

ϵ -聚赖氨酸/聚乙烯醇复合膜的抑菌活性及其对生鲜鸭肉的保鲜作用

杨萍萍¹, 郭思琪¹, 侯温甫^{1,2}, 胥伟^{1,2}, 王宏勋^{2,3}

(1. 武汉轻工大学食品科学与工程学院, 湖北武汉 430023) (2. 湖北省生鲜食品工程技术研究中心, 湖北武汉 430023) (3. 武汉轻工大学生物与制药工程学院, 湖北武汉 430023)

摘要: 本研究将 ϵ -聚赖氨酸(ϵ -poly-L-lysine, ϵ -PL)内化于聚乙烯醇膜, 获得 ϵ -PL/聚乙烯醇复合膜, 通过对其力学、抑菌圈、液体生长曲线及对包裹生鲜鸭肉后品质等实验, 分析复合膜抑菌及维持生鲜鸭肉品质特性。结果表明: ϵ -PL浓度低于4%, 50℃干燥5 h时, 复合膜成型良好; 3% ϵ -PL的复合膜断裂拉伸应变率和拉伸强度效果最佳; 固体平板条件下, 复合膜对肠球菌、大肠杆菌、枯草芽孢杆菌和金黄色葡萄球菌均有抑制作用, 最大抑菌圈直径分别达到26.78 mm、26.48 mm、32.93 mm和27.83 mm; 液体体系中, 20 h后可完全抑制这四株菌株生长, 抑菌效果随抑菌剂浓度增加而显著提升($p<0.05$); 10℃贮藏时, 与空白组相比, 4% ϵ -PL的复合膜有效抑制了生鲜鸭肉储藏过程中TVB-N含量的升高, 显著降低其菌落总数($p<0.05$), 延长货架期4 d以上。综合来看, ϵ -PL/聚乙烯醇复合膜具有良好抑菌特性, 应用于生鲜鸭肉贮藏具有良好的保鲜效果。

关键词: ϵ -聚赖氨酸; 聚乙烯醇; 复合膜; 抑菌圈; 生鲜鸭肉

文章编号: 1673-9078(2020)03-113-119

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2020.3.015

Antibacterial of ϵ -poly-L-lysine/Polyvinyl Alcohol Composite Film and its Preservation Effect on Fresh Duck Meat

YANG Ping-ping¹, GUO Si-qi¹, HOU Wen-fu^{1,2}, XU Wei^{1,2}, WANG Hong-xun^{2,3}

(1. College of Food Science and Engineering, Wuhan Polytechnic University, Wuhan 430023, China)

(2. Fresh Food Engineering and Technology Research Center of Hubei Province, Wuhan 430023, China)

(3. School of Biological and Pharmaceutical Engineering, Wuhan Polytechnic University, Wuhan 430023, China)

Abstract: In this work, ϵ -poly-L-lysine (ϵ -PL) was internalized in a polyvinyl alcohol film to obtain an ϵ -PL/polyvinyl alcohol composite film. Its mechanics, inhibition zone, the liquid growth curve and the quality of the packaged fresh duck meat were detected to analyze the antibacterial effect of the composite film and preservation effect of fresh duck meat. The results showed that, when the ϵ -PL concentration is lower than 4%, the composite film is well formed by drying at 50 °C for 5 h. The tensile strain rate and tensile strength of the composite film of 3% ϵ -PL were the best. In Solid plate condition, the composite film had inhibitory effects on *Enterococcus*, *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis* and *Staphylococcus aureus*, and the diameter of the largest inhibition zone were 26.78 mm, 26.48 mm, 32.93 mm and 27.83 mm, respectively. In the liquid system, after 20 h, the growth of these four strains was completely inhibited, and the antibacterial effect increased significantly with the increase of the concentration of the inhibitor ($p<0.05$). When storage at 10 °C, compared with the blank group, the 4% ϵ -PL composite film effectively inhibited the increase of TVB-N, and reduced significantly the total number of colonies ($p<0.05$), resulting in extending the storage more than 4 days. Therefore, the ϵ -PL/polyvinyl alcohol composite film had good bacteriostatic properties and could be suitable for storage of fresh duck meat.

引文格式:

杨萍萍, 郭思琪, 侯温甫, 等. ϵ -聚赖氨酸/聚乙烯醇复合膜的抑菌活性及其对生鲜鸭肉的保鲜作用[J]. 现代食品科技, 2020, 36(3): 113-119

YANG Ping-ping, GUO Si-qi, HOU Wen-fu, et al. Antibacterial of ϵ -poly-L-lysine/polyvinyl alcohol composite film and its preservation effect on fresh duck meat [J]. Modern Food Science and Technology, 2020, 36(3): 113-119

收稿日期: 2019-10-11

基金项目: 湖北省技术创新专项重大项目(2017ABA136); 湖北省高等学校优秀中青年科技创新团队计划项目(T201809)

作者简介: 杨萍萍(1991-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 粮食、油脂及蛋白质

通讯作者: 王宏勋(1977-), 男, 博士, 教授, 研究方向: 食品加工与安全

fresh duck meat with good preservation effect.

Key words: ϵ -poly-L-lysine; polyethylene alcohol; composite film; antibacterial; raw duck meat

ϵ -聚赖氨酸是赖氨酸单体由 α -羧基和 ϵ -氨基形成酰胺键而连接成的均聚氨基酸, 由大约 20~30 个赖氨酸残基组成^[1,2], 具有广谱抗菌性, 能够抑制包括革兰氏阳性菌、革兰氏阴性菌、霉菌及其他多种微生物的生长繁殖^[3], 在人体中分解成人体必需的赖氨酸, 对人体无任何毒副作用^[4], 具有潜在商业利用价值^[5]。

ϵ -PL 作为新型天然防腐剂在日本广泛用于汤料、面条、煮熟的蔬菜、饮料、海产品及寿司等的保鲜; 美国、韩国也用于土豆沙拉、蒸蛋糕和奶油蛋羹等食品^[6,7], 我国近年来也将 ϵ -PL 应用在牛奶、橙汁、食醋等食品的保鲜^[8], 但尚未批准应用于肉类产品保鲜中。

聚乙烯醇 (poly-(vinyl alcohol), PVA) 是可降解的大分子材料, 具有良好的吸水性能^[9], 以聚乙烯醇为基质的 PVA 膜具有阻隔氧气、外观透明^[10]、水溶性、生物降解性、热黏合性等特点^[11], 是目前研究最广泛的环境友好型包装材料之一^[12], 在食品包装、生物医学、建筑等领域广泛应用^[13], 纯 PVA 膜没有抗菌功能。

目前我国鸭肉消费主要以冷冻鸭肉和休闲制品为主^[14], 随着人们对肉类品质要求的提高, 生鲜鸭肉逐渐成为消费者摄入鸭肉的新途径^[15], 由于不能完全灭菌, 生鲜鸭肉存在着易腐败、保质期短的问题^[16-18], 一定程度上限制了生鲜鸭肉产业的发展。课题组在前期研究中发现^[19], ϵ -PL 能够抑制生鲜鸭肉中腐败微生物的增殖, 有效维持贮藏期间的生鲜鸭肉品质。

本研究将 ϵ -PL 内化于聚乙烯醇材料, 制备 ϵ -PL/聚乙烯醇复合膜, 研究复合膜的物理特性、抑菌特性及包裹对生鲜鸭肉品质的影响, 为发挥 ϵ -PL 抑菌特性, 维持生鲜鸭肉品质提供新途径。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

聚乙烯醇 (PVA) 1750±50, 国药集团化学试剂有限公司; ϵ -聚赖氨酸 (ϵ -PL), 郑州拜纳佛生物工程股份有限公司; 甘油, 国药集团化学试剂有限公司; PCA 培养基, 青岛高科技工业园海博生物技术有限公司; 酵母, OXOID; 胰蛋白胨, OXOID; 氯化钠, 国药集团化学试剂有限公司; 琼脂粉, OXOID。

生鲜鸭肉: 购于武汉常青花园武商量贩超市。

实验所用菌种: 肠球菌; 枯草芽孢杆菌; 大肠杆菌; 金黄色葡萄球菌, 以上菌种均为本实验室分离提纯后经过生化鉴定确定的菌种。

1.2 仪器与设备

电子分析天平, 上海浦春计量仪器有限公司; 电磁炉, Midea; DF-101S 集热式恒温加热磁力搅拌器, 巩义市予华仪器有限责任公司; 超声清洗机, 宁波新芝生物科技股份有限公司; 电热鼓风干燥箱, 上海一恒科学仪器有限公司; GR60DR 立式灭菌器, 美国 ZEALWAY; SW-CJ-2FD 型双人单面净化工作台, 苏州净化; HBM-400 系列样品均质器, 天津恒奥公司; DRP-9082 型电热恒温培养箱, 上海森信实验仪器有限公司; HPX-9082 MBE 型电热恒温培养箱, 上海博讯实业有限公司医疗设备厂; TCYQ 型摇床, 太仓市实验设备厂; XHF-D 高速分散器 (内切式匀浆机), 宁波新芝生物科技股份有限公司; ST2100 型实验室 pH 计, 奥豪斯仪器 (常州) 有限公司; FHW-450 保鲜膜封接机; 培养箱; 全自动微生物生长测定仪, 芬兰 Bioscreen 公司; 低温培养箱, SANYO 公司; 电子万能试验机, 深圳三思纵横科技股份有限公司; 智塑打孔器, 惠州市齐力电子有限公司; 自动菌落分析仪, 杭州迅数科技有限公司。

1.3 方法

1.3.1 ϵ -PL/PVA 复合膜的制备

制备 ϵ -PL/PVA 复合膜的方法参考唐智鹏^[20]等方法并稍作修改。称取 7 g PVA 树脂颗粒放入 300 mL 蒸馏水置于烧杯中, 沸水中加热至完全溶解, 加入 1% 甘油作为增塑剂搅拌 30 min 后, 添加 ϵ -PL 浓度 (0%、1%、2%、3%、4%) 搅拌 30 min, 超声消泡 30 min, 最终制得 ϵ -PL/PVA 混合膜液。

量取 40 mL ϵ -PL/PVA 膜液, 倒入 15 cm×15 cm 塑料平板, 干燥箱温度设置为先 30 °C 12 h 后 50 °C (1、3、5) h, 分别揭膜后保存。其中, 根据 ϵ -PL 添加浓度 (0%、1%、2%、3%、4%), 依次将复合膜标记为 A、B、C、D、E 五组。

1.3.2 ϵ -PL/PVA 复合膜的力学性能测定

采用电子万能试验机, 依据 GB/T 1040.3-2006^[21]和 GB/T 6672-2001^[22]中对薄膜拉伸性能进行测试。具体试验根据秦晓芳^[23]等的条件稍加修改, 将试样裁剪成 10 cm×2 cm 的长条, 每组做 6 个平行样品, 拉伸速度设置为 100 mm/min。

1.3.3 ϵ -PL/PVA 复合膜抑菌圈实验

参考孙立春等^[24]无菌滤纸片制备的方法, 用打孔

器制作直径为 8.80 mm 的膜片,紫外杀菌 30 min 后备用。

参考王小红等^[25]实验方法,将冻存于-80 °C的肠球菌、枯草芽孢杆菌、大肠杆菌、金黄色葡萄球菌采用划线法在固体 LB 平板上活化,挑取单菌落接种于 10 mL 液体 LB 中,将其置于 37 °C 摇床培养 12 h,使细菌处于对数生长后期,菌液经稀释(约 10⁻³ CFU/mL)后均匀涂布至固体 LB 平板上。夹取 PVA 膜片置于固体 LB 平板上,每个板上各放置 3 片 PVA 膜片。将培养皿置于 37 °C 培养箱培养 24 h,使用自动菌落分析仪测量抑菌圈的直径。

1.3.4 ε-PL/PVA 复合膜液体生长曲线实验

A~E 5 种 ε-PL/PVA 复合膜紫外杀菌 30 min, 无菌操作下,复合膜:液体 LB 为 0.030 g: 1 mL 比例,摇床 37 °C 180 r/min 培养 24 h,其制备好的膜液待用。

无菌操作下,在全自动微生物生长测定仪的蜂窝板中,每孔加入 180 μL 薄膜液和 20 μL 菌液,每个样品做三个平行组,CK 组将膜液改用无菌蒸馏水作为空白对照。

1.3.5 ε-PL/PVA 复合膜包裹对生鲜鸭肉品质影响

1.3.5.1 生鲜鸭肉预处理和包装保鲜

将购于超市的生鲜鸭肉去皮后均匀切割每块 50 g 用作包装保鲜或空白使用,用不同浓度的 ε-PL/PVA 复合膜包裹鸭肉,放置于无菌托盘中保鲜膜包裹,CK 组直接将鸭肉放入无菌托盘中保鲜膜包裹,置于 10 °C 冰箱,分别于 0、2、4、6、8 d 取样测定相关指标。

1.3.5.2 菌落总数测定

按照 GB 4789.2-2016《食品卫生微生物学检测 菌落总数测评》^[26]测定。

1.3.5.3 挥发性盐基氮(TVB-N)的测定

按照 GB 5009.228-2016《食品安全国家标准 食品中挥发性盐基氮的测定》^[27]中半微量定氮法测定。

1.3.5.4 pH 值测定

参照 GB/T 5009.237-2016《食品安全国家标准 食品 pH 值的测定》方法^[28],采用 ST2100 型实验室 pH 计进行实验结果测定。

1.4 数据处理

采用 Origin 8.5 软件对数据进行处理,用 SPSS Statistics 19.0 软件对数据的显著性水平统计分析,组间的数据比较采用单因素方差分析(One-way ANOVA),以 $p < 0.05$ 表示差异具有统计学意义。

2 结果分析

2.1 ε-PL/PVA 复合膜制备与力学性能分析

随着 ε-PL 添加量的增加,复合膜的脆度增大,添加 ε-PL 量增加到 4% 以上时,复合膜的完整性和透明度变差,添加低于 4% 浓度的 ε-PL, 50 °C 条件下烘干 5 h 可以获得成型良好的 ε-PL/PVA 复合膜。不同添加浓度的 ε-PL/PVA 复合膜的力学性能测定结果(图 1)显示,ε-PL 添加明显改变了 ε-PL/PVA 复合膜的断裂拉伸应变率和拉伸强度($p < 0.05$),随着添加的 ε-PL 溶液浓度增加,复合膜断裂拉伸应变率和拉伸强度呈现先增加后降低的趋势,添加 3% ε-PL 浓度复合膜的断裂拉伸应变率和拉伸强度达到最优状态,分别为 461.99% 和 0.017 MPa。复合膜断裂拉伸应变率和拉伸强度变化原因,可能是 PVA 分子中含有亲水基团羟基(-OH),遇水之后 PVA 交联体中的羟基(-OH)便游离在网络之外^[29]。ε-PL 中含有的 NH³⁺ 可与 PVA 中呈现游离状态的-OH 存在相互作用,使膜中的分子间形成更加紧密的网状结构,复合膜的断裂拉伸应变率和拉伸强度逐渐增强,同时当体系中的 NH³⁺ 含量过多时会使得网状结构变得松散,复合膜的断裂拉伸应变率和拉伸强度能变差^[30]。曾嵘等^[31]也研究发现,相比纯膜,复合膜的力学性能得到显著提高。

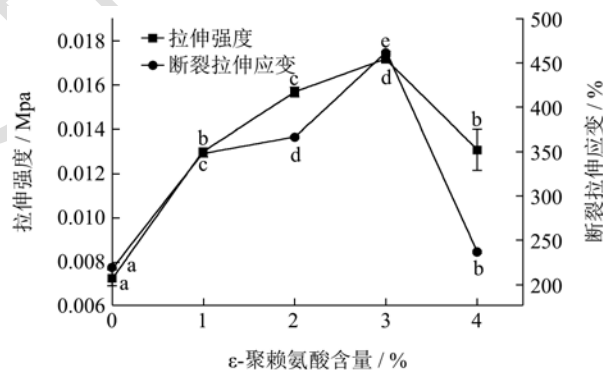


图 1 ε-PL 添加量对复合膜力学性能的影响

Fig.1 Effect of ε-PL addition on mechanical properties of composite film

注:图中小写字母不同表示与 CK 组相比差异显著($p < 0.05$)。下同。

2.2 ε-PL/PVA 复合膜固体平板抑菌特性

由图 2 可知,不同添加浓度的 ε-PL/PVA 复合膜具有较好的抑菌性,对肠球菌、枯草芽孢杆菌、大肠杆菌和金黄色葡萄球菌均有显著的抑菌效果($p < 0.05$),抑菌效果枯草芽孢杆菌>金黄色葡萄球菌>大肠杆菌>肠球菌。2% 添加浓度的复合膜对肠球菌和大肠杆菌抑菌圈直径最大,分别达到 26.78 mm 和 26.48 mm,4% 添加浓度的复合膜对枯草芽孢杆菌和金黄色

葡萄球菌的抑菌圈直径最大分别为 32.93 mm 和 27.83 mm。实验结果与郭文燕等^[32]研究、周祺等^[33]研究和郭全友等^[34]研究结果相一致。

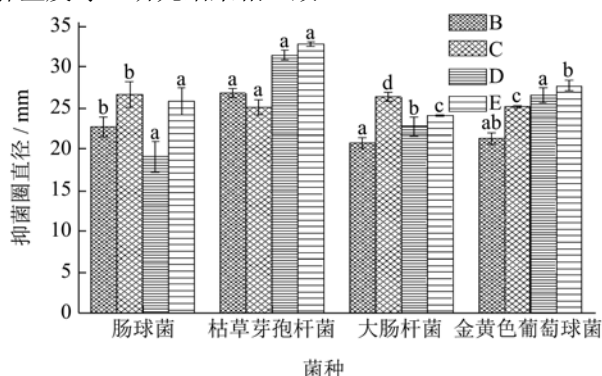


图 2 ϵ -PL/PVA 复合膜不同菌种抑菌圈直径数据

Fig.2 The inhibition zone diameter at different strains of ϵ -PL/PVA composite film

2.3 ϵ -PL/PVA 复合膜液体体系抑菌特性

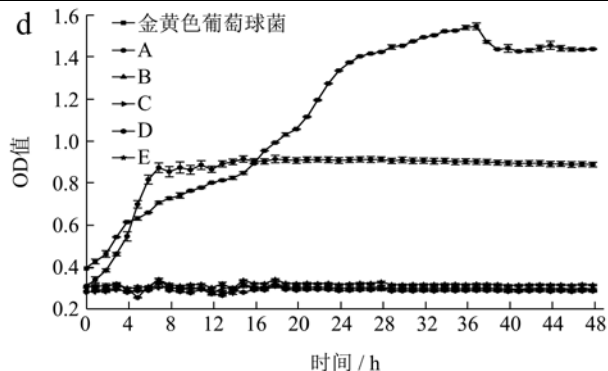
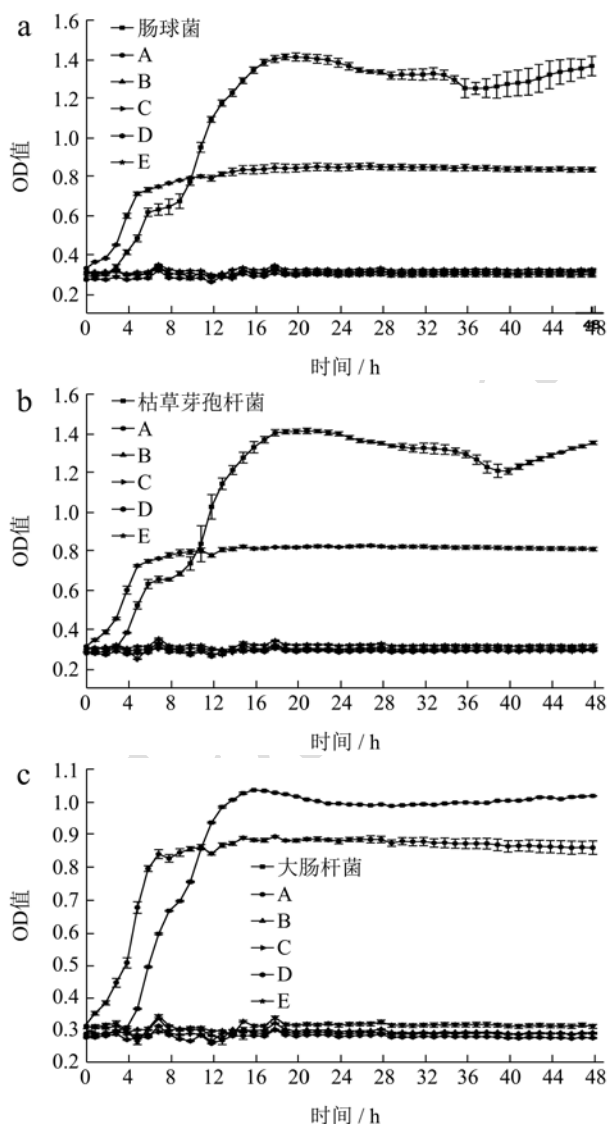


图 3 ϵ -PL/PVA 复合膜对 4 株供试菌液体生长曲线效果的影响

Fig.3 Effect of ϵ -PL/PVA composite film on the growth of four tested bacteria

注：a~d 图实验菌种分别为肠球菌、枯草芽孢杆菌、大肠杆菌、金黄色葡萄球菌的液体生长曲线图。

由图 3 可知，不同添加浓度的 ϵ -PL/PVA 复合膜液体体系下对肠球菌、枯草芽孢杆菌、大肠杆菌和金黄色葡萄球菌均有显著的抑菌效果 ($p < 0.05$)，抑菌效果肠球菌 > 大肠杆菌 > 枯草芽孢杆菌 > 金黄色葡萄球菌。CK 组四株供试菌株生长曲线均呈现典型的 S 型，添加了不同浓度的 ϵ -PL/PVA 复合膜的供试菌株的生长曲线变化明显，四株供试菌株 OD 值增长幅度相比空白组明显减少。对同一供试菌株而言，不同添加浓度的 ϵ -PL/PVA 复合膜对微生物生长均有很好的抑制作用，抑制作用与 ϵ -PL 浓度有关，3% 浓度抑制效果最优，20 h 后生长无波动现象处于稳定期，供试菌株增殖完全被抑制。结果表明，液体体系下 ϵ -PL/PVA 复合膜能很好地抑制 4 株供试菌株的生长，延缓其生长期，并在后期完全抑制生长。且周祺^[33]等研究结果表明 ϵ -PL 通过改变细胞膜通透性等条件，对肠球菌也有很好的杀菌效果。

2.4 ϵ -PL/PVA 复合膜包裹对生鲜鸭肉中微生物增殖特性影响

由图 4 可知，在 10 °C 条件贮藏过程中，不同添加浓度的 ϵ -PL/PVA 复合膜包裹对生鲜鸭肉贮藏期间微生物增殖均有良好的抑制作用，菌落总数数值明显低于空白组和聚乙烯醇包装膜包裹组 ($p < 0.05$)。生鲜鸭肉的初始菌落总数为 3.85 lg CFU/g，在储藏的第 2 d， ϵ -PL/PVA 复合膜包裹组中菌落总数大幅度减少，是因为复合膜中含有的 ϵ -PL 抗菌剂在一定程度上抑制微生物的增长，这一结果与 Lian 等^[35]研究结果一致。贮藏第 8 d，空白组中菌落总数数值为 10.17 lg CFU/g，相比空白组菌落总数，聚乙烯醇包装膜包裹

组降低 1.96 lg CFU/g, 4%浓度的 ϵ -PL/PVA 复合膜包裹降低 4.14 lg CFU/g。

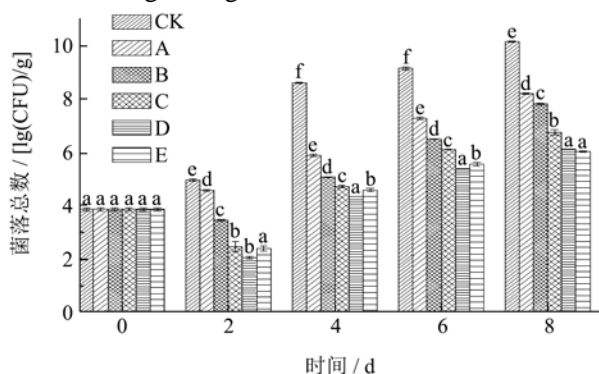


图4 不同包装条件下生鲜鸭肉贮藏期间菌落总数数值

Fig.4 Total number of colonies during storage of fresh duck under different packing conditions

贮藏过程中, 聚乙烯醇包装膜包裹组中的菌落总数呈现递增趋势, 到第 4 d, 其数量已经达到 5.89 lg CFU/g, 接近变质肉标准, 不同添加浓度的 ϵ -PL/PVA 复合膜包裹组的菌落总数数值低于同时间的聚乙烯醇包装组 1 个数量级以上, 其中 1%、2%浓度的 ϵ -PL/PVA 复合膜第 6 d 菌落总数数值超过 6.0 lg CFU/g, 3%、4%浓度的 ϵ -PL/PVA 复合膜在第 8 d 超过 6.0 lg CFU/g。试验结果表明, ϵ -PL/PVA 复合膜可以有效的抑制鸭肉菌落总数的增长。

2.5 ϵ -PL/PVA 复合膜包裹对生鲜鸭肉中挥发性盐基氮数值影响

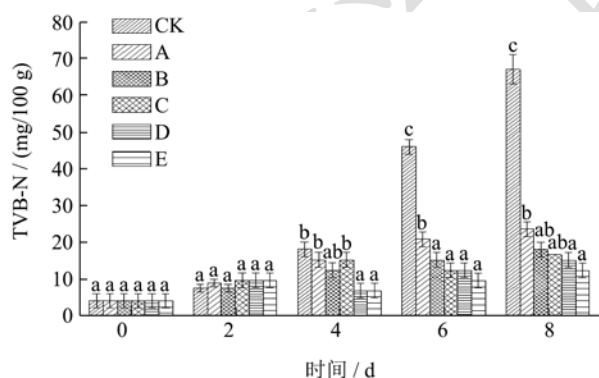


图5 ϵ -PL/PVA 复合膜包裹鸭肉贮藏期间 TVB-N 数值

Fig.5 The TVB-N value during storage of ϵ -PL/PVA composite film wrapped fresh duck

从图 5 实验结果看, ϵ -PL/PVA 复合膜包裹延缓了生鲜鸭肉 10 °C 条件下贮藏期间的 TVB-N 值, ϵ -PL/PVA 复合膜包裹生鲜鸭肉的 TVB-N 明显低于空白组和聚乙烯醇包装膜包裹组 ($p < 0.05$)。贮藏第 8 d 时, 空白组 TVB-N 为 67.20 mg/100 g, 聚乙烯醇包装膜包裹组 TVB-N 为 23.80 mg/100 g, 4% ϵ -PL/PVA 复

合膜包裹 TVB-N 为 12.60 g/100。

贮藏过程中, 聚乙烯醇包装膜包裹组中的 TVB-N 逐渐上升, 到第 4 d, 其数值已经达到 15.40 mg/100 g, 超过 15 mg/100 g 的变质肉标准。不同浓度的 ϵ -PL/PVA 复合膜随贮藏时间的增加, 均呈现上升趋势, 贮藏第 8 d, 1%~3%浓度的 ϵ -PL/PVA 复合膜包裹生鲜鸭肉的 TVB-N 数值超过变质肉标准的 15 mg/100 g, 4%浓度的 ϵ -PL/PVA 复合膜包裹生鲜鸭肉的 TVB-N 为 12.60 mg/100 g, 低于变质肉的 TVB-N 标准, 结果与 Song 等^[36]研究结果中鱼肉的 TVB-N 值的变化结果一致。整体来看, ϵ -PL/PVA 复合膜可以明显延缓生鲜鸭肉贮藏过程中 TVB-N 值的变化, 具有良好的保鲜效果。

2.6 ϵ -PL/PVA 复合膜影响鸭肉 pH 变化特性

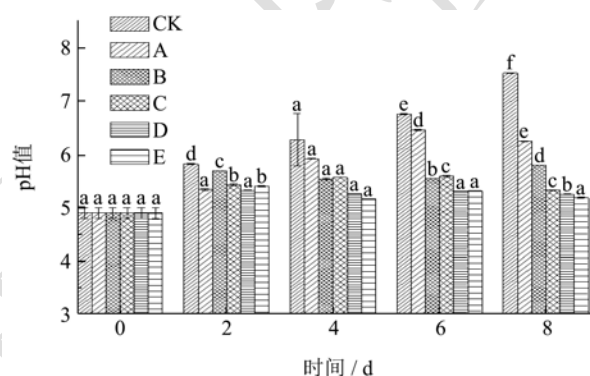


图6 ϵ -PL/PVA 复合膜包裹生鲜鸭肉贮藏期间 pH 变化

Fig.6 The pH change during storage of ϵ -PL/PVA composite film wrapped fresh duck

由图 6 中可以看出, 在 10 °C 条件贮藏过程中, 空白组和聚乙烯醇包装膜包裹组 pH 值呈现逐渐增加趋势, 其原因主要是微生物破坏了肌肉组织, 导致胺类化合物等碱性物质含量增多^[37]。不同浓度 ϵ -PL/PVA 复合膜包裹的生鲜鸭肉的 pH 升高均明显低于空白组和聚乙烯醇包装膜包裹组, 贮藏第 8 d, 空白组 pH 为 7.53, 聚乙烯醇包装膜组为 pH 6.26, 1%~4% ϵ -PL 浓度复合膜组 pH 分别为 5.80、5.33、5.26 和 5.19, 呈现出显著性差异 ($p < 0.05$), 这个是由于 ϵ -PL/PVA 复合膜的包裹过程中, ϵ -PL 减缓鸭肉变质进程, 因此复合膜处理组相比空白组, pH 变化缓慢。

3 结论

3.1 PVA 膜制备液中添加低于 4%浓度的 ϵ -PL, 50 °C 烘干 5 h 能够制备出膜型良好的 ϵ -PL/聚乙烯醇复合膜, 复合膜断裂拉伸应变率和拉伸强度随添加浓度的增加呈现先增加后下降的趋势, 添加 3% ϵ -PL 浓度的 ϵ -PL/聚乙烯醇复合膜断裂拉伸应变率和拉伸强度最优, 分别为 461.99%和 0.01719 Mpa。

3.2 不同添加浓度的 ϵ -PL/聚乙烯醇复合膜在固体平板条件下,对肠球菌、大肠杆菌和枯草芽孢杆菌、金黄色葡萄球菌均有显著的抑制作用。其中 2%浓度对肠球菌、大肠杆菌的抑菌圈直径分别达到 26.78 mm、26.48 mm,4%浓度对枯草芽孢杆菌、金黄色葡萄球菌的抑菌圈直径分别达到 32.93 mm、27.83 mm。在液体体系中, ϵ -PL/聚乙烯醇复合膜延缓了四株供试菌株的生长,3%添加浓度的复合膜抑制效果最优。

3.3 10 °C条件贮藏环境下, ϵ -PL/聚乙烯醇复合膜包裹能够显著降低鸭肉后菌落总数、挥发性盐基氮指标和 pH 数值,4%浓度 ϵ -PL/聚乙烯醇复合膜包裹生鲜鸭肉贮藏第 8 d 的菌落总数为 6.03 lg CFU/g,挥发性盐基氮为 12.60 mg/100 g, pH 为 5.19,能够延长生鲜鸭肉货架期 4 d 以上。

参考文献

- [1] Shima S, Sakai H. Poly-L-lysine produced by *Streptomyces*. part III. chemical studies [J]. Agricultural and Biological Chemistry, 1981, 45(11): 2503-2508
- [2] 刘璐,鲁晓翔,陈绍慧,等. ϵ -聚赖氨酸采后处理对樱桃冰温贮藏期间品质的影响[J].食品工业科技,2015,36(12):319-323
LIU Lu, LU Xiao-xiang, CHEN Shao-hui, et al. Effects of postharvest treatment of ϵ -poly-L-lysine on the quality of cherry during ice storage [J]. Food Industry Technology, 2015, 36(12): 319-323
- [3] Santini M T, Cametti C, Indovina P L, et al. Poly-L-lysine induces changes in membrane electrical properties of K562 cells [J]. Journal of Biomedical The Japanese Society for Biomaterials, 1997, 35(2): 165-174
- [4] Shima S, Matsuoka H, Iwamoto T, et al. Antimicrobial action of ϵ -poly-L-lysine [J]. The Journal of Antibiotics, 1984, 37(11): 1449-1455
- [5] Shima S, Sakai H. Polylysine produced by *Streptomyces* [J]. Agricultural and Biological Chemistry, 1977, 41(9):1807-1809
- [6] Chang S S, Lu W Y, Park S H, et al. Control of foodborne pathogens on ready-to-eat roast beef slurry by ϵ -poly-L-lysine [J]. International Journal of Food Microbiology, 2010, 141(3): 236-241
- [7] Shih L, Shen M H, Van Y T. Microbial synthesis of poly (ϵ -lysine) and its various applications [J]. Bioresource Technology, 2006, 97(9): 1148-1159
- [8] 张全景,冯小海,徐虹,等. ϵ -聚赖氨酸在冷鲜猪肉保鲜中的应用[J].食品科学,2011,32(2):290-296
ZHANG Quan-jing, FENG Xiao-hai, XU Hong, et al. Application of ϵ -poly-L-lysine in chilled pork preservation [J]. Food Science, 2011, 32(2): 290-296
- [9] Zhang H, Yang F, Lu Y. Preparation and performance of heat triggered color changing film [J]. Packaging Engineering, 2013, 11
- [10] 丁利,杨红梅,杨永柱.LDPE/PVA吸湿功能材料的熔融复合制备[J].材料科学与工程学报,2008,26(6):904-907
DING Li, YANG Hong-mei, YANG Yong-zhu. Fused composite preparation of LDPE/PVA hygroscopic functional materials [J]. Journal of Materials Science and Engineering, 2008, 26(6): 904-907
- [11] Guo B, Zha D, Li B, et al. Polyvinyl alcohol microspheres reinforced thermoplastic starch composites [J]. Materials, 2018, 11(4): 640
- [12] 李少香,雷芸娜,王佳平.聚乙烯醇膜的研究进展[J].涂层与防护,2018,39(8):44-48
LI Shao-xiang, LEI Yan-na. WANG Jia-ping. Research progress of polyvinyl alcohol membranes [J]. Coatings and Protection, 2018, 39(8): 44-48
- [13] 王琪,李莉,陈宁,等.聚乙烯醇热塑加工的研究[J].高分子材料科学与工程,2014,30(2):192-197
WANG Qi, LI Li, CHEN Ning, et al. Study on thermoplastic processing of polyvinyl alcohol [J]. Polymer Materials Science & Engineering, 2014, 30(2): 192-197
- [14] 蒋云升,汪志君,于海,等.生鲜鸭肉制品深加工新技术及其进展[J].安徽农业科学,2007,13:3981-3982
JIANG Yun-sheng, WANG Zhi-jun, YU Hai, et al. New technology and progress of deep processing of fresh duck products [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2007, 13: 3981-3982
- [15] 卢士玲,李开雄,徐幸莲.不同生物保鲜剂对冷鲜肉抑菌效果的研究进展[J].肉类研究,2008,2:38-41
LU Shi-ling, LI Kai-xiong, XU Xing-lian. Research progress on the antibacterial effect of different biological preservatives on cold meat [J]. Meat Research, 2008, 2: 38-41
- [16] 李建雄,谢晶,潘迎捷,等.冰温对猪肉的新鲜度和品质的影响[J].食品工业科技,2009,9:67-70
LI Jian-xiong, XIE Jing, PAN Ying-jie, et al. Effect of ice temperature on the freshness and quality of pork [J]. Science and Technology of Food Industry, 2009, 9: 67-70
- [17] Duun A S, Rustad T. Quality changes during superchilled storage of cod (*Gadus morhua*) fillets [J]. Food Chemistry, 2007, 105(3): 1067-1075
- [18] Gallart-Jornet L, Rustad T, Barat J M, et al. Effect of

- superchilled storage on the freshness and salting behaviour of Atlantic salmon (*Salmo salar*) fillets [J]. Food Chemistry, 2007, 103(4): 1268-1281
- [19] 郑梦林,刘明芹,王宏勋,等.不同保鲜方式对冷鲜鸭肉中肠杆菌生长影响评价[J].食品工业,2015,36(8):108-111
ZHENG Meng-lin, LIU Ming-qin, WANG Hong-xun, et al. Evaluation of the effects of different fresh-keeping methods on the growth of *Enterobacter cholera* in cold fresh duck [J]. Food Industry, 2015, 36(8): 108-111
- [20] 唐智鹏,陈晨伟,谢晶,等.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,2019,10:290-296
TANG Zhi-peng, CHEN Chen-wei, XIE Jing, et al. Dynamic monitoring of fresh-keeping effect and quality of large yellow croaker by polyvinyl alcohol active film [J]. Science and Technology of Food Industry, 2019, 10: 290-296
- [21] GB/T 1040.3-2006,塑料拉伸性能的测定[S]
GB/T 1040.3-2006, Determination of Tensile Properties of Plastics [S]
- [22] GB/T 6672-2001,塑料薄膜和薄片厚度测定机械测量法[S]
GB/T 6672-2001, Plastic Film and Sheet Thickness Measurement Mechanical Measurement Method [S]
- [23] 秦晓芳,王建清,马修钰.GTA改性的PLA/PHB复合包装膜性能研究[J].包装工程,2018,39(3):89-93
QIN Xiao-fang, WANG Jian-qing, MA Xiu-yu. Study on properties of GTA modified PLA/PHB composite packaging film [J]. Packaging Engineering, 2018, 39(3): 89-93
- [24] 孙立春,吴璐璐,许剑锋.植物提取物对食源性致病菌的抑菌活性[J].江苏农业科学,2014,42(2):275-277
SUN Li-chun, WU Lu-lu, XU Jian-feng. Antibacterial activity of plant extracts against foodborne pathogenic bacteria [J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2014, 42(2): 275-277
- [25] 王小红,谢笔钧,史贤明,等.乳酸菌对金黄色葡萄球菌生物拮抗作用的初步研究[J].食品工业科技,2005,26(1):68-70
WANG Xiao-hong, XIE Bi-jun, SHI Xian-ming, et al. A preliminary study on the bio-antagonism of lactic acid bacteria against *Staphylococcus aureus* [J]. Science and Technology of Food Industry, 2005, 26(1): 68-70
- [26] 中华人民共和国卫生部.食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定:GB/T 4789.2-2016[S]
Ministry of Health of the People's Republic of China. National Food Safety Standards Food Microbiology Testing Total Number of Colonies: GB/T 4789.2-2016 [S]
- [27] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会.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]
National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China. National Food Safety Standard Determination of Volatile Base Nitrogen in Food: GB 5009.228-2016 [S]
- [28] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会.食品安全国家标准食品 pH 值的测定:GB 5009.237-2016[S]
National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China. National Food Safety Standard Determination of pH of Food: GB 5009.237-2016 [S]
- [29] 杨福馨,张炯炯,张海琳,等.柚子皮层/PVA 薄膜抗菌包装研究[J].塑料包装,2017,27(5):145-146
YANG Fu-xin, ZHANG Jiong-jiong, ZHANG Hai-lin, et al. Study on antibacterial packaging of grapefruit skin/PVA film [J]. Plastic Packaging, 2017, 27(5): 145-146
- [30] 汤秋冶,潘道东,孙杨赢,等. ϵ -聚赖氨酸/海藻酸钠抗菌复合膜的制备及性能研究[J].中国食品学报,2016,16(12):101-107
TANG Qiu-ye, PAN Dao-dong, SUN Yang-ying, et al. Preparation and properties of ϵ -poly-L-lysine/alginate antibacterial composite film [J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2016, 16(12): 101-107
- [31] 曾嵘,管蓉,李凯,等.交联壳聚糖/聚乙烯醇共混膜的制备及表征[J].高校化学工程学报,2018,32(6):1435-1443
ZENG Rong, GUAN Rong, LI Kai, et al. Preparation and characterization of crosslinked chitosan/polyvinyl alcohol blend membrane [J]. Journal of Chemical Engineering of Chinese Universities, 2018, 32(6): 1435-1443
- [32] 郭文燕,童雅琪,余雅琦,等. ϵ -聚赖氨酸对大肠杆菌O157:H7和金黄色葡萄球菌的抗菌稳定性[J].中国食品学报,2019,19(4):109-115
GUO Wen-yan, TONG Ya-qi, YU Ya-qi, et al. Antibacterial stability of ϵ -poly-L-lysine to *Escherichia coli* O157:H7 and *Staphylococcus aureus* [J]. Journal of Chinese Institute of Food Science, 2019, 19(4): 109-115
- [33] 周祺,刘芳,范晓然,等. ϵ -聚赖氨酸对肠球菌的抑菌作用及机制[J].中国食品学报,2018,18(1):65-72
ZHOU Qi, LIU Fang, FAN Xiao-ran, et al. Antibacterial effect and mechanism of ϵ -poly-L-lysine on *Enterococcus* [J]. Journal of Chinese Institute of Food Science, 2018, 18(1): 65-72

(下转第 98 页)