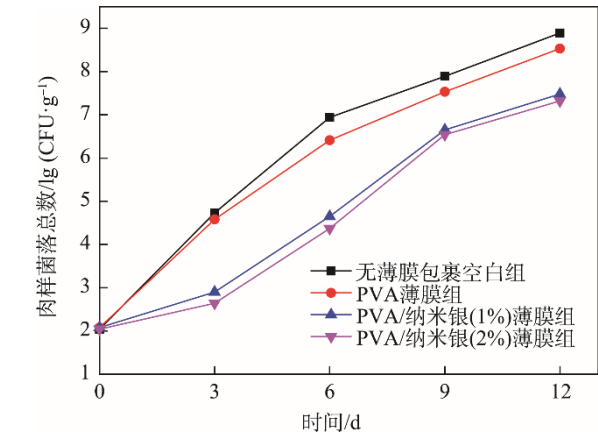


图 5 冷藏鱼肉不同时间段的菌落数量
Fig.5 Number of colonies in different time segments of frozen fish

为了进一步判定纳米银含量和贮藏时间是否对测量结果的散布有显著影响,对样本均方差进行双因素方差显著性分析(取 $\alpha=0.01$),结果见表 2。 F 的观测值 $F_t=11.59>8.65$, $F_T=86.4>7.01$,因此,纳米银含量和贮藏时间对结果散布的影响均比较显著。

表 2 纳米银添加量和贮藏时间对肉样菌落数量影响的双因素方差分析

Tab.2 Two-way analysis of variance of the effect of nano-silver addition and storage time on the number of colonies of fish sample					
差异源	偏差平方和	自由度	均方差	F	F_α
纳米银添加量	4.547 969	2	2.273 984	11.59	8.65
贮藏时间	67.812 17	4	16.953 04	86.4	7.01
误差	1.569 661	8	0.196 208		
总计	73.9298	14			

3.6 鱼肉在冷藏过程中感官品质的变化

各组鱼肉冷藏过程中的感官评分见图 6,可知,感官评分都随时间的延长而减小,薄膜处理组的感官评分均高于空白组,说明薄膜有一定的隔氧隔水性能,能起到保鲜作用。空白组在第 6 天的感官评分为 7.25 分,低于可接受的 8 分,鱼肉颜色暗淡无光泽,有异味。纳米银(质量分数为 1%和 2%)薄膜包裹的肉样感官评分分别为 8.25 分和 8.5 分,鱼肉有弹

性,鱼肉有鱼腥味,但是没有腐败的味道。这说明纳米银杀菌效果明显,抑制了细菌的繁殖,从而延长了肉样货架期(约 4 d)。

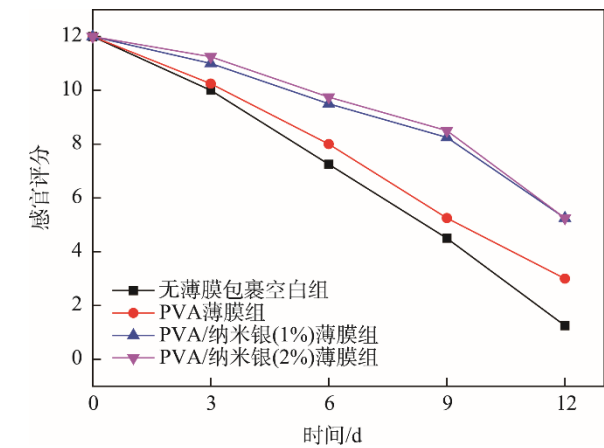


图 6 冷藏鱼肉的感官评分
Fig.6 Sensory score of frozen fish

为进一步判定纳米银含量和贮藏时间对测量结果的散布是否有显著影响,对样本均方差进行了双因素方差显著性分析(取 $\alpha=0.01$),结果见表 3。 F 的观测值 $F_t=8.93>8.65$, $F_T=54.99>7.01$,因此,纳米银添加量和贮藏时间对结果散布的影响均比较显著。

表 3 纳米银添加量和贮藏时间对肉样感官分析影响的双因素方差分析

Tab.3 Two-way analysis of variance of the influence of nano-silver addition and storage time on the sensory analysis of fish sample					
差异源	偏差平方和	自由度	均方差	F	F_α
纳米银添加量	8.633 333	2	4.316 667	8.93	8.65
时间	106.3083	4	26.577 08	54.99	7.01
误差	3.866 667	8	0.483 333		
总计	118.8083	14			

4 结语

采用溶液流延法制备了不同纳米银含量的 PVA 薄膜,当纳米银质量分数 1%时,薄膜的拉伸强度为 19.41 MPa,断裂伸长率为 49%,综合力学性能良好;吸水率为 32.2%,润湿角为 55.1°,耐水性较好。PVA/纳米银(1%)薄膜包裹结合低温贮藏能有效抑制黄骨鱼肉样的细菌繁殖,维持感官品质,延长货架期 4 d 左右。通过双因素方差分析验证了抑菌薄膜包裹对肉样抑菌保鲜效果的显著性,为海军远航训练时的食品供给和冷链运输提供了新的参考方向。

参考文献:

- [1] 翟伟坤, 王源升, 王轩. 聚乙烯醇发泡成型技术及其吸水性能研究进展[J]. 包装工程, 2019, 40(7): 96—102.
ZHAI Wei-kun, WANG Yuan-sheng, WANG Xuan. Research Progress in Polyvinyl Alcohol Foaming Technology and Water Absorption Properties[J]. Packaging Engineering, 2019, 40(7): 96—102.
- [2] PENG Z, KONG L X. A Thermal Degradation Mechanism of Polyvinyl Alcohol/Silica Nanocomposites[J]. Polymer Degradation & Stability, 2007, 6(92): 1061—1071.
- [3] GARCIA-CERDA L A, ESCARENO-CASTRO M U, SALAZAR-ZERTUCHE M. Preparation and Characterization of Polyvinyl Alcohol-cobalt Ferrite Nanocomposites[J]. Journal of Non-crystalline Solids, 2007, 353: 808—810.
- [4] KOKABI M, SIROUSAZAR M, HASSAN Z M. PVA-clay Nanocomposite Hydrogels for Wound Dressing[J]. European Polymer, 2007, 43(3): 773—781.
- [5] PENG F B, LU L Y, SUN H M. Organic-inorganic Hybrid Membranes with Simultaneously Enhanced Flux and Selectivity[J]. Industria & Engineering Chemistry Research, 2007, 46: 2544—2549.
- [6] 雍春艳. 载 Ag 磁性可回收抗菌纳米复合材料研究[D]. 南京: 南京理工大学, 2016: 11—12.
YONG Chun-yan. Silver-loaded Magnetic Recyclable Antibacterial Nanocomposites[D]. Nanjing: Nanjing University of Science and Technology, 2016: 11—12.
- [7] 刘佳. 食品接触用纳米材料的迁移及纳米银生物抗菌性研究[D]. 杭州: 中国计量大学, 2016: 23—26.
LIU Jia. Migration of Nanomaterials for Food Contact and Bio-antibacterial Properties of Nano-silver[D]. Hangzhou: China Ji Liang University, 2016: 23—26.
- [8] CHEN C W, XIE J, YANG F X, et al. Development of Moisture Absorbing and Antioxidant Active Packaging Film Based on Poly (Vinyl Alcohol) Incorporated with Green Tea Extract and Its Effect on the Quality of Dried Eel[J]. Journal of Food Processing & Preservation, 2017, 42: e13374.
- [9] GB/T 1040—2006, 塑料拉伸性能试验方法[S].
GB/T 1040—2006, Plastic Tensile Test Method[S].
- [10] GB/T 1034—2008, 塑料吸水性试验方法[S].
GB/T 1034—2008, Plastic Water Absorption Test Method[S].
- [11] 唐智鹏, 陈晨伟, 谢晶. 聚乙烯醇活性薄膜对大黄鱼保鲜效果及品质动态监控[J]. 食品工业科技, 2019, 40(10): 290—296.
TANG Zhi-peng, CHEN Chen-wei, XIE Jing. Effect of Antibacterial and Anti-oxidation Polyvinyl Alcohol Film on the Fresh-keeping Hg Effect and Quality of Large Yellow Croaker[J]. Food Industry Science and Technology, 2019, 40(10): 290—296.
- [12] GB/T 4789.2—2016, 食品微生物学检验 菌落总数测定[S].
GB/T 4789.2—2016, Food Microbiology Test Total Number of Colonies [S].
- [13] BREMNER H A. A Convenient Easy to Use System for Estimating the Quality of Chilled Seafood[J]. Fish Processing Bulletin, 1985(7): 59—70.
- [14] HYLDIG G. Quality Index Method an Objective Tool for Determination of Sensory Quality[J]. Journal of Aquatic Food Product Technology, 2004, 13(4): 71—80.
- [15] GB/T 10220—2012, 感官分析方法学总论[S].
GB/T 10220—2012, Sensory Analysis Methodology General[S].
- [16] GB/T 16861—1997, 感官分析通用多元分析方法鉴定和选择用于建立感官剖面的描述词[S].
GB/T 16861—1997, Sensory Analysis Generalized Multivariate Analysis Method for Identification and Selection of Descriptors Used to Establish Sensory Profiles[S].
- [17] 李汴生, 俞裕明, 朱志伟, 等. QIM 和理化指标综合评价南方鲇鱼片冷藏新鲜度[J]. 华南理工大学学报(自然科学版), 2007(12): 126—131.
LI Bian-sheng, YU Yu-ming, ZHU Zhi-wei, et al. Comprehensive Evaluation of Freshness of Southern Catfish Slices by QIM and Physical and Chemical Indicators[J]. Journal of South China University of Technology (Natural Science Edition), 2007(12): 126—131.
- [18] 李金林, 王维亚, 李鑫, 等. 基于雷达图与紫外-可见分光光度法建立鱼汤挥发性风味评价方法及其应用[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(8): 2103—2110.
LI Jin-lin, WANG Wei-ya, LI Xin, et al. Evaluation Method and Application of Volatile Flavor of Fish Soup Based on Radar Image and Ultraviolet-visible Spectrophotometry[J]. Journal of Food Safety and Quality, 2019, 10(8): 2103—2110.
- [19] 白有灿, 谌凡更. 低共熔溶剂制备纤维素纳米晶体用于增强聚乙烯醇薄膜[J]. 中国造纸, 2018, 37(10): 1—7.
BAI You-can, CHEN Fan-geng. Preparation of Cellulose Nanocrystals from Eutectic Solvent for Reinforcing Polyvinyl Alcohol Film[J]. China Pulp and Paper, 2018, 37(10): 1—7.
- [20] SIQUEIRA G, BRAS J, DUFRESNE A. Cellulose Whiskers Versus Microfibrils: Influence of the Nature of the Nanoparticle and Its Surface Functionalization on the Thermal and Mechanical Properties of Nanocomposites[J]. Biomacromolecules, 2008, 10(2): 425.