

牛至精油活性膜对黑鱼片的保鲜效果

Preservation effect of active film containing oregano essential oil on snakehead slices

杜云飞^{1,2} 樊立源¹ 沈春华^{1,2}

DU Yun-fei^{1,2} FAN Li-yuan¹ SHEN Chun-hua^{1,2}

(1. 上海海洋大学食品学院, 上海 201306; 2. 上海海洋大学食品热加工工程中心, 上海 201306)
(1. College of Food Science and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China;
2. Engineering Research Center of Food Thermal-Processing Technology, Shanghai 201306, China)

摘要:以牛至精油作为抗菌剂,分别加入到乙烯—乙醇共聚物(EVOH)和聚乙烯(PE),通过挤出流延制备成2种食品保鲜膜。对保鲜膜的机械性能、透光率和雾度进行表征。用2种保鲜膜包装黑鱼,测定其汁液流失率、pH值、硫代巴比妥酸(TBA)和菌落总数随贮藏时间的变化。结果显示,牛至精油的加入对薄膜的基本性能影响不大;保鲜膜能够减缓所包装黑鱼片的汁液流失率、pH值的生长速度,抑制鱼肉脂质氧化。空白组鱼肉样品的菌落总数在第4天就几乎到达了6 lg CFU/g,而含精油的样品组的菌落总数在第8天才接近6 lg CFU/g。从菌落总数的变化来看,相对于空白组,含精油的保鲜膜能够减缓包装鱼肉中微生物的生长速度。

关键词:牛至精油; 乙烯—乙醇共聚物(EVOH); 聚乙烯(PE); 黑鱼

Abstract: In order to study the preservation effect of oregano essential oil in plastic films, oregano essential oil, as an antibacterial agent, was added into ethylene-vinyl alcohol copolymer (EVOH) and polyethylene (PE) respectively, then the food preservative films were prepared by extrusion casting. The mechanical properties, transmittance and haze of the preservative film were characterized. The snakeheads were then packaged in the preservative films, and the changes in drip loss rate, pH, thiobarbituric acid (TBA) and total viable count over time were determined. The results showed that the addition of oregano oil has little effect on the basic properties of the film; the preservative films could slow down the growth rate of drip loss rate and pH of the packaged snakeheads pieces and inhibit the lipid oxidation of fish. The total viable count in the blank group of

fish samples in this experiment reached almost 6 lg CFU/g on the 4th day, while the total viable count in the sample group containing essential oils was close to 6 lg CFU/g on the 8th day. According to the change of the total viable count, relative to the blank group, the preservative films containing essential oil could slow down the growth rate of microorganisms in the packaged fish meat.

Keywords: oregano essential oil; ethylene-vinyl alcohol copolymer (EVOH); polyethylene (PE); snakehead

牛至精油是一种淡黄色透明液体,含有30多种抗菌物质,具有安全、高效和绿色的抑菌功能。牛至精油主要是由香芹酚、百里酚组成,其中二者的比例是决定牛至精油杀菌效果的主要指标。牛至精油中的活性成分主要为萜烯类和酚类物质,由于其脂溶性和表面活性较强,所以具有较好的抑菌效果。牛至精油的抑菌机制主要表现在其活性成分十分容易通过细菌细胞膜,在细胞体内促使大量水分积聚,造成菌体细胞膨胀,使细胞内容物流失,菌体死亡;同时,处于细菌体内的活性成分还可渗入细胞器,阻止线粒体吸取氧而杀菌^[1]。而且,牛至精油还具有毒性低,使用安全,成本低和经济效益高的优点,国内外对牛至精油在保鲜领域也均有研究^[2-4]。

目前塑料薄膜在活性包装的应用越来越广泛,引起了人们的极大重视。其中抗菌包装属于活性包装的一种,在流延制备过程中,将抑菌剂与树脂基料按一定比例混合,通过双螺杆挤出机挤出造粒,使制造的薄膜材料具有抑制或者杀灭细菌的能力。现今市场上的塑料包装常用材料多为PE、聚丙烯(PP)和聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)等。PE为白色蜡状半透明材料,柔而韧,无毒,具有优越的介电性能;水分透过率低,对有机蒸气透过率则较大;化学性质稳定,室温下耐盐酸和氢氧化钠等各种化学物质的腐蚀。国内外对聚乙烯膜保鲜已有大量研究^[5-7],方天等^[7]开发了具有金属螯合活

基金项目:上海市教育委员会科研创新项目(编号:14YZ120);上海市浦江人才计划项目(编号:17PJ1403300)

作者简介:杜云飞,男,上海海洋大学在读硕士研究生。

通信作者:樊力源(1988—),男,上海海洋大学助教,硕士。

E-mail: lyfan@shou.edu.cn

收稿日期:2018-07-02

性的聚乙烯薄膜,先用紫外/O₃清洁剂清洗纯聚乙烯薄膜表面以产生活性羧酸基团,然后交联剂通过在预处理的PE表面的羧酸基团与交联剂的胺基团之间形成酰胺键而与膜表面接触;然后,通过酰胺键将聚(丙烯酸)(PAA)连接到胺改性的PE表面上,结果表明,螯合剂PAA以(9.12±0.71) nmol 羧基/cm²的密度成功附着到表面,并显示铁螯合活性。EVOH优良的高阻隔性使其在保鲜薄膜的研究也日益剧增^[8-10],EVOH是乙烯—乙烯醇的无规共聚物,是一种链状结构的结晶性聚合物,是目前较好的阻隔性材料,可有效阻隔O₂、CO₂及其他气体的渗透,由于其含有大量的羟基,因而对水分比较敏感,透湿性比较大^[11]。Virginiat等^[12]开发了一种新型的抗菌活性袋,其由PP/EVOH薄膜与牛至精油或柠檬醛组成,气调成分为12%CO₂和4%O₂,结果表明,通过在PP薄膜上涂覆EVOH可以增加PP薄膜的抗拉强度,抗菌试验表明含牛至精油或柠檬醛的薄膜可以抑制微生物生长。

含有牛至精油的PE和EVOH活性膜对黑鱼片的保鲜效果仍未有研究,故本研究拟选用牛至精油作为薄膜中的抑菌剂,采用流延法制备EVOH和PE抑菌薄膜,并测试薄膜的基本性能。将用抑菌膜包装好的黑鱼贮藏在4℃条件下,对其进行保鲜试验测试。

1 材料与方 法

1.1 材料与设备

1.1.1 试验材料

PE:上海精析化工科技有限公司;

EVOH:日本可乐丽公司;

黑鱼:购于上海泥城大润发超市;

牛至精油:上海麦克林生化科技有限公司;

2-硫代巴比妥酸、三氯乙酸、氯化钠:分析纯,国药集团化学试剂有限公司;

平板计数琼脂:化学纯,国药集团化学试剂有限公司。

1.1.2 主要试验设备

双螺杆挤出机:LSSL-20型,上海科创像塑机械设备有限公司;

切粒机:SG-20型,上海科创像塑机械设备有限公司;

流延机:LY300型,上海科创像塑机械设备有限公司;

热封机:AC-220V型,上海科创像塑机械设备有限公司;

智能电子拉力试验机:XLW型,济南兰光机电技术有限公司;

透光率/雾度测试仪:WGT-S型,上海精科仪器有限公司;

气体渗透仪:G2/132型,济南兰光机电技术有限公司;

pH计:PH-100型笔式,上海平轩科学仪器有限公司;

电子天平:UTP-313型,上海花潮电器有限公司;

分光光度计:U-3900型,日本株式会社日立高新技术科学那珂事业所;

无菌均质机:JX-05型,上海净信实业发展有限公司;

数显高速分散均质机:FJ200-SH型,上海标本模型厂;

恒温加热磁力搅拌器:DF-101S型集热式,巩义市予华仪器有限责任公司;

电热恒温鼓风干燥箱:DHG-9023A型,上海一恒科技有限公司。

1.2 试验方法

1.2.1 制备抑菌包装袋 首先将树脂基料烘干,再与一定比例的牛至精油混合均匀,通过双螺杆挤出机挤出,经切粒机制造出具有抑菌性的树脂颗粒。将其再次烘干后,通过流延机流延成膜。制备过程中,发现当牛至精油含量为6%时,无法制备出薄膜,故本试验所加牛至精油浓度为5%。最后使用热封机将膜制备成具有抑菌成分的保鲜包装袋(留一端开口)。

按以上方法,制备出4种包装袋:PE空白袋(A)、PE+牛至精油抑菌袋(B)、EVOH空白袋(C)、EVOH+牛至精油抑菌袋(D),厚度均为(40±5) μm,大小为15 cm×20 cm。

1.2.2 包装袋机械性能测试 使用电脑测控拉力试验机测试包装袋的抗张强度和伸长率,分别从4组包装袋上裁剪15 mm×120 mm的长方形薄膜小长条,平均每种包装膜裁剪20段小长条,分别经过测试后,记录数据,取其平均值。

1.2.3 氧气透过率测试 参考GB/T 1038—2000,使用气体渗透仪测试。将4种薄膜裁取成适当大小的试样,在规定的温湿度条件下,设置试验时间4 h。多次测量,记录数据,取平均值。

1.2.4 透光率/雾度测试 4种薄膜分别裁取适当大小作为试验样,使用透光率/雾度测试仪测试。每个样品测试5次,取平均值,并作好记录。

1.2.5 黑鱼样品处理 将黑鱼在低温放血后,去头、内脏、皮和骨,选取脊背部分的肉进行切块^[13],放在存有冰块的箱子中,带回实验室,将鱼块置于冰中待处理。将鱼块分别装入A、B、C、D 4种袋子中,每袋鱼块重量为35 g左右,准确记录鱼块重量,装好鱼肉样品后及时用热封机封口,将封口后的样品置于4℃条件下冷藏,各鲜度指标每隔1 d测定1次。

1.2.6 汁液流失率测定 根据Özogul等^[14]的方法,修改如下:在第0天时,记录天平称取样品的质量M₁后,用样品包装袋包装、封口后,置于4℃冰箱内。到测试时间时,将薄膜包装袋从冰箱中取出,剪开包装袋,将贮藏中的鱼肉样品取出,并用滤纸将鱼肉样品表面汁液吸干,用天平准确称量其质量为M₂。按式(1)计算鱼肉样品的汁液流失率。

$$R = (M_1 - M_2) \div M_1 \times 100\%, \quad (1)$$

式中:

R——黑鱼鱼片的汁液流失率,%;

M₁——第0天袋子里鱼肉的质量,g;

M₂——第n天相同袋子里鱼肉的质量,g。

1.2.7 pH值的测定 用天平准确称取黑鱼鱼肉5 g,用刀切碎后将其放入烧杯中,再加入50 mL蒸馏水,用数显高速分散均质机以8 000 r/min匀浆1 min,匀浆结束后,静置30 min,静置结束后用笔式pH计测量其pH值,并作好数据记录^[15]。

1.2.8 TBA 值测定 根据 Mahmoud 等^[16]的方法,修改如下:用天平准确称取切碎的黑鱼鱼肉 5 g,放入烧杯中后向烧杯中加入蒸馏水 10 mL 和浓度为 20% 的三氯乙酸溶液(TCA)15 mL,使用数显高速分散均质机以 8 000 r/min 匀浆 1 min,匀浆结束后,静置 1 h。静置后过滤上层清液,用蒸馏水定容滤液至 50 mL,并混合均匀,取 5 mL 于试管中,再向试管中加入 0.02 mol/L 硫代巴比妥酸溶液 5 mL。使用集热式恒温加热磁力搅拌器在沸水浴中反应 20 min,反应结束后取出试管用流动水冷却 5 min 后,使用分光光度计测量其在 532 nm 处的吸光度 A 。空白值采用浓度为 20% 的三氯乙酸溶液 25 mL 用蒸馏水定容至 50 mL,然后取出 5 mL 滤液于试管中,再向试管中加入 5 mL 硫代巴比妥酸溶液,后续步骤同上。最后的 TBA 测量结果以每 100 g 鱼肉中丙二醛(MDA)的含量表示,按式(2)计算:

$$TBA = A \times 7.8, \quad (2)$$

式中:

TBA——硫代巴比妥酸值,mg/100 g;

A ——吸光度。

1.2.9 菌落总数测定 根据 GB 47892—2010《食品微生物学检验 菌落总数的测定》,设计菌落总数测定方法,修改如下:取 0.85% 的生理盐水 15 mL 于烧杯中,再加入 5 g 切碎的黑鱼鱼肉,接着用均质机以 8 000 r/min 均质 1 min,通过感官评估鱼肉样品的腐败情况,选择 3 个梯度的稀释液,用移液枪(枪头已灭菌)吸取 1 mL 适宜浓度的样品稀释液,打入无菌培养皿内,之后向每个培养皿中加入 15~20 mL 的平板计数琼脂培养基,等琼脂完全凝固后,将平板翻转,置于微生物培养箱(温度为 30 ℃)中,培养 72 h 后进行菌落计数,单位记为 CFU/g。

1.2.10 感官评价 为使得经由感官指标所得出的结果更为确切,制定了各个指标感官评分标准见表 1。综合评分 = 气味 $\times 0.25$ + 色泽 $\times 0.25$ + 组织 $\times 0.25$ + 黏度 $\times 0.25$ 。若鱼肉样品综合评分 < 3 分,则认为其感官品质不可接受^[17]。

表 1 感官评分标准

Table 1 Sensory evaluation criteria

分数	气味	色泽	组织	黏度
5	只有鲜肉的味道	鲜红有光泽	弹性好,指压后立即恢复	无任何发黏
4	鲜肉味道略淡,无异味	较鲜红有光泽	弹性较好,指压后慢慢恢复	一点点发黏
3	肉味很淡或无味	暗红无光泽	无弹性,指压后几乎不能恢复	发黏面积略大
2	略有异味	灰暗无光泽	无弹性,指压后不能恢复	发黏面积占大部分
1	有异味,不可接受	暗褐色,不可接受	彻底无弹性,指压后凹陷处很明显	表面全部发黏

2 结果与分析

2.1 薄膜的机械性能和透过性

由表 2 可知,牛至精油的添加对抗拉强度的影响不大,不会改变薄膜的力学性能;几乎不会引起薄膜透光率的变化,而 B、D 2 组的雾度都比不含精油的 A、C 组要高,表明牛至精油的添加对薄膜的光学性能有一定的影响,但影响并不大。综合来看,牛至精油的加入不会影响薄膜作为保鲜膜的应用。

表 2 薄膜的抗拉强度、透光率和雾度

Table 2 Tensile Strength, Transmittance and Haze of the films

薄膜样品	抗拉强度/MPa	透光率/%	雾度/%
A	15.71	87.73	4.32
B	13.57	86.78	4.92
C	21.93	91.48	4.25
D	20.30	90.54	4.76

2.2 黑鱼保鲜试验

2.2.1 汁液流失率测定 黑鱼鱼肉的汁液流失主要是因为鱼肉中蛋白质的分解以及细菌的生长繁殖,使鱼肉组织分解破坏,营养物质被细菌分解、氧化等导致肌肉组织间水分及细胞内的水分流失。

从图 1 可以看出,在整个贮藏期,随着贮藏天数的增加,鱼肉的汁液流失率呈递增趋势。在贮藏前 4 d,各组鱼肉的汁液流失率差异不大,增长趋势较为缓慢,但是在之后的 4 d 中,除 D 组以外的其他 4 组鱼肉汁液流失率的变化速度明显加快,D 组的汁液流失率增长速度缓慢。说明牛至精油在包装薄膜中能够降低黑鱼鱼肉的汁液流失率,尤其是将牛至精油应用在 EVOH 薄膜中,即 D 组保鲜膜所改善汁液流失率的效果是最好的。

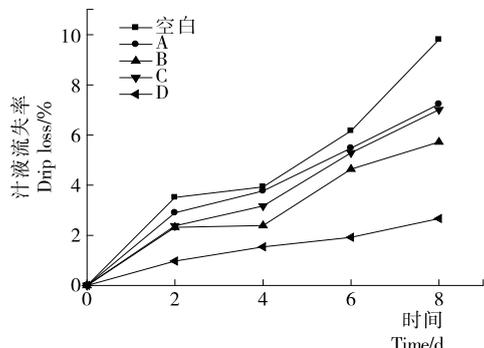


图 1 冷藏过程中黑鱼鱼肉汁液流失率的变化

Figure 1 Changes in drip loss values of snakehead during cold storage

2.2.2 pH 值测定 pH 值是判断鱼肉品质好坏的关键指标之一^[18]。鲜鱼的 pH 值为 6.2~6.8,初期腐败 pH 值为 6.8~7.5,腐败后期 pH 值 > 7.5 。

由图 2 可以看出,贮藏期内,鱼肉的 pH 值变化总体呈先下降后上升的趋势,其中,在下降阶段,各组 pH 值变化差

异并不明显,而第2天之后,未包装的空白组 pH 增长速度明显高于其他组,第6天就已经达到 7.5;未加精油的 A、C 组的 pH 上升速度也高于含有精油的 B、D 组。总体来看,B、D 组的 pH 值增长速度比较缓慢,表明这 2 组鱼肉的鲜度值高于其他组,说明含有牛至精油的抑菌膜能有效减缓鱼肉 pH 值的生长。

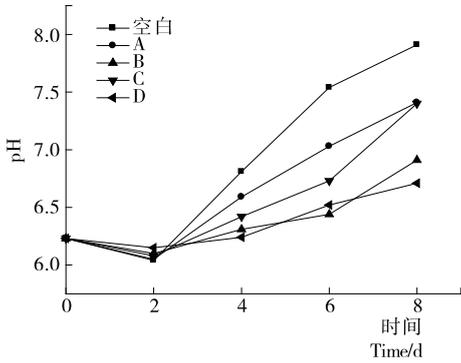


图2 冷藏过程中黑鱼鱼肉 pH 的变化

Figure 2 Changes in pH values of snakehead during cold storage

2.2.3 TBA 值的测定 TBA 值越小,鱼肉中脂肪氧化酸败程度越小,鱼肉的腐败程度越小,则说明薄膜的抗氧化性能越好。

图3结果显示,在整个贮藏期间内,前2d鱼肉的TBA值变化不大,随后呈现递增趋势,TBA增长速度变化由快到慢:空白组>A组>B组=C组>D组。即D组保鲜膜的抗氧化性能最好,能有效防止脂质氧化。EVOH 优异的阻氧性使得外界氧气不能接触鱼肉表面,从而抑制了脂质氧化,这也解释了D组改善鱼肉汁液流失率和 pH 效果比B组好的原因。

2.2.4 菌落总数的测定 样品中的菌落总数越多,则鱼肉中微生物的生长繁殖越多,说明所对应薄膜的抗菌性能越差。

图4结果显示,在贮藏期的前2d,鱼肉菌落总数增长较为缓慢,在之后的贮藏期,鱼肉菌落总数的增长速度在不断加快,但是含精油包装的鱼肉菌落总数明显比其他3组低。参考Huang等^[19]的研究,以6 lg CFU/g 作为可食用生鱼

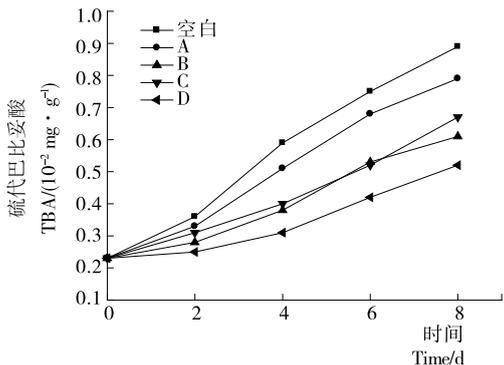


图3 冷藏过程中黑鱼鱼肉 TBA 的变化

Figure 3 Changes in TBA values of snakehead during cold storage

肉的菌落总数上限值。本试验的空白、A 和 C 组鱼肉样品在第4天的菌落总数就几乎到达了 6 lg CFU/g,而含精油的 B、D 组,其菌落总数在第8天才接近 6 lg CFU/g,货架期相比较于空白组延长了 4 d。这些结果说明,在包装期间,牛至精油能够从薄膜中缓慢地释放到黑鱼鱼肉表面,从而发挥其保鲜作用。值得注意的是,菌落在有氧环境下会生长得更快,但是相对于汁液流失率、pH 和 TBA,B、D 组菌落总数的变化差异不大,可能是在抑制菌落生长方面,抑菌剂占主导作用,而 EVOH 阻隔氧气进入所营造的低氧环境虽然也能抑制微生物生长,但是抑菌效果要弱于抑菌剂,也可能是牛至精油本身就具有一定的抗氧化效果。

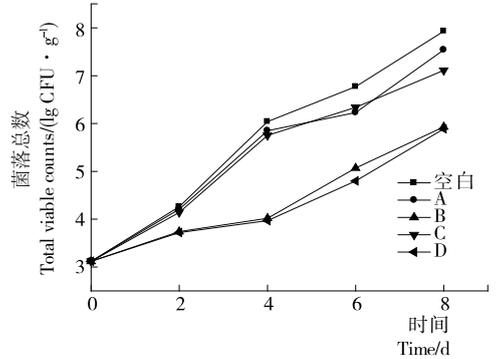


图4 冷藏过程中黑鱼鱼肉菌落总数的变化

Figure 4 Changes in total viable counts of snakehead during cold storage

2.2.5 感官评价 依照表1的评分标准对5组鱼肉进行感官评价,结果见图5。

图5结果显示,B、D组的鱼肉腐败变质程度最低,空白和A、C两组在第4天时就已经不合格了。具体而言(见图6),在实际观测的第4天,空白组鱼肉样品肉色灰暗,有腥臭味,肉体无弹性,表明大面积发黏,整体近乎不可接受;A、C组鱼肉表面灰暗,有液体渗出,鱼腥味变重,弹性变差,从感官上看,肉质已经不合格;B、D组鱼肉样品感官变化不大,无发黏现象,尤其是D组肉色几乎和最初一致,丝毫无劣变痕迹。而且B、D组鱼肉样品直到第8天,品质仍较好,只是气味中有淡淡的精油味道,但闻起来还是以鱼肉味为主。

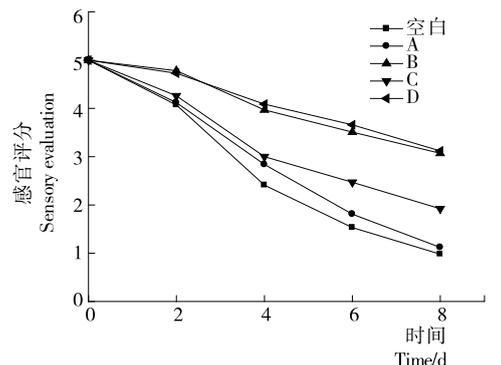


图5 冷藏过程中黑鱼鱼肉感官评价

Figure 5 Sensory evaluation of snakehead during Cold Storage

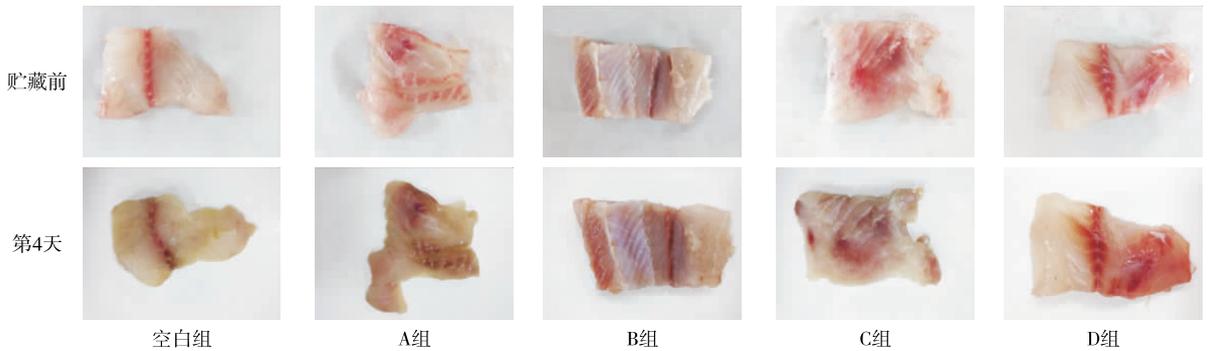


图 6 贮藏前与第 4 天黑鱼肉品质的对比

Figure 6 Comparison of the quality of snakehead before storage and on the 4th day

3 结论

牛至精油的加入对 PE 膜和 EVOH 膜的抗拉强度、透过率和雾度的影响不大,不会影响薄膜作为保鲜膜的使用。在 4 °C 冷藏条件下,含有牛至精油的 PE 膜和 EVOH 膜均能有效地抑制黑鱼鱼肉质氧化和微生物生长,减缓鱼肉腐败速度。感官测试结果显示,与空白膜相比,含牛至精油的保鲜膜可以有效地改善鱼肉样品的感官品质。

本研究表明含有牛至精油的 PE 膜和 EVOH 膜在生鲜食品保鲜中具有广阔的应用前景。为了更好地将含有牛至精油的保鲜膜应用到食品中,需要进一步解决以下问题:减少牛至精油在加工过程中的损失;研究牛至精油从膜中到食品释放过程;牛至精油在不同基质膜中对不同食品的保鲜效果等。

参考文献

- [1] 顾仁勇, 刘莹莹. 牛至精油抑菌及抗氧化性能研究[J]. 食品与发酵工业, 2006(10): 51-53.
- [2] 黄海雄, 黄育强. 新型果蔬保鲜膜包装对砂糖橘贮藏效果的研究[J]. 保鲜与加工, 2016(1): 21-26.
- [3] VIRGINIA Muriel-Galet, JOSEP P Cerisuelo, GRACIA López-Carballo, et al. Evaluation of EVOH-coated PP films with oregano essential oil and citral to improve the shelf-life of packaged salad[J]. Food Control, 2013(30): 137-143.
- [4] 卢燕霞, 田永强, 刘惠琴, 等. 牛至精油 β 环糊精微胶囊的制备及其抑菌效果研究[J]. 包装工程, 2016(5): 84-87.
- [5] 余科林, 方东路, 陈梅香, 等. 纳米聚乙烯包装结合打孔气调对草菇采后贮藏品质的影响[J]. 食品科学, 2016, 37(16): 292-298.
- [6] 王明钦, 尹明安. 聚乙烯薄膜小包装对黄瓜保鲜效果及其机制[J]. 西北农业学报, 2011, 20(3): 144-149.
- [7] FANG Tian, ERIC A Decker, JULIE M Goddard. Development of an iron chelating polyethylene film for active packaging applications[J]. J. Agric. Food Chem., 2012, 60: 2 046-2 052.
- [8] VIRGINIA Muriel-Galet, JOSEP P Cerisuelo, GRACIA López-Carballo, et al. Development of antimicrobial films for microbiological control of packaged salad[J]. International Journal of Food Microbiology, 2012, 157: 195-201.

- [9] LOPEZ-DE-DICASTILLO C, ALONSO J M, CATALA R, et al. Improving the antioxidant protection of packaged food by incorporating natural flavonoids into ethylene-vinyl alcohol copolymer (EVOH) films[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2010, 58(20): 10 958-10 964.
- [10] JOSEP Pasqual Cerisuelo, JOSÉ M Bermúdez, SUSANA Aucejo, et al. Describing and modeling the release of an antimicrobial agent from an active PP/EVOH/PP package for salmon[J]. Journal of Food Engineering, 2013, 116: 352-361.
- [11] 朱江. 简述阻隔性食品塑料包装材料及其应用[J]. 大众标准化, 2016(10): 69-71.
- [12] VIRGINIA Muriel-Galet, JOSEP P Cerisuelo, GRACIA López-Carballo, et al. Evaluation of EVOH-coated PP films with oregano essential oil and citral to improve the shelf-life of packaged salad[J]. Food Control, 2013, 30: 137-143.
- [13] 成媛媛, 刘永乐, 王建辉, 等. 普鲁兰多糖在草鱼鱼肉保鲜中的应用[J]. 食品科学, 2012(2): 272-275.
- [14] ÖZOGUL Y, ÖZYURT G, ÖZOGUL F, et al. Freshness assessment of European eel (*Anguilla anguilla*) by sensory, chemical and microbiological methods[J]. Food Chemistry, 2005, 92(4): 745-751.
- [15] 马妍, 谢晶, 周然, 等. 冷藏温度对河豚鱼微生物及品质特性的影响[J]. 食品科学, 2012(6): 288-292.
- [16] MAHMOUD B S M, YAMAZAKI K, MIYASHITA K, et al. A new technology for fish preservation by combined treatment with electrolyzed Na Cl solutions and essential oil compounds[J]. Food Chemistry, 2006, 99(4): 656-662.
- [17] SCHMIDT T M, SCHAECHTER M. 生态及环境微生物学[M]. 北京: 科学出版社, 2012: 103-104.
- [18] MANJU S, JOSE L, GOPAL T K S, et al. Effects of sodium acetate dip treatment and vacuum-packaging on chemical, microbiological, textural and sensory changes of Pearls spot (*Etroplus suratensis*) during chill storage[J]. Ciência Rural, 2007, 102(1): 27-35.
- [19] HUANG Yu-ru, SHIAU Chyuan-yuan, HUNG Yen-con, et al. Change of hygienic quality and freshness in tuna treated with electrolyzed water and carbon monoxide gas during refrigerated and frozen storage[J]. Journal of Food Science, 2006, 71(4): M127-M133.