

海藻酸钠抗菌复合涂膜对冰鲜鸭肉保鲜效果的影响

汤秋冶¹, 潘道东¹, 孙杨赢¹, 曹锦轩¹, 王广峰², 沈建良³

(1. 宁波大学浙江省动物蛋白食品精深加工技术重点实验室, 浙江宁波 315211) (2. 菏泽学院园林工程系, 山东菏泽 274000) (3. 湖州众旺禽业有限公司, 浙江湖州 313014)

摘要: 试验选择 ϵ -聚赖氨酸 (ϵ -PL) 为生物源抗菌剂, 添加柚子皮微晶纤维为增强剂, 研究复合海藻酸钠涂膜试验对冰鲜鸭的保鲜效果的影响。采用 SEM 对复合膜的微观结构进行分析, 研究了复合涂膜对冰鲜鸭肉储藏过程中的 pH、挥发性盐基氮 (TVB-N)、水分流失率、微生物指标、色差变化的影响。试验结果表明: ϵ -PL 的添加有效增强了复合膜的抑菌性能, 柚子皮微晶纤维的添加使复合膜内部形成稳定有序的网状结构, 改善 ϵ -PL 分散性和稳定性; 与空白对照组及单一海藻酸钠涂膜相比, 1% ϵ -聚赖氨酸/海藻酸钠有效控制了冰鲜鸭肉储藏过程中 TVB-N 含量的升高, 显著降低鸭肉的菌落总数和大肠杆菌菌落数 ($p < 0.05$), 1% ϵ -聚赖氨酸/0.1% 柚子皮微晶纤维/海藻酸钠可以显著改善冰鲜鸭肉的水分流失 ($p < 0.05$), 保持鸭肉的鲜红色泽。该研究为海藻酸钠抗菌复合涂膜应用于冰鲜鸭肉保鲜包装提供了新的参考。

关键词: 海藻酸钠; ϵ -聚赖氨酸; 冰鲜鸭; 保鲜

文章编号: 1673-9078(2016)8-240-245

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2016.8.036

Effect of Sodium Alginate-based Antimicrobial Composite Coating

Treatment on the Preservation of Chilled Duck

TANG Qiu-ye¹, PAN Dao-dong¹, SUN Yang-ying¹, CAO Jin-xuan¹, WANG Guang-feng², SHEN Jian-liang²

(1. Key Laboratory of Animal Protein Food Deep Processing Technology of Zhejiang Province, Ningbo University, Ningbo 315211, China) (2. Heze Institute of Landscape Engineering, Heze 274000, China) (3. Huzhou Zhongwang Poultry Industry Co. Ltd, Huzhou 313014, China)

Abstract: ϵ -Poly-L-lysine (ϵ -PL) was used as biological antibacterial agent, and grapefruit peel microcrystalline cellulose (MCC) was used as reinforcing agent, to study the effects of the sodium alginate composite coating on the preservation of chilled duck during refrigerated storage. The microstructures of the composite films were characterized by scanning electron microscopy (SEM) analysis, and the effects of composite coating on the pH, total volatile basic nitrogen (TVB-N), water loss, microbiological indicators, and changes in the color difference of chilled duck during storage were studied. The results indicated that the antibacterial properties of composite coating was improved effectively with the addition of ϵ -PL, and the stable and ordered internal network structure of the composite film was formed by the addition of MCC, which improved the dispersion and stability of ϵ -PL. The sodium alginate coating containing 1% (*m/V*) of ϵ -PL could effectively suppress the increase in TVB-N of the chilled duck during the storage and significantly reduced the total number of colonies and the number of Escherichia coli colonies ($p < 0.05$). The sodium alginate coating containing 1% (*m/V*) of ϵ -PL and 0.1% (*m/V*) of MCC could significantly reduce the loss of water ($p < 0.05$) and maintain the red color of chilled duck meat, compared with control group and the sodium alginate coating group. The results obtained in this study can provide a new reference on the application of antimicrobial sodium alginate-based composite coating in the preservation of chilled duck.

Key words: sodium alginate; ϵ -poly-L-lysine; chilled duck; preservation

收稿日期: 2015-09-17

基金项目: 浙江省重大科技专项资助项目 (2014C02020); 国家水禽产业技术体系 (CARS-43-17)

作者简介: 汤秋冶 (1990-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 畜产品保鲜与加工技术

通讯作者: 潘道东 (1964-), 男, 教授, 博士生导师, 研究方向: 畜产品加工及质量控制技术

冰鲜鸭肉, 又叫冷却鸭肉, 是指经兽医检验合格, 在国家批准的屠宰厂内进行屠宰, 然后在低温条件下进行鲜鸭的分割、剔骨、包装, 并始终在 0~4 °C 低温下储藏、运输的鸭肉^[1]。冰鲜鸭肉在风味、营养和口感等方面较冷冻鸭肉、热鲜鸭肉有明显优势, 是制作酱鸭、烧鸭、烤鸭等熟食的重要原材料, 拥有十分广阔的消费市场。但是, 在冰鲜鸭的储藏、运输过程中,

由于冷藏温度不能够完全抑制微生物的生长,加上目前国内的冷链体系未成规模,保鲜效果并不理想^[2]。针对冰鲜鸭的保鲜技术有高压保鲜、辐射保鲜、化学保鲜法等,这些方法技术性强、成本高、残留物质的毒害性有待研究并且保鲜效果很不稳定。

以多糖、蛋白质和脂质等成膜基质为载体的保鲜涂膜可以有效延长水果、蔬菜、水产品等的货架期。海藻酸钠是一种是从海带中提取的糖醛酸单体组成的线性高分子多糖,具有良好的生物相容性和可降解性,价格低廉,成膜性好,具有减缓食品水分损失和抑制微生物污染的功^[4-5]。张丽华^[6]等的研究中以海藻酸钠涂膜液处理鲜切猕猴桃,可以显著抑制抗坏血酸含量和总酚含量的下降,延长其货架期。 ϵ -聚赖氨酸是一种由微生物生产的氨基酸同型聚合物,它由人体必需氨基酸L-赖氨酸在 α -羟基和 β -氨基形成酰胺键而连接成的均聚物^[7],具有广谱抑菌性。Takahashi^[8]将 ϵ -PL添加于即食海鲜熟食中于10℃下储藏7d可以显著抑制李斯特菌的增殖。目前,国内外学者为了改善保鲜涂膜的抑菌效果,会在涂膜中添加茶多酚、肉桂油等植物萃取物,以生物源的 ϵ -PL作为抗菌剂应用于保鲜包装的研究较少。柚子是芸香科柑橘属水果,柚皮占整个柚子的43%~48%,除含有水分、维生素、矿物质这些人体必需的营养素外,还含有多种对人体健康有益的非营养性生理活性成分,目前国内外对柚皮的研究主要集中在柚皮中果胶的提取及应用上,对柚皮中纤维素的报道比较少见。

本研究以海藻酸钠为基础膜剂,添加生物保鲜剂 ϵ -PL及增强剂柚子皮微晶纤维制备出复合抗菌涂膜,并用这种复合涂膜处理冰鲜鸭,通过对冰鲜鸭菌落总数、大肠杆菌菌落数、挥发性盐基氮(TVB-N)、色差等指标以及复合膜的微观形貌结构的分析,探讨该复合抗菌涂膜剂对冰鲜鸭的保鲜效果。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

鸭肉(市购番鸭,宰杀后装入保鲜袋中,于1h内送至实验室,然后于-18℃冰箱中速冻1h直至鸭肉中心温度降至4℃左右,再用消毒后的锋利不锈钢刀剔出鸭胸肉,将其转移到4℃冰箱冷藏。)

食品级海藻酸钠,青岛明月海藻集团有限公司; ϵ -聚赖氨酸,浙江银象生物技术有限责任公司;琯溪蜜柚,产自福建省漳州市平和县;氧化镁、硼酸、盐酸、甲基红、亚甲基蓝、乙醇、氯化钠、碳酸钠、氯化钙等,均为分析纯;平板计数琼脂(PCA)培养基、

MRS琼脂培养基、结晶紫中性红胆盐葡萄糖琼脂(VRBGA)培养基,北京陆桥技术有限责任公司。

1.2 仪器与设备

S-3400N型扫描电子显微镜,日本Hitachi公司;CR-400色彩色差仪,日本柯尼卡美能达;PHS-3C酸度计,上海精密科学仪器有限公司;SB-25-12DT超声波清洗机,宁波新芝生物科技股份有限公司;SW-CJ-2FD双人单面净化工作台,苏州净化设备有限公司;BCD-539WT低温冰箱,青岛海尔股份有限公司;YXQ-LS-100SII立式压力蒸汽灭菌锅,上海博讯实业有限公司;HWS-158智能恒温恒湿培养箱,宁波江南仪器厂

1.3 试验方法

将海藻酸钠粉末溶于蒸馏水,于60℃水浴锅中搅拌、混合均匀,直至澄清,配置成3g/100mL的海藻酸钠的溶液,备用。

柚子皮微晶纤维的制备:将柚子皮粉先后浸于质量浓度为5%的盐酸溶液和质量浓度为2%的氢氧化钠溶液中高温搅拌处理,过滤取滤渣用水洗至中性并烘干;将烘干的滤渣按固液质量比1:20的比例加入到质量浓度为60%的浓硫酸溶液中,混合溶液于60℃的水浴锅中机械搅拌40min,进行水解反应,然后将水解液放在超声波清洗仪中于功率350w条件下超声30min,最后将水解液于12000r/min转速下离心至上清液呈淡蓝色胶体状,取其上清液,室温透析5天除去杂质离子后放置于冷冻干燥机中-50℃下干燥48h,获得柚子皮微晶纤维粉末。

配制含海藻酸钠复合成膜溶液:单一的3g/100mL的海藻酸钠的溶液(T1);含0.5%(m/V) ϵ -聚赖氨酸的3g/100mL海藻酸钠溶液(T2);含1.0%(m/V) ϵ -聚赖氨酸的3g/100mL海藻酸钠溶液(T3);含0.1%(m/V)的柚子皮微晶纤维和1.0%(m/V) ϵ -聚赖氨酸的3g/100mL海藻酸钠溶液(T4);用灭菌后的生理盐水处理的样品作空白对照(CK)。

钙离子交联剂的制备:配制2%(m/V)CaCl₂溶液作为钙交联剂溶液。

在无菌条件下,将分割好的鸭肉随机分组,分别浸入不同的保鲜膜液中1min,取出,晾干。再将经上述处理的鸭肉浸入钙交联剂中30s,取出晾干,各处理重复3次,然后分别装入保鲜袋中于4±1℃条件下贮藏。另外,以浸2次灭菌后的生理盐水的处理为对照(CK)。各试验处理标号依次为CK、T1、T2、T3和T4。在冷藏过程中的第0d,3d,6d,9d,12d,

15 d 取样一次, 各项测定指标重复 3 次, 取平均值。

1.4 测定项目及方法

1.4.1 复合膜扫描电镜分析

用 S-3400N 型扫描电子显微镜观察膜表面形貌。取各试验组配置好的膜液, 采用倾注成膜法, 分别向模具中倒入一定量的成膜液, 置于 50 °C 烘箱中烘干, 然后浸入 Ca^{2+} 溶液中进行交联处理 30 s, 再次烘干, 揭膜。将所得复合膜用手术剪刀剪成 $2 \times 2 \text{ mm}^2$ 的小块, 用双面胶粘好, 喷金处理后, 放入扫描电镜观察室中抽真空后, 观察膜的表面和断面形貌结构, 实验条件: 电子束的加速电压 6 kV, 放大 6000 和 8500 倍。

1.4.2 pH 测定

参照 GB/T 9695.5-2008 《肉与肉制品 pH 值测定》酸度计法。取 3 g 样品均质化后, 加入 0.1 mol/L 氯化钾溶液 30 mL, 制成 1:10 的浸提液, 浸提过程中不断搅拌, 15 分钟后用酸度计进行测定。

1.4.3 挥发性盐基氮 (TVB-N) 测定

原料处理: 称取约 10.0 g 样品绞碎, 置于锥形瓶中, 加 100 mL 水, 不时振摇, 浸渍 30 min 后过滤, 滤液置冰箱备用。参考 GB/T 5009.44-2003 《肉与肉制品卫生标准的分析方法》进行测定。

1.4.4 失重率测定

采用称重法。采用电子天平称量浸渍处理的新鲜鸭肉的重量 (精确到 0.001 g), 待储藏数天后再次称量鸭肉的重量, 平行样做 3 次。

$$C = (m_1 - m_2) / m_1 \times 100\%$$

式中: C 为失水率%; m_1 为浸渍处理的冰鲜鸭肉储藏前的初始重量 (g); m_2 为保藏到 n 天时冰鲜鸭肉的重量 (g)。

1.4.5 菌落总数测定

冰鲜鸭肉贮藏过程中细菌总数的测定方法, 参考 GB 4789.2-2010 《食品微生物学检验菌落总数》测定。

1.4.6 大肠杆菌落数测定

冰鲜鸭肉贮藏过程中大肠杆菌菌落数的测定方法, 采用结晶紫中性红胆盐葡萄糖琼脂 (VRBGA) 培养基, 37 °C 培养 2 d, 计数。参考 GB 4789.3-2010 《食品微生物学检验 大肠菌群计数》测定。

1.4.7 色差测定

用色差仪测定, 将肉样切成大约 10 mm 厚, 3~4 cm 宽的小肉片, 使用测试头, 测定肉样本身的颜色和光泽及各肉样之间的色度差值。通过色差仪测得 L^* 值、 a^* 值, 其中 L^* 值 (亮度) 越大, 说明肉样的光泽度越好; a^* 值 (红度) 越大越接近于红色, 越小越接近绿色。白板初始值为: $L^*=94.38$ 、 $a^*=0.13$ 、 $b^*=3.31$ 。

1.5 数据处理

试验中每个指标平行测定 3 次。使用 SAS 8.0 统计软件进行单因素方差分析 (One-Way ANOVA)。显著性差异水平: 显著 ($p < 0.05$)

2 结果与讨论

2.1 复合膜的形貌分析

复合膜表面及断面微观形貌见图 1, 由图 1-a 可知单一海藻酸钠膜表面光滑、无损伤、无裂隙; 随着 ϵ -PL 用量的添加, 复合膜变厚, 表面出现的丘陵状凸起越来越多, 从图 1-b、c、d 可以看出, 复合膜表面分布规则的高低起伏状突起部分, 说明 ϵ -PL 混合均匀, 和海藻酸钠有很好的相容性。柚子皮微晶纤维的加入使复合膜表面形成紧密的网状纹路。由图 1-e 可以看到单一海藻酸钠膜的断面十分整洁, 从图 1-f 中, 可以清晰地观察到添加柚子皮微晶纤维的复合膜的断面有明显的层状排列, 这是因为微晶纤维的特殊尺寸可以很好的分布在海藻酸钠膜液中, 其含有的羟基氧原子的负电子通过静电作用可以与海藻酸钠大分子键合, 形成多孔结构的复合层。在微晶纤维的微孔中可以原位固定 ϵ -PL, 得到抗菌性更加稳定的复合涂膜。柚子皮微晶纤维的添加, 增加了复合膜的厚度, 在复合膜中形成错落有致的网状小分层作为隔离保护层, 可以有效阻碍水分流失及微生物的侵入, 这与 Alves 等^[9]的研究结果一致。

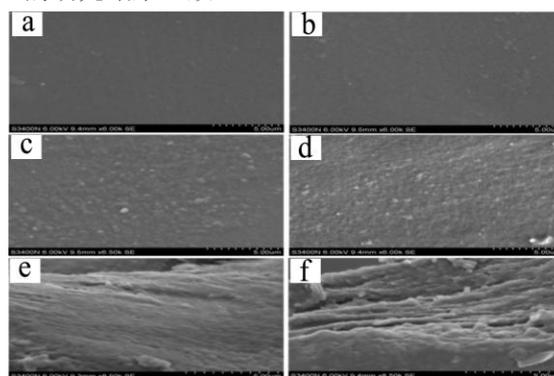


图 1 复合膜的扫描电镜图

Fig.1 SEM images of composite film surface

注: a、b、c、d 分别为海藻酸钠膜、0.5% ϵ -PL/海藻酸钠膜、1% ϵ -PL/海藻酸钠膜、1% ϵ -PL/0.1% MCC/海藻酸钠膜的表面形貌图; E 和 F 为海藻酸钠膜和 1% ϵ -PL/0.1% MCC/海藻酸钠膜的断面形貌图。

2.2 复合涂膜对冰鲜鸭 pH 的影响

不同海藻酸钠复合涂膜处理对冰鲜鸭 pH 值的影

响见图2。在第0d冰鲜鸭的pH为6.41,随着储藏时间的推延,各组均出现下降再上升的变化过程。对照组的pH在第6d下降到最低点6.03,然后一直呈上升趋势直到最高点6.45。pH值的大小在一定程度上可以判断肉制品新鲜程度,储藏初期新鲜肉成熟过程中肌肉中的ATP分解和糖原酵解,产生大量酸性物质从而导致pH的下降。储藏后期pH回升的原因主要是微生物作用使肌肉组织破坏,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^[10]。涂膜处理组的pH变化在前6d中相对缓和,在第9d后pH呈回升趋势,由于在储藏后期因失水过多,肉样水分活度低,不适于微生物的生长,pH上升缓慢。与CK对照组相比,T1、T2、T3、T4处理组的pH值上升速度明显偏慢($p < 0.05$),这是由于海藻酸钠涂膜的包裹以及涂膜过程中的氯化钙溶液浸渍处理,可以改善冰鲜鸭肉的硬度损伤、减缓鸭肉软化变质的进程,因此涂膜处理组的pH变化比CK对照组缓和。而且, ϵ -PL的添加可以抑制微生物的腐败作用,因此在储藏后期涂膜处理组肉样的整体pH值都较CK对照组的低。

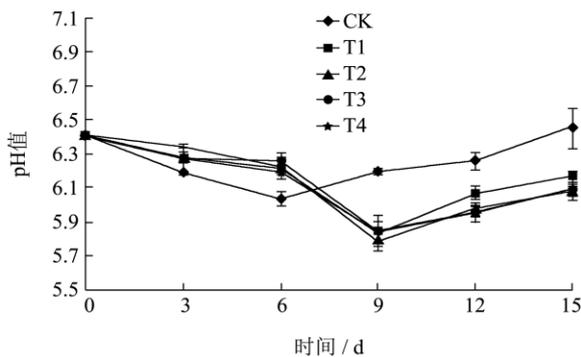


图2 海藻酸钠复合涂膜对冰鲜鸭pH值的影响

Fig.2 Effect of sodium alginate composite coating on the pH value of chilled duck

2.3 复合涂膜对冰鲜鸭TVB-N的影响

不同海藻酸钠复合涂膜处理对冰鲜鸭TVB-N的影响见图3。在整个储藏期间TVB-N值呈上升趋势。在第0d冰鲜鸭的TVB-N初始值为2.74 mg/100g,随储藏时间的延长,对照组上升较其他各处理组快,试验组在储藏前9d的挥发性盐基氮均呈缓慢的上升趋势,试验组中T4、T5处理的冰鲜鸭TVB-N变化最小。储藏第9d CK、T1、T2、T3、T4的TVB-N值分别为16.89 mg/100g、13.21 mg/100g、11.31 mg/100g、9.08 mg/100g、8.89 mg/100g。当储藏时间为第12d时,对照组的TVB-N值达到21.19 mg/100g,而涂膜处理组的TVB-N值仍然低于15 mg/100g。试验表明海藻酸钠抗菌复合涂膜可以明显改善冰鲜鸭储藏过程中

TVB-N值的变化,这一结果与Song^[11]等以 ϵ -聚赖氨酸/海藻酸钠膜液处理鱼肉的TVB-N值的变化结果一致。储藏结束时 ϵ -聚赖氨酸/海藻酸钠处理的冰鲜鸭较单一海藻酸钠处理的冰鲜鸭TVB-N值低,说明 ϵ -聚赖氨酸复合海藻酸钠涂膜在冰鲜鸭保鲜上有明显优势。

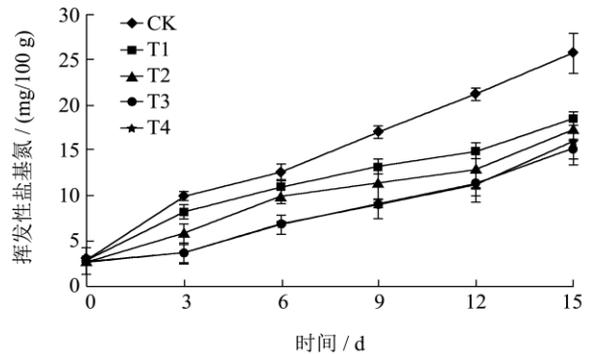


图3 海藻酸钠复合涂膜对冰鲜鸭TVB-N的影响

Fig.3 Effect of sodium alginate composite coating on the TVB-N value of chilled duck

2.4 复合涂膜对冰鲜鸭失重率的影响

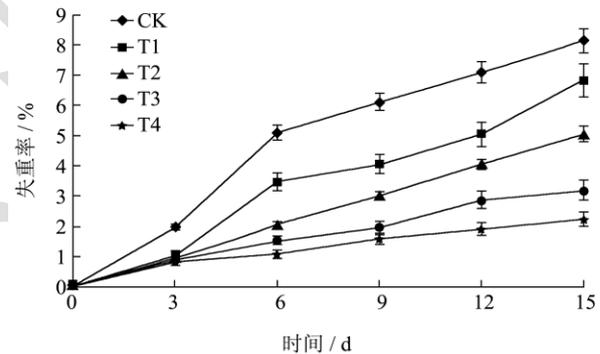


图4 海藻酸钠复合涂膜对冰鲜鸭失重率的影响

Fig.4 Effect of sodium alginate composite coating on the weight loss rate of chilled duck

冷鲜肉保藏过程中的失重率主要由汁液流失引起,水分的蒸发使样品重量降低。不同涂膜处理对冰鲜鸭肉储藏期水分流失的影响如图4所示。从图可知,在储藏过程中各试验组的冰鲜鸭的失重率呈增大趋势,但经涂膜处理的试验组冰鲜鸭失水率明显低于空白对照组。海藻酸钠涂膜作为牺牲层可以减缓包含物的水分流失, Lu^[12]等的研究中海藻酸钠与Ca²⁺交联后形成的紧密涂膜可以阻隔鱼肉储藏过程中的水分蒸发。在前3d的冰鲜鸭储藏中涂膜处理的失水率无明显差异,后阶段的冰鲜鸭储藏中,T2、T3、T4、试验组失水率明显优于T1和对照组,这是因为添加了 ϵ -聚赖氨酸的复合涂膜可以抑制冰鲜鸭肉的腐败、保证鸭肉组织的完整性从而减少鸭肉的汁液流失。特别的

添加了柚子皮微晶纤维的试验组 T4 处理的冰鲜鸭肉失水率最小, 这是因为微晶纤维可以和海藻酸钠分子紧密结合形成网状包裹层, 增加复合涂膜的坚韧性, 通过调控水分、气体或溶质的迁移, 更好的阻隔水鸭肉水分流失和干耗。

2.5 复合涂膜对冰鲜鸭菌落总数的影响

不同海藻酸钠涂膜处理对冰鲜鸭肉储藏期内细菌总数的影响如图 5 所示。Mitsuki Kito 等^[13]的研究发现 ϵ -PL 的抑菌机理主要表现在改变细胞膜内外的电势差, 破坏微生物的细胞膜结构, 引起细胞的物质、能量和信息传递中断, 最终导致细胞死亡。由图 5 可以看出, 涂膜处理组能有效控制冰鲜鸭肉的细菌总数, 空白对照组在本试验的细菌总数显著上升, 而经过涂膜处理的各组细菌总数均增加较少。冰鲜鸭肉的初始菌落总数为 3.46 lg (CFU/g), 在储藏期的第 3 d, 涂膜处理的冰鲜鸭中菌落总数有略微减少, 是因为复合涂膜中含有的生物源抗菌剂在一定程度上可以抑制微生物的增长, 这一结果与 Bensid^[14]的研究结果一致。对于不同的涂膜处理组, 经过贮藏期 15 d 后, T3 和 T4 处理的冰鲜鸭的细菌总数最少, 抑菌效果最好, 其中空白对照组的冰鲜鸭的菌落总数达到 7.67 lg (CFU/g), 而其他涂膜处理试验组 T1、T2、T3、T4 的菌落总数分别为 6.91 lg (CFU/g)、6.73 lg (CFU/g)、6.30 lg (CFU/g)、6.06 lg (CFU/g)。试验结果表明, 海藻酸钠协同 ϵ -聚赖氨酸涂膜保鲜冰鲜鸭可以有效的控制鸭肉的菌落总数的增长。

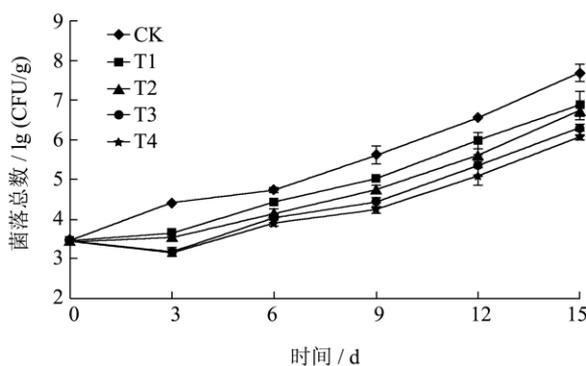


图 5 海藻酸钠复合涂膜对冰鲜鸭菌落总数的影响

Fig.5 Effect of sodium alginate composite coating on the total plate count of chilled duck

2.6 复合涂膜对冰鲜鸭大肠杆菌菌落数的影响

大肠杆菌是导致冰鲜鸭低温储藏过程中腐败的

最主要的一类革兰氏阴性菌的代表, 由图 6 可知冰鲜鸭的初始大肠杆菌落数为 2.07 lg (CFU/g), 随着储藏期的延长, 大肠杆菌落数呈上升趋势。其中涂膜处理的冰鲜鸭中大肠杆菌落数都较空白对照组少, 随着 ϵ -聚赖氨酸含量的增加, 抑菌效果增强, 特别是 T4、T3 涂膜处理的冰鲜鸭的大肠杆菌落数明显低于其他试验组。由于柚子皮微晶纤维的加入可以使涂膜层内部形成错落有致的小隔离层, 阻碍外界细菌的侵入, 从而减缓鸭肉的变质腐败。不同涂膜处理组对冰鲜鸭肉的抑菌效果次序为: T4>T3>T2>T1>CK。海藻酸钠涂膜可以阻隔微生物与鸭肉的接触, 复合 ϵ -聚赖氨酸和柚子皮微晶纤维后更加抑制大肠杆菌的增长, 可以有效的保证冰鲜鸭储藏期间的品质。

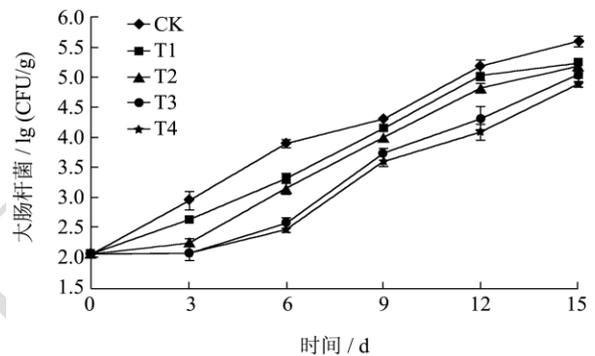


图 6 海藻酸钠复合涂膜对冰鲜鸭大肠杆菌菌落数的影响

Fig.6 Effect of sodium alginate composite coating on *Escherichia coli* counts of chilled duck

2.7 复合涂膜对冰鲜鸭色差的影响

表 2 显示了不同处理的冰鲜鸭在低温储藏过程中色差的变化情况。随着储藏时间的延长, 对照组与各处理组的亮度值和红度值逐渐减小, 各组肉样在储藏期的前 9 d 亮度值无显著差异, 后期的储藏期间, 经涂膜处理的冰鲜鸭肉的色泽亮度值明显高于对照组。在第 12 d ϵ -聚赖氨酸/海藻酸钠复合膜处理的 T2、T3、T4 试验组的亮度值和红度值都明显高于对照组和单一海藻酸钠涂膜处理组。这是由于海藻酸钠涂膜与钙离子交联后可以在冰鲜鸭表面形成通透、明亮的可溶性保护层, 协同 ϵ -聚赖氨酸更好的起到了冰鲜鸭肉的护色效果。在整个储藏过程中, 加入柚子皮微晶纤维的试验组 T4 处理的冰鲜鸭肉红度值都高于其他试验组, 因为微晶纤维的加入可以改善海藻酸钠涂膜的通透性, 确保鸭肉与氧气的充分接触, 形成较为鲜红的颜色, 并配合低温储藏的条件, 保持了冰鲜鸭肉鲜红色的稳定性。

表 1 海藻酸钠复合涂膜处理对冰鲜鸭色差的影响

Table 1 Effect of sodium alginate composite coating on the color of chilled duck

试验组	3 d	6 d	9 d	12 d	15 d
L*					
CK	56.78±0.40 ^d	53.60±3.08 ^a	47.17±2.58 ^b	35.28±3.78 ^b	32.33±1.47 ^b
1	58.45±0.25 ^c	54.52±2.64 ^a	52.73±0.92 ^a	43.74±1.39 ^b	31.79±1.09 ^b
2	59.46±0.63 ^{bc}	55.09±3.09 ^a	53.59±1.80 ^a	45.38±3.02 ^a	31.79±0.46 ^b
3	60.48±0.98 ^{ab}	55.37±1.50 ^a	52.11±0.30 ^a	45.30±2.02 ^a	39.09±2.38 ^a
4	61.63±0.63 ^a	57.87±1.48 ^a	55.37±1.32 ^a	47.29±1.14 ^a	41.15±1.91 ^a
a*					
CK	10.31±0.23 ^a	8.79±0.33 ^d	8.25±0.08 ^b	7.89±0.18 ^d	7.19±0.20 ^d
1	11.17±0.87 ^a	9.37±0.29 ^c	8.54±0.47 ^{ab}	8.69±0.15 ^c	7.76±0.23 ^c
2	11.17±0.29 ^a	9.69±0.41 ^{bc}	8.92±0.19 ^a	9.07±0.05 ^{bc}	7.76±0.35 ^c
3	11.15±1.33 ^a	10.03±0.13 ^{ab}	8.77±0.48 ^{ab}	9.26±0.45 ^b	8.55±0.50 ^{ab}
4	11.27±1.20 ^a	10.08±0.36 ^a	8.86±0.72 ^{ab}	9.80±0.12 ^a	8.85±0.29 ^a

注：每一列中字母相同代表差异不显著，字母不同表示差异显著 ($p < 0.05$)。

3 结论

3.1 海藻酸钠复合膜中添加的柚子皮微晶纤维，与膜液中各组分有很好的相容性，其形成的多孔层状结构和提供的羟基基团有效改善了 ϵ -PL 分散性和稳定性，并且增强了复合膜的阻湿性能，其中柚子皮微晶纤维在复合膜内部形成的层状分布可以更好的阻碍外界微生物对冰鲜鸭肉的污染。

3.2 海藻酸钠膜液中添加的 ϵ -聚赖氨酸明显抑制了微生物的增长，随着 ϵ -聚赖氨酸浓度的增加其抑菌能力也增强，降低了冰鲜鸭储藏过程中 TVB-N 值，并且 ϵ -聚赖氨酸的添加在一定程度上对冷藏的冰鲜鸭肉有护色作用。

3.3 海藻酸钠抗菌复合涂膜在冰鲜鸭低温储藏中保鲜效果明显， ϵ -聚赖氨酸在保鲜涂膜包装上有应用前景。本研究以柚子皮微晶纤维作增强剂，为改善保鲜涂膜的阻湿性和微观结构性能提供了新思路。

参考文献

[1] 翁航萍,宋翠英,王盼盼.冷却肉保鲜技术及其研究进展[J].肉类工业,2008,11(2):46-48
WENG Hang-ping, SONG Cui-ying, WANG Pan-pan. Preservative technology and it's development of chilled meat [J].Meat Industry, 2008, 11(2): 46-48

[2] 赵文红,白卫东,朱佳蕾,等.复配保鲜剂对冰鲜鸭防腐效果的研究[J].现代食品科技,2013,29(1):88-90
ZHAO Wen-hong, BAI Wei-dong, ZHU Jia-lei, et al. Effects of chosen preservatives on dominant spoilage bacteria from chilling duck meat [J]. Modern Food Science and Technology,

2013, 29(1): 88-90

[3] Ojagh S M, Rezaei M, Razavi S H, et al. Effect of chitosan coatings enriched with cinnamon oil on the quality of refrigerated rainbow trout [J]. Food Chemistry, 2010, 120(1): 193-198

[4] Dong Z, Wang Q, Du Y. Alginate/gelatin blend films and their properties for drug controlled release [J]. Journal of Membrane Science, 2006, 280(1): 37-44

[5] Cai L, Cao A, Bai F, et al. Effect of ϵ -polylysine in combination with alginate coating treatment on physicochemical and microbial characteristics of Japanese sea bass (*Lateolabrax japonicas*) during refrigerated storage [J]. LWT-Food Science and Technology, 2015, 62(2): 1053-1059

[6] 张丽华,张培旗,纵伟,等.茶多酚/海藻酸钠膜对鲜切猕猴桃品质的影响[J].现代食品科技,2014,30(12):182-187
ZHANG Li-hua, ZHANG Pei-qi, ZONG Wei, et al. Effect of tea polyphenol-containing sodium alginate-based edible coatings on the quality of fresh-cut kiwifruit [J]. Modern Food Science and Technology, 2014, 30(12): 182-187

[7] Hiraki J, Ichikawa T, Ninomiya S, et al. Use of ADME studies to confirm the safety of ϵ -polylysine as a preservative in food [J]. Regulatory Toxicology and Pharmacology, 2003, 37(2): 328-340

[8] Takahashi H, Kashimura M, Miya S, et al. Effect of paired antimicrobial combinations on *Listeria monocytogenes* growth inhibition in ready-to-eat seafood products [J]. Food Control, 2012, 26(2): 397-400

[9] Alves J S, Dos Reis K C, Menezes E G T, et al. Effect of

- cellulose nanocrystals and gelatin in corn starch plasticized films [J]. *Carbohydrate Polymers*, 2015, 115: 215-222
- [10] Lu F, Ding Y, Ye X, et al. Cinnamon and nisin in alginate-calcium coating maintain quality of fresh northern snakehead fish fillets [J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2010, 43(9): 1331-1335
- [11] Song Y, Liu L, Shen H, et al. Effect of sodium alginate-based edible coating containing different anti-oxidants on quality and shelf life of refrigerated bream (*Megalobrama amblycephala*) [J]. *Food Control*, 2011, 22(3): 608-615
- [12] Lu F, Liu D, Ye X, et al. Alginate-calcium coating incorporating nisin and EDTA maintains the quality of fresh northern snakehead (*Channa argus*) fillets stored at 4 °C [J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2009, 89(5): 848-854
- [13] Kito M, Takimoto R, Yoshida T, et al. Purification and characterization of an ϵ -poly-L-lysine-degrading enzyme from an ϵ -poly-L-lysine-producing strain of *Streptomyces albulus* [J]. *Archives of Microbiology*, 2002, 178(5): 325-330
- [14] Bensid A, Ucar Y, Bendeddouche B, et al. Effect of the icing with thyme, oregano and clove extracts on quality parameters of gutted and beheaded anchovy (*Engraulis encrasicolus*) during chilled storage [J]. *Food Chemistry*, 2014, 145: 681-686