

肉桂/柠檬草精油抗菌膜对甜樱桃的保鲜效果

刘光发，司汶，高文华，徐俊杰，刘文霞，吴德宝
(天津科技大学，天津 300222)

摘要：目的 制备一种以肉桂精油柠檬草精油为防腐保鲜剂，聚乙烯醇为基材的抗菌膜，并探索其在常温条件下(温度为(27 ± 2)℃，相对湿度为(40±5)%)对甜樱桃的保鲜效果。**方法** 采用GS-MS分析肉桂精油和柠檬草精油的化学成分，将肉桂精油与柠檬草精油与吐温-80、大豆卵磷脂、玉米淀粉、聚乙烯醇采用刮膜的方式制备成抗菌膜，并测试其针对根霉等4种霉菌的抑菌圈直径；通过测试甜樱桃的感官品质、腐烂率、菌落总数、质量损失率、可溶性固形物含量等指标来评价抗菌膜对甜樱桃的保鲜效果。**结果** 肉桂精油最主要成分是反式肉桂醛，峰面积比例为83.09%，柠檬草精油的主要成分包括橙花醛(28.45%)、柠檬醛(22.94%)、D-柠檬烯(22.31%)。精油体积分数为3%的抗菌膜对根霉、灰霉、青霉、交链孢霉的抑菌圈直径分别为35, 40, 80, 50 mm，该抗菌膜对甜樱桃表面易造成损伤，反而加速了甜樱桃的腐烂，不利于其保鲜。体积分数为2%的复配精油抗菌膜可有效降低甜樱桃在贮藏期的腐烂率和菌落总数，显著优于其他各处理组($P<0.05$)，并可较好地保持其外观品质，对可溶性固形物含量无明显影响。**结论** 体积分数为2%的肉桂柠檬草复配精油抗菌膜可有效维持甜樱桃的品质，延长其贮藏期3~4 d。

关键词：肉桂精油；柠檬草精油；抗菌膜；甜樱桃；保鲜

中图分类号： TB484.6；TS255.3 **文献标识码：**A **文章编号：** 1001-3563(2018)07-0065-07

DOI： 10.19554/j.cnki.1001-3563.2018.07.013

Effects of Antimicrobial Film Containing Combined Essential Oil of Cinnamon and Lemon Grass on Preservation of Sweet Cherry

LIU Guang-fa, SI Wen, GAO Wen-hua, XU Jun-jie, LIU Wen-xia, WU De-bao
(Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300222, China)

ABSTRACT: fresh-keeping effect on the sweet cherry at room temperature ((27 ± 2)℃ and (40±5)% RH). The chemical compositions of cinnamon EO and lemon grass EO were analyzed by GS-MS. Antimicrobial film was prepared by the method of scraping with cinnamon EO, lemon grass EO, tangerine-80, soybean lecithin, corn starch and polyvinyl alcohol. Its inhibition zone diameter with respect to such four fungi as rhizopus was tested. The effect of antimicrobial film on preservation of sweet cherry was evaluated by testing its sensory quality, rotting rate, total number of bacterial colonies, mass loss rate, soluble solid content and other indicators. Results showed that the main component of cinnamon EO was trans-cinnamaldehyde (83.09%), and the main components of lemon grass EO were nerol (28.45%), citral (22.94%) and D-limonene (22.31%). The diameters of inhibition zone of antimicrobial films (EO volume fraction of 3%) against rhizopus, botrytis cinerea, penicillium and alternaria alternate were 35, 40, 80 and 50 mm, respectively. However, the antimicrobial film with volume fraction of 3% easily damaged the surface of sweet cherry, which accelerated the decay of sweet cherry instead and was not suitable for cherry preservation. The antimicrobial film added with volume fraction of 2% combined EO of cinnamon and lemon grass could effectively reduce the rotting rate and the total number of bacterial colonies of sweet cherry during the storage, which was significantly better than all other treatment groups ($P<0.05$), and maintained its sensory quality in a better way; however, its effect on soluble solid content was not significant. In conclu-

收稿日期：2017-09-11

基金项目：天津科技大学2016—2017学年大学生实验室创新基金(1606A206)

作者简介：刘光发(1986—)，男，天津科技大学实验师，主要研究方向为包装新材料与技术。

sion, the quality of sweet cherry can be effectively preserved by the antimicrobial film with cinnamon and lemon grass composite EO (volume fraction of 2%), and its storage period can be prolonged for about 3~4 d.

KEY WORDS: cinnamon essential oil; lemon grass essential oil; antimicrobial film; sweet cherry; fresh-keeping

甜樱桃主要生长在温带气候地区,由于具有较好的口感、甜度、颜色,丰富的营养物质以及抗氧化和抗癌等作用,深受人们的喜爱^[1]。据统计,我国2015年甜樱桃的产量超过 6×10^5 t^[2],但是甜樱桃成熟时环境温度较高,且甜樱桃的皮薄、水分多,贮藏期间的主要致腐微生物包括青霉、灰霉^[3]等,甜樱桃在常规贮藏条件下的货架寿命很短。据不完全统计,我国甜樱桃采后因贮藏措施不当造成的损失率高达25%~50%^[4],由此造成的甜樱桃损失超过 10^5 t。如何有效解决樱桃的腐烂迫在眉睫。

有研究表明,一些从食药同源的天然植物中提取的精油,例如肉桂精油^[5]、柠檬草精油^[6]等可以抑制很多水果致腐微生物的生长。国内外的一些研究在利用天然植物精油对水果保鲜方面进行了一些探索,例如采用涂有肉桂精油的吸附纸熏蒸处理甜樱桃可减少其腐烂^[7],Nikkhah发现百里香/肉桂复配精油可有效抑制梨的真菌腐败^[8]。Serrano使用气调包装技术结合丁香酚、百里香酚可减少樱桃腐烂^[9]。目前我国市场上仍未见成熟的绿色、安全、高效的抗菌包装材料产品,因此开发一种基于天然植物抑菌成分的抗菌包装材料具有重要意义。文中以肉桂精油、柠檬草精油和聚乙烯醇为主要原料,制备出一种抗菌膜,将其用于甜樱桃的保鲜,探究该抗菌薄膜对甜樱桃品质及贮藏期的影响。

1 实验

1.1 原料和仪器

主要原料:实验样品所用甜樱桃品种为红灯樱桃,购自天津某樱桃园,选择标准为品种相同,色泽、大小接近,约9成熟,无明显病虫害;肉桂精油和柠檬草精油为采用水蒸气蒸馏提取的纯精油,购自吉安市青原区绿源天然香料油提炼厂;营养琼脂和PDA培养基,购自北京奥博星生物技术有限责任公司;大豆卵磷脂,购自上海蓝季生物科技有限公司;玉米淀粉,购自上海麦克林生化科技有限公司;吐温80,购自天津博迪化工股份有限公司;正己烷,购自天津市大茂化学试剂厂;根霉、灰霉、青霉、交链孢霉,均购自天津科技大学菌种保藏中心。

主要仪器:QP2010Ultra气相色谱质谱联用仪,日本Shimadzu公司;SW-CJ-2F超洁净工作台,苏州安泰空气技术有限公司;WS114手持式折光度测试仪,上海测维光电技术有限公司;KQ-800DE数控超

声波清洗器,昆山市超声仪器有限公司;BXM-30R蒸汽灭菌器,上海博讯实业有限公司。

1.2 方法

1.2.1 精油的成分分析

参考黄巍^[10]的方法并做细微修改,采用气相色谱-质谱联用技术(GC-MS)对肉桂和柠檬草精油进行成分鉴定。色谱柱型号为DB-5,规格为30 m×0.25 mm×0.25 μm,采用高纯He为载气,设置进样口温度为250 °C,分流比为20:1。色谱柱程序升温:初始为60 °C,保持3 min,然后以8 °C/min升到250 °C,保持10 min。质谱条件:离子源温度和传输线温度均为220 °C,全扫描方式扫描(范围为43~500 m/z)。取0.4 μL经正己烷稀释100倍后的精油进样,通过对文献和检索NIST10标准质谱库确认精油成分,使用面积归一法得出各出峰成分的相对百分含量。

1.2.2 抗菌薄膜的制备

为了扩大抗菌薄膜的抑菌谱和降低单一精油可能带来的气味影响,在预实验中将肉桂精油与柠檬草精油按照体积比为1:1,2:1,1:2进行复配,测试其对灰霉、青霉、交链孢霉、根霉的抑菌圈直径,发现1:1复配的精油与2:1复配精油的抑菌效果接近,稍优于1:2的复配精油。为便于实验操作,这里优选1:1的复配比例制备抗菌膜。首先将复配精油与相同体积的吐温-80采用蒸馏水稀释成一系列浓度的混合液,使精油的体积分数分别为0,1%,2%,3%,之后加入质量分数为0.001%的大豆卵磷脂,充分搅拌均匀后,置于功率为800 W、温度为30 °C的超声波清洗器中超声振荡60 min,然后依次缓慢加入(边搅拌边加入)30 g聚乙烯醇1788、3 g玉米淀粉和9 mL甘油,用蒸馏水定容到300 mL,随后使用匀浆机匀浆3 min至完全溶解,最后以800 W的超声功率分散15 min,PE保鲜膜封口后置于冰箱中静置12 h脱除气泡,随后将其在玻璃板上刮膜,室温静置约12 h后揭下薄膜。随后测试薄膜的厚度、断裂伸长率和抗拉强度。

1.2.3 抗菌薄膜抑菌性测试

参考黄巍^[10]的方法,并进行细微修改,采用PDA培养基,菌悬液菌落浓度为 1×10^7 CFU/mL,操作要点是将膜裁剪成20 mm×20 mm的试样在直径为90 mm的培养皿中测试抗菌薄膜对根霉、灰霉、青霉、交链孢霉的熏蒸抑菌效果,测试得到其抑菌圈直径。

1.2.4 甜樱桃保鲜实验方法

将甜樱桃随机分为120份样品,每份100 g左右,将其装入一次性聚丙烯托盘中,在托盘底部放置精油体积分数为0, 1%, 2%, 3%的薄膜作为内衬,分别记为空白组, F1组, F2组, F3组,最后用聚乙烯保鲜膜包裹在托盘表面,将各组实验样品置于温度为(27±2) °C, 相对湿度为(40±5)%的室温条件下贮藏,每天测试一次甜樱桃指标,每份样品重复3次。

1.2.5 甜樱桃保鲜指标测试

参考 Hayta 的方法^[11], 感官评价挑选7人作为评判员, 对甜樱桃的外观、色泽和新鲜的香气属性等方面进行评判,采用9分制进行打分。评分规则如下:9分表示樱桃新鲜;7分表示樱桃各方面均很好;5分表示樱桃各方面较好,是可以进入市场销售的最低分值,存在少量缺陷但不严重影响销售;3分表示各方面均一般,存在重大缺陷影响销售;1分表示樱桃不能食用,已腐烂。腐烂率为长霉甜樱桃个数与甜樱桃总个数的百分比。菌落总数的测试按照GB 4789.2—2010^[12]进行。质量损失率为甜樱桃测试时的质量损失与甜樱桃初期质量的百分比。可溶性固形物含量利用WS114手持式折光度测试仪进行测试。

1.3 数据分析

采用Office 2007绘制图表,使用SPSS Statistics 24进行显著性分析,当P<0.05时认为差异显著。

2 结果与讨论

2.1 精油成分鉴定

用于提取精油的植物原料其生长环境、生长期、收获季节以及同一品种的不同植物原料个体之间均存在差异,这些差异最终会导致其精油成分的差别,因此首先采用GC-MS分析其化学成分。肉桂精油和柠檬草精油的气相色谱见图1,再通过检索NIST10标准质谱库和参考相关文献^[13—14]鉴定精油的主要成分。肉桂精油主要鉴定出了11种成分,其峰面积之和占精油全部峰面积的98.42%,图1a中12.850 min

对应的物质为反式肉桂醛(83.09%(峰面积比例,下同),12.850 min(出峰时间,下同))是肉桂精油最主要成分,其余成分依次为香豆素(5.07%,15.816 min),乙酸桂酯(4.44%,15.893 min),肉桂酸(1.58%,15.498 min)。柠檬草精油鉴定出了19种化学成分,其峰面积之和占精油全部峰面积的95.18%,其主要成分依次为橙花醛(28.45%,12.678 min),柠檬醛(22.94%,12.108 min),D-柠檬烯(22.31%,7.728 min),α-蒎烯(2.32%,5.624 min),桉叶油醇(2.12%,7.801 min),月桂烯(2.05%,6.806 min),β-蒎烯(1.85%,6.597 min)。

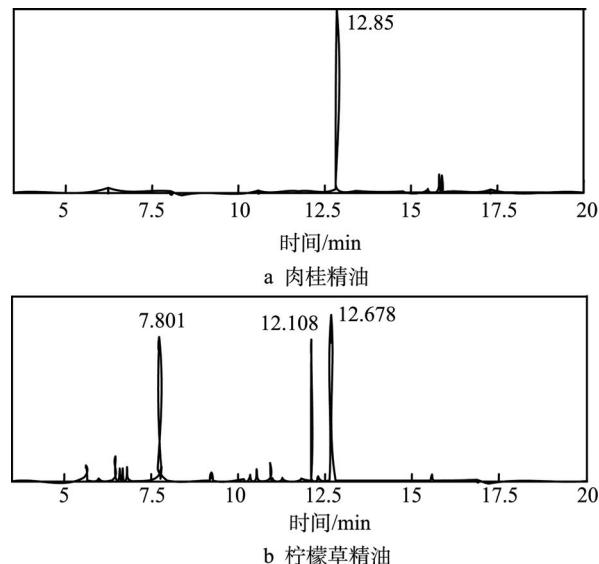


图1 肉桂精油和柠檬草精油气相色谱
Fig.1 Gas chromatography of cinnamon and lemon grass EO

2.2 抗菌薄膜的拉伸性能

抗菌薄膜的平均厚度为(27±5.3) μm。抗菌薄膜的拉伸强度和断裂伸长率见表1,可以看出,各种抗菌膜纵向拉伸强度均优于横向拉伸强度(P<0.05),纵向断裂伸长率也高于横向(P<0.05),这是由于沿着刮膜的方向发生了取向现象。与未添加精油的空白组薄膜相比,随着精油体积分数的增大,抗菌膜的横向和纵向拉伸强度出现了轻微下降的趋势,其断裂伸长率比较接近。

表1 抗菌膜拉伸性能
Tab.1 Tensile properties of antimicrobial film

组别	拉伸强度/MPa		断裂伸长率/%	
	纵向	横向	纵向	横向
空白	20.45±0.26	16.32±0.53	410.52±20.56	367.56±4.57
F1	19.33±0.93	15.52±0.26	414.77±11.92	372.49±4.07
F2	18.95±2.25	15.42±0.21	414.43±23.07	374.24±9.14
F3	18.82±2.13	15.33±0.09	412.20±37.20	371.49±7.87

2.3 抗菌薄膜抑菌效果

各抗菌膜对4种霉菌的熏蒸抑菌圈直径见表2。空白组薄膜和精油体积分数为1%的F1组薄膜对4种霉菌的抑菌圈直径均为0,但是在平皿中F1组薄膜正对面的菌落相对空白组较稀薄,但是未能完全抑制微生物的生长,因此其抑菌圈直径仍记为0。抗菌薄膜的熏蒸抑菌效果随着精油含量的增加而明显增强,其中F3组抗菌膜的抑菌圈直径显著优于其余各组抗菌膜($P<0.05$)。肉桂精油由于含有大量的肉桂醛而具有广谱抗菌活性,它可以改变大肠杆菌和金黄色葡萄球菌细胞膜的渗透性并破坏细菌细胞膜结构的完整性,因而对细菌具有较强的抑制作用^[15]。肉桂醛能损坏灰葡萄孢菌菌丝的细胞膜结构,致使其细胞内的电解质和细胞内容物泄漏从而导致菌丝死亡^[16]。Tyagi报道了柠檬草精油可以使大肠杆菌的细胞壁厚度发生变化,使细胞质在某些位置变得非常密集^[17]。柠檬醛也被发现能破坏黄曲霉的细胞膜,并损伤黄曲霉的线粒体和细胞核^[18]。F3组抗菌膜的抑菌圈直径相对较大,推测可能是由于反式肉桂醛和柠檬醛破坏了灰霉等霉菌的细胞结构,但是准确的破坏作用点和抑菌机制还有待深入研究。抗菌薄膜的抑菌活性是否代表了其在甜樱桃等水果保鲜应用中的效果值得在具体应用中进行深入探索。

表2 抗菌膜对4种霉菌的抑菌圈直径

Tab.2 Inhibition zone diameter of antimicrobial films against four fungi mm

组别	根霉	灰霉	青霉	交链孢霉
空白	0	0	0	0
F1	0	0	a0	0
F2	18±2.00	20±2.65	30±2.50	23±2.57
F3	35±2.18	40±3.00	80±4.82	50±3.61

2.4 抗菌薄膜对甜樱桃保鲜指标的影响

2.4.1 感官品质

各处理组甜樱桃贮藏期间感官品质的变化见图2。在贮藏过程中,甜樱桃的外观色泽和口感等感官品质由于甜樱桃的过度成熟和微生物的侵染会发生一些不利变化,因此各处理组甜樱桃的感官评分均呈现下降的趋势。空白组甜樱桃的感官分值下降非常明显,主要是因为微生物的繁殖使部分甜樱桃出现了霉烂的现象,在第4天时甜樱桃的感官评分为5.0分。F3组甜樱桃的感官评分降低最迅速,其感官分值甚至低于空白组,F3组甜樱桃在贮藏期的第2天,其果皮与抗菌膜接触的部位开始出现轻微的药害现象,果梗也出现轻微的褐变,分析其原因是由于F3组抗菌膜中复配精油的含量过高破坏了水果的表皮组织,此前有研究表明利用八角茴香精油^[19]保鲜甜樱桃时

也发生了相似的现象。F1组甜樱桃的感官评分稍优于空白组,甜樱桃表面未发生药害现象,果梗未发生褐变,抗菌膜对甜樱桃的风味无明显影响,在第5天时其感官分值为5.0分,甜樱桃的霉烂导致了其分值的下降。F2组甜樱桃的腐烂明显低于其余各处理组,其果梗表面未发生褐变,果皮表面也未发生药害现象,抗菌薄膜对甜樱桃的口感也未产生任何不利影响,经过8 d的贮藏,其感官分值仍为5.0,明显优于其余处理组($P<0.05$)。这说明精油体积分数为2%的抗菌薄膜可以有效地维持甜樱桃的感官品质。

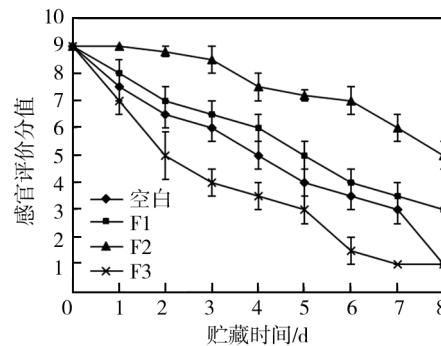


图2 各组甜樱桃感官品质的变化
Fig.2 Changes in sensory quality of sweet cherry of each group

2.4.2 腐烂率

甜樱桃果实容易软化,且遭受微生物感染极易腐烂^[20]。各处理组甜樱桃贮藏期间腐烂率的变化见图3,可以看出,各组甜樱桃的腐烂率在贮藏期间均呈上升趋势,其上升趋势大小为F3组>空白组>F1组>F2组。空白组甜樱桃在第1天的腐烂率为4%,在第8天时上升为25%。F3组甜樱桃的腐烂率从6.0%(第1天)上升至40%(第8天),明显高于空白组的25%($P<0.05$),这是因为过量的精油破坏了甜樱桃的表皮从而加速其腐烂。F2处理组的甜樱桃腐烂率上升最为缓慢,在第8天时仅为6%,明显低于同期其余各组($P<0.05$),这是由于F2组抗菌薄膜中的反式肉桂醛和柠檬醛等成分可以破坏微生物细胞膜

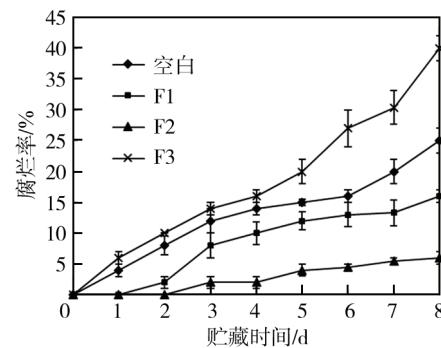


图3 各组甜樱桃腐烂率的变化
Fig.3 Changes in rotting rate of sweet cherry of each group

的结构, 因而具有较强的抑菌作用^[15, 17], 从而降低了甜樱桃的腐烂率。F1组甜樱桃的腐烂率稍微低于空白组, 但是明显高于F2组 ($P<0.05$), 这是由于F1组抗菌薄膜中的精油成分过少, 导致其在甜樱桃托盘包装中释放出的抑菌成分不足以有效抑制其腐烂。

2.4.3 菌落总数

甜樱桃在贮藏过程中菌落总数的变化可以更加精确地反映甜樱桃遭受微生物侵染的情况, 各处理组甜樱桃贮藏期间菌落总数的变化见图4。甜樱桃的初始菌落总数为2.2 lg (CFU/g), 各组甜樱桃的菌落总数在贮藏期间均呈上升趋势。由图4可知, F1和F2组甜樱桃的菌落总数上升速率明显慢于空白组, 而F3组甜樱桃菌落总数的增加速率甚至高于空白组, 经过8 d室温条件下的贮藏, 空白, F1, F2和F3组甜樱桃的菌落总数从第0天的初始值2.2 lg (CFU/g)分别增加为5.4, 4.6, 3.9, 5.7 lg (CFU/g), 其中F2组甜樱桃的菌落总数明显低于其他3组 ($P<0.05$)。与空白组相比, F1和F2组抗菌膜能减缓甜樱桃贮藏期间菌落总数的增加, 其中F2组抗菌膜作用效果最明显。与之相反, 经过F3组抗菌薄膜处理的甜樱桃菌落总数的上升速率甚至高于空白组甜樱桃, 分析其原因是由于F3组抗菌薄膜的精油浓度过高损伤了甜樱桃表皮, 而果皮受损的甜樱桃更容易腐烂, 即使F3组抗菌薄膜能释放出精油抗菌成分, 但也不足以抑制果皮受损造成的微生物的迅速生长繁殖。Serrano^[21]等研究发现添加有麝香草酚或丁香酚的活性包装能有效降低甜樱桃贮藏期间的菌落总数, 这说明活性包装中的天然抗菌成分对于降低甜樱桃贮藏期间的菌落总数具有明显作用。

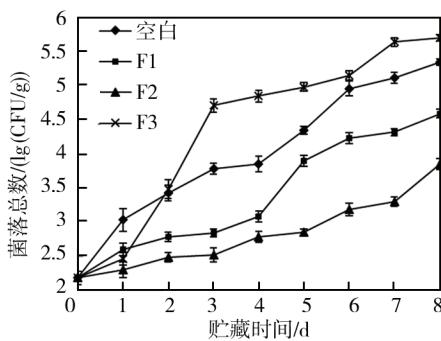


图4 各组甜樱桃菌落总数的变化

Fig.4 Changes in the total number of colonies of sweet cherry of each group

2.4.4 质量损失率

水果在贮藏期间由于蒸腾作用和呼吸作用引起水分损失从而导致其质量降低^[22]。由于甜樱桃的果实和茎都具有较低的表皮扩散阻力^[23]和相对较高的表面体积比^[3], 会导致它们在贮藏期间失去大量的水

分。Bozkurt^[24]认为甜樱桃果实表皮的组织结构特性对于其质量损失具有关键作用。各组甜樱桃贮藏期间质量损失率的变化见图5, 各组甜樱桃的质量损失率均随着时间的延长逐渐增加, 在第8天时空白组、F1组、F2组、F3组甜樱桃的质量损失率分别为7.7%, 6.6%, 5.8%, 8.0%, 其中空白组和F3组甜樱桃的质量损失率上升趋势较快, F2组甜樱桃质量损失率增加比其余组缓慢, 明显低于其余3组 ($P<0.05$)。这是因为F2组抗菌薄膜可以较好地维持甜樱桃果实表皮的强度, 阻碍其水分的损失, 进而降低其质量损失率。空白组和F1组由于没有抗菌成分或其含量过低, 甜樱桃样品果实的表皮纹理特性强度降低导致了质量损失率的升高。F3组由于过量的抗菌剂导致甜樱桃表皮及果梗受损, 相对于F2组甜樱桃的失水量显著增大 ($P<0.05$)。

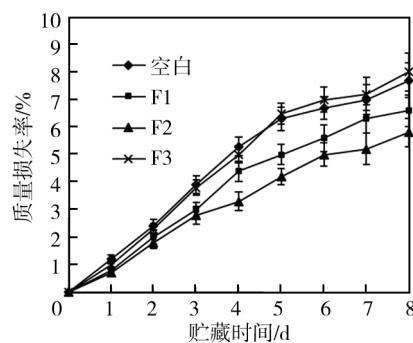


图5 各组甜樱桃质量损失率的变化

Fig.5 Changes in mass loss rate of sweet cherry of each group

2.4.5 可溶性固形物含量

各组甜樱桃贮藏期间腐烂率的变化见图6。可以看出, 各组甜樱桃可溶性固形物含量在贮藏初期缓慢上升, 随后下降, 这是因为贮藏初期水果中的淀粉和其他多糖水解成糖类物质^[25], 而在贮藏后期水果由于自身代谢消耗了部分的可溶性固形物^[10]。各组甜樱桃的初始可溶性固形物质量分数约为12.7%, 在贮藏的前4天可溶性固形物含量上升是甜樱桃后熟的表现,

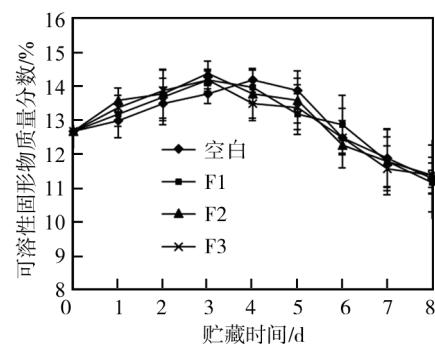


图6 各组甜樱桃可溶性固形物含量的变化

Fig.6 Changes in soluble solids content of sweet cherry of each group

之后由于自身的代谢消耗了部分的营养物质出现了下降的趋势。在整个贮藏过程中各组甜樱桃之间的可溶性固形物含量无规律性差异。这说明该实验制备的抗菌薄膜对常温条件下甜樱桃可溶性固形物含量没有显著影响。

3 结语

精油体积分数为3%的抗菌膜对4种霉菌的抑菌效果最强,而保鲜实验结果表明体积分数为2%的肉桂柠檬草复配精油抗菌膜可有效地降低甜樱桃在贮藏期的腐烂率和菌落总数,对于维持其外观品质也具有积极作用。综合考虑甜樱桃腐烂率和感官评价,空白对照组甜樱桃贮藏至第4~5天时,腐烂变得严重,感官已经无法接受,而体积分数为2%的肉桂柠檬草复配精油抗菌膜处理的甜樱桃在第8天时,腐烂率较低,感官还可接受,因此认为甜樱桃的贮藏期可延长约3~4 d。该抗菌膜所采用的抗菌剂来源于食药同源植物,安全性高,该抗菌膜还可用于其他生鲜农产品的保鲜。此外,由于时间关系,抗菌膜中精油的释放规律以及如何调控其释放速率值得在今后的研究中进行深入探索。

参考文献:

- [1] WANI A A, SINGH P, GUL K, et al. Sweet Cherry (*Prunus Avium*): Critical Factors Affecting the Composition and Shelf Life[J]. *Food Packaging and Shelf Life*, 2014(1): 86—99.
- [2] 田亚晨, 贡汉生, 赵珊, 等. 烟台地区引起甜樱桃采后腐烂霉菌的分离鉴定[J]. 食品科学, 2017(22): 55—58.
TIAN Ya-chen, GONG Han-sheng, ZHAO Shan, et al. Screening and Identification of Spoilage Moulds in Picked Sweet Cherry from Yantai[J]. *Food Science*, 2017(22): 55—58.
- [3] CONTE A, SCROCCO C, LECCE L, et al. Ready-to-eat Cherries: Study on Different Packaging Systems[J]. *Innovative Food Science Emerging Technologies*, 2009(10): 564—571.
- [4] 杜小琴, 李玉, 秦文, 等. 甜樱桃采后病害及保鲜技术研究进展[C]// 2014年营养与食品科技学术年会, 2014.
DU Xiao-qin, LI Yu, QIN Wen, et al. Research Progress on Postharvest Diseases and Preservation Technology of Sweet Cherry[C]// 2014 Annual Academic Meeting on Nutrition and Food Science and Technology, 2014.
- [5] EVRENDELIK G A. Empirical Prediction and Validation of Antibacterial Inhibitory Effects of Various Plant Essential Oils on Common Pathogenic Bacteria[J]. *International Journal of Food Microbiology*, 2015, 202: 35—41.
- [6] AKINKUNMI E O, OLADELE A, ESHO O, et al. Effects of Storage Time on the Antimicrobial Activities and Composition of Lemon Grass Oil[J]. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 2016, 3: 105—111.
- [7] 张倩, 辛力, 亓雪龙, 等. 肉桂精油对甜樱桃果实品质和货架期的影响[J]. 核农学报, 2015, 29(9): 1737—1742.
ZHANG Qian, XIN Li, QI Xue-long, et al. Effects of Cassai Oil on the Shelf-life and Quality of Sweet Cherry Fruits[J]. *Journal of Nuclear Agricultural Sciences*, 2015, 29(9): 1737—1742.
- [8] NIKKHAH M, HASHEMI M, NAJAFI M B H, et al. Synergistic Effects of Some Essential Oils against Fungal Spoilage on Pear Fruit[J]. *International Journal of Food Microbiology*, 2017, 257: 285—294.
- [9] SERRANO M, MARTÍNEZ-ROMERO D, CASTILLO S, et al. The Use of Natural Antifungal Compounds Improves the Beneficial Effect of MAP in Sweet Cherry Storage[J]. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 2005, 6: 115—123.
- [10] 黄巍, 王建清, 高康, 等. 丁香精油涂布纸箱对水蜜桃的保鲜效果[J]. 包装工程, 2017, 38(9): 25—30.
HUANG Wei, WANG Jian-qing, GAO Kang, et al. Fresh-keeping Effect of Carton Coated with Clove Essential Oil on Juicy Peaches[J]. *Packaging Engineering*, 2017, 38(9): 25—30.
- [11] HAYTA E, ADAY M S. The Effect of Different Electrolyzed Water Treatments on the Quality and Sensory Attributes of Sweet Cherry during Passive Atmosphere Packaging Storage[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2015, 102: 32—41.
- [12] GB 4789.2—2010, 食品安全国家标准 食品微生物学检验菌落总数测定[S].
GB 4789.2—2010, National Food Safety Standard-Food Microbiological Examination: Aerobic Plate Count[S].
- [13] MAZZARRINO G, PAPARELLA A, CHAVES-LOPEZ C, et al. *Salmonella Enterica* and *Listeria Monocytogenes* Inactivation Dynamics after Treatment with Selected Essential Oils[J]. *Food Control*, 2015, 50: 794—803.
- [14] LERMEN C, MORELLI F, GAZIM Z C, et al. Essential Oil Content and Chemical Composition of *Cymbopogon Citratus* Inoculated with Arbuscular Mycorrhizal Fungi under Different Levels of Lead[J]. *Industrial Crops and Products*, 2015, 76(12): 734—738.
- [15] ZHANG Yun-bin, LIU Xiao-yu, WANG Yi-fei, et al. Antibacterial Activity and Mechanism of Cinnamon Essential Oil against *Escherichia Coli* and *Staphylococcus Aureus*[J]. *Food Control*, 2016, 59: 282—289.
- [16] 张娜娜. 肉桂醛对番茄采后灰霉病的抑制作用及其生理品质的影响[D]. 上海: 上海师范大学, 2014.
ZHANG Na-na. Inhibition of Cinnamaldehyde on Gray Mold of Post-harvest Tomatoes and Quality Maintenance on Tomato Fruits[D]. Shanghai: Shanghai Normal University, 2014.

- University, 2014.
- [17] TYAGI A K, MALIK A. Bactericidal Action of Lemon Grass Oil Vapors and Negative Air Ions[J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2012, 13: 169—177.
- [18] 蒋立科, 罗曼. 柠檬醛抗黄曲霉作用的分子机理[J]. 生命科学研究, 2005(S): 81—94.
JIANG Li-ke, LUO Man. Molecular Mechanism of Inhibitory Effects of Citral on Aspergillus Flavus[J]. Life Science Research, 2005(S): 81—94.
- [19] 王建清, 刘光发, 金政伟, 等. 八角茴香提取物对甜樱桃保鲜效果的研究[J]. 食品科技, 2010, 35(5): 186—190.
WANG Jian-qing, LIU Guang-fa, JIN Zheng-wei, et al. Study on Preservation Effect of Star Anise Extract on Sweet Cherry[J]. Food Science and Technology, 2010, 35(5): 186—190.
- [20] AGLAR E, OZTURK B, GULER S K, et al. Effect of Modified Atmosphere Packaging and 'Parka' Treatments on Fruit Quality Characteristics of Sweet Cherry Fruits (*Prunus Avium L. '0900 Ziraat'*) during Cold Storage and Shelf Life[J]. Scientia Horticulturae, 2017, 222: 162—168.
- [21] SERRANO M, MARTÍNEZ-ROMERO D M, CAST-
ILLO S, et al. The Use of Natural Antifungal Compounds Improves the Beneficial Effect of MAP in Sweet Cherry Storage[J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2005, 6(1): 115—123.
- [22] PETRICCIONE M, SANCTIS F D, PASQUARIELLO M, et al. The Effect of Chitosan Coating on the Quality and Nutraceutical Traits of Sweet Cherry during Post-harvest Life[J]. Food Bioprocess Tech, 2014, 8: 394—408.
- [23] SERRANO M, GUILLÉN F, MARTÍNEZ-ROMERO D, et al. Chemical Constituents and Antioxidant Activity of Sweet Cherry at Different Ripening Stages[J]. Journal of Agricultural & Food Chemistry, 2005, 53(7): 2741—2745.
- [24] BOZKURT F, TORNUK F, TOKER O S, et al. Effect of Vaporized Ethyl Pyruvate as a Novel Preservation Agent for Control of Postharvest Quality and Fungal Damage of Strawberry and Cherry Fruits[J]. LWT-Food Science and Technology, 2016, 65: 1044—1049.
- [25] XIN Ying, CHENA Fu-sheng, LAI Shao-juan, et al. Influence of Chitosan-based Coatings on the Physico-chemical Properties and Pectin Nanostructure of Chinese Cherry[J]. Postharvest Biology and Technology, 2017, 133: 64—71.