

丁香精油涂布纸箱对水蜜桃的保鲜效果

黄巍^{1,2}, 王建清¹, 高康³, 张倩¹, 刘光发¹, 董婧², 李杨²

(1.天津科技大学, 天津 300222; 2.中国包装科研测试中心, 天津 300457;

3.奥瑞金包装股份有限公司, 北京 101407)

摘要: **目的** 研发一种以丁香精油为抑菌剂的涂布纸箱, 并研究不同浓度丁香精油对水蜜桃保鲜效果的影响。**方法** 将不同浓度的丁香精油与聚乙烯醇涂布到瓦楞纸板上制备成涂布纸箱, 测试抗菌纸板对灰霉、交链孢、黑曲霉的熏蒸抑菌效果; 并以水蜜桃为研究对象, 研究不同浓度丁香精油对水蜜桃保鲜效果的影响。**结果** 抗菌纸板的抑菌率随着丁香精油浓度的增加而逐渐增强, 丁香精油涂布纸箱可明显降低水蜜桃的腐烂率, 并维持其感官品质, 贮藏 13 d 后, 体积分数为 0.6% 的丁香精油涂布纸箱对水蜜桃的保鲜效果最佳, 其感官品质分数为 6.2, 腐烂率仅为 26%。**结论** 丁香精油涂布纸箱对灰霉、交链孢霉、黑曲霉等霉菌具有抑制作用, 可减缓水蜜桃的腐烂, 延长其货架寿命 4~5 d。

关键词: 丁香精油; 涂布纸箱; 水蜜桃; 抑菌率; 腐烂率

中图分类号: TS255.3 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2017)09-0025-06

Fresh-keeping Effect of Carton Coated with Clove Essential Oil on Juicy Peaches

HUANG Wei^{1,2}, WANG Jian-qing¹, GAO Kang³, ZHANG Qian¹, LIU Guang-fa¹, DONG Jing², LI Yang²

(1.Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300222, China; 2.China Packaging Research & Test Center, Tianjin 300457, China; 3. O.R.G Packaging Co., Ltd., Beijing 101407, China)

ABSTRACT: The work aims to research and develop the coated carton with clove essential oil as the bacteriostatic agent, and study the influence of different concentrations of clove essential oil on the fresh-keeping effect on juicy peaches. The coated carton was prepared by applying different concentrations of clove essential oil and polyvinyl alcohol on corrugated board. The antimicrobial effect of antibacterial cardboard on botrytis cinerea, alternaria alternata and aspergillus niger was tested. With juicy peaches as the study object, the influence of different concentrations of clove essential oil on the fresh-keeping effect of juicy peaches was studied. The antimicrobial rate of antibacterial cardboard was improved with the increase in the concentration of clove essential oil. The carton coated with clove essential oil could obviously reduce the decay rate of juicy peaches and maintained the sensory quality of juicy peaches. After storage for 13 days, the juicy peaches stored in carton coated with 0.6% clove essential oil presented the best quality, its sensory quality score was 6.2, and its decay rate was only 26%. It is concluded that molds such as botrytis cinerea, alternaria alternata and aspergillus niger can be inhibited by carton coated with clove essential oil, which can reduce the decay of juicy peach and extend its shelf life for 4~5 days.

KEY WORDS: clove essential oil; coated carton; juicy peaches; antimicrobial rate; decay rate

目前国内的冷链物流较不发达, 果蔬贮藏和保鲜处理措施也比较落后, 果蔬等生鲜农产品的采后腐烂一直是一个严重问题。据统计, 我国 2011 年的蔬菜和水果的产量分别为 6.79 亿 t 和 2.28 亿 t^[1], 果蔬采后平均损失率高达 30%~50%^[2], 以 2011 年的产量计

算, 果蔬总损耗超过 3 亿 t, 且这一数据随着果蔬产量的增加而呈现上升趋势。安全有效地防止果蔬等生鲜农产品在物流和销售环节中的腐烂, 成为一个亟待解决的问题。

使用化学防腐剂对果蔬进行防腐保鲜处理可以

收稿日期: 2017-02-06

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划 (2015BAD16B05)

作者简介: 黄巍 (1982—), 男, 天津科技大学博士生, 主要研究方向为包装新材料与技术。

取得一定的效果,但化学防腐剂在果蔬中的残留问题很难较好地解决,这可能会产生致癌致畸等副作用^[3]。近年来的研究表明,很多植物精油对食源性致病菌具有很好的抑制作用^[4-6],并在对部分生鲜农产品进行防腐保鲜方面取得了一些效果^[7-9],天然植物抗菌剂在生鲜农产品防腐保鲜中具有较好的应用前景。

文中以丁香精油为抗菌剂,瓦楞纸箱为包装载体,制备一种具有抗菌功能的涂布纸箱,并以水蜜桃为研究对象,探索该涂布纸箱对水蜜桃的保鲜效果,为果蔬等生鲜农产品的绿色防腐保鲜提供了一种新的技术思路。

1 实验

1.1 材料与仪器

作为实验材料的水蜜桃购于天津某农场,选择无明显虫害或损伤、大小基本一致、成熟度接近,约8成熟的水蜜桃作为实验样品。丁香精油购自河南省华龙辛夷开发有限责任公司;聚乙烯醇(PVA)购自山东弘海生物技术有限公司;氢氧化钠、草酸等化学试剂均为分析纯,购自天津市基准化学实验试剂有限公司;抗坏血酸购自天津天医化学试剂厂;灰霉、交链孢、黑曲霉由天津科技大学食品工程与生物技术学院提供。

实验仪器选用GC-MS气相色谱质谱联用仪,型号为Varian 4000MS,由美国瓦里安公司生产;硬度计型号为GY-3,由浙江托普仪器有限公司生产;紫外可见分光光度仪型号为SP-72,由上海光谱仪器有限公司生产;手持式折射仪型号为WS114,由上海测维光电技术有限公司生产。

1.2 实验方法

1.2.1 丁香精油的GC/MS成分分析

根据有关文献^[10],确定实验的色谱和质谱条件。色谱条件如下,柱子型号VF-5ms,30 m×0.25 mm×0.25 μm,进样口温度为300℃,分流比为100,载气为He,纯度为99.999%,流速为1 mL/min,程序升温,初始温度为60℃,以10℃/min升至300℃,保持3 min。质谱条件如下,离子源为EI,质量分析器为离子阱,阱温为220℃,传输线温度为280℃,扫描方式为全扫描,扫描范围(*m/z*)为50~1000。数据库为NIST05标准质谱库。将丁香精油用色谱级正己烷稀释100倍,取1 μL进样。利用计算机检索,再结合数据库和有关文献,按面积归一化法计算,确定各成分的相对百分含量。

1.2.2 涂布纸箱的制备

抗菌涂布液的制备工艺如下,在90℃的恒温水

浴环境中采用蒸馏水将聚乙烯醇粉末溶解,溶解过程中采用搅拌器进行搅拌。将溶解完全的PVA水溶液在60℃下,以600 W的超声功率超声处理80 min,然后静置20 h至气泡完全脱除,然后取一定量的PVA水溶液在45℃条件下按照一定比例加入丁香精油和吐温-80,磁力搅拌1 h制得抗菌涂布液。抗菌涂布液按精油浓度分为5组,分别记为CK, Rd1, Rd2, Rd3, Rd4,其对应的精油的体积分数分别为0%, 0.3%, 0.45%, 0.6%, 0.75%,各组涂布液中PVA的质量分数均为10%,吐温-80的体积分数均为0.5%。

涂布纸箱的制备过程如下,将上述各组抗菌涂布液均匀涂布在瓦楞纸箱隔板上,涂布量为25 g/m²自然风干,然后套上聚乙烯塑料袋放入瓦楞纸箱中,组成抗菌涂布纸箱。

1.2.3 涂布纸箱抑菌效果测试

从活化后的菌种斜面接种1—2环菌种至装有无菌生理盐水的试管,用血球计数板测试菌种浓度,最终用无菌生理盐水将菌悬液浓度调整为1×10⁷ CFU/mL,制备菌悬液,备用。

抑菌效果测试过程如下:将涂布完丁香精油抗菌涂布液的瓦楞纸板用打样机裁切成直径为80 cm的圆片状,采用紫外灯照射30 min杀菌,在无菌环境中装入无菌袋,保存备用。将加热融化后10~15 mL的PDA培养基倒入无菌培养皿中,待凝固后采用无菌移液枪加入100 μL的菌悬液并采用无菌涂布棒涂匀,然后将裁切好的抗菌纸板放置在培养皿中,使抗菌纸板与菌悬液涂布面距离为(10±1) mm,然后将其放入28℃的培养箱中培养48 h后测试抑菌率,培养皿中出现的抑菌区域面积与空白对照组培养皿中菌落生长面积之比为抑菌率,用百分数表示。

1.2.4 保鲜实验样品处理

在每个涂布纸箱中放入4个大小质地均一的水蜜桃,每种涂布纸箱设置7个平行样,置于16℃,相对湿度为34%的室温条件下贮藏。水蜜桃的指标分别在第0, 3, 6, 8, 10, 12, 13 d测定。

1.2.5 桃的保鲜指标测试

选择10人作为评判人员,对桃的色泽、外观、气味3方面在感官方面进行评判,评判结果用打分形式表现,采取十分制,水蜜桃的感官评价标准参见文献^[11]。腐烂率的判定采用感官鉴定法,腐烂率=(发霉果粒面积/总果粒面积)×100%。质量损失率的计算利用差重法,称取水蜜桃的质量与初始质量做对比,进而计算质量损失率。硬度测定采用GY-1型水果硬度测定仪测定,每个果实相同位置测定,3次测定取平均值。可溶性固形物的测定采用手持折光仪,3次测量取平均值,Vc含量采用紫外快速测定法测定^[12],可滴定酸含量采用酸碱滴定法测定^[13]。

2 结果与讨论

2.1 丁香精油的成分分析

由于植物的种类、采摘季节以及生长气候、土壤等因素对于丁香精油的化学成分影响较大,所以首先对丁香精油进行成分分析。通过计算机联机检索与 NIST05 标准质谱库中的质谱图进行相似度对比,并对比文献^[10,14]最终确认丁香精油的主要化学成分为丁香酚、乙酰基丁香酚、 α -石竹烯。丁香精油中含量最多的 3 种化学成分占总质量分数达 97.044%,其中丁香酚的相对质量分数为 67.792%,乙酰基丁香酚的相对质量分数为 19.920%, α -石竹烯的质量分数为 9.332%。

2.2 不同浓度丁香精油对涂布纸箱抑菌效果的影响

抗菌纸板对 3 种霉菌的抑菌率见表 1。4 组涂布抗菌纸板对灰霉、交链孢霉、黑曲霉 3 种霉菌均具有一定的抑菌效果,当丁香精油涂布量为 0.3%时,对灰霉、交链孢霉、黑曲霉抑菌率分别为 30%,40%,33%。随着精油浓度的增加,抑菌率逐渐增大,当丁香精油的体积分数为 0.6%时,对 3 种霉菌的抑菌率分别为 90%,100%,95%,当丁香精油的浓度增加到 0.75%,对 3 种霉菌的抑制率均达到了 100%。过高的精油浓度可能会对果蔬表皮造成损伤,所以该涂布纸箱的最佳精油浓度还需要在果蔬保鲜应用中进一步探究。

表 1 抗菌纸板对 3 种霉菌的抑菌率
Tab.1 Inhibitory rate of antimicrobial corrugated cardboard against three molds %

组别	霉菌		
	灰霉	交链孢霉	黑曲霉
CK	0	0	0
Rd1	30	40	33
Rd2	50	75	55
Rd3	90	100	95
Rd4	100	100	100

2.3 涂布纸箱对水蜜桃保鲜效果的影响

2.3.1 对水蜜桃感官评价的影响

水蜜桃的感官评价分值见表 2。水蜜桃的感官评价分值随着贮藏时间的延长而逐渐降低。其中,CK 对照组水蜜桃的感官评价的分值下降最快,室温贮藏 8 d 时,分值下降到 5.6,几乎失去商品价值。由于涂布纸箱中抗菌成分的抑菌作用,Rd1, Rd2, Rd3, Rd4 各组涂布纸箱中水蜜桃的感官评价分值下降相对较为缓慢,其中 Rd3 组的水蜜桃分值下降最慢,经过 13 d 的贮藏,Rd3 组水蜜桃分值仍为 6.2。Rd4 组纸箱中水蜜桃的分值要低于 Rd3 组,分析其原因可能是

由于 Rd4 组纸箱中的精油浓度过高,对水蜜桃果皮造成了一定的药害,损伤了果皮的外表面,这就导致了 Rd4 组的水蜜桃虽然未长霉但是其外表面也有部分损伤和少量汁水外溢。Rd1 和 Rd2 组纸箱由于抗菌成分的含量不够,不能较好地抑制水蜜桃的腐烂,造成了感官分值都低于 Rd3 组。

表 2 水蜜桃的感官评价
Tab.2 Sensory evaluation of juicy peaches

组别	0 d	3 d	6 d	8 d	10 d	12 d	13 d
CK	10	9.5	9.0	5.6	2.6	0	0
Rd1	10	9.7	9.6	8.8	7.4	6.8	4.2
Rd2	10	9.8	9.6	8.8	7.6	5.8	4.8
Rd3	10	9.8	9.6	9.0	7.8	7.0	6.2
Rd4	10	9.4	8.8	7.8	6.4	4.6	4.4

2.3.2 对水蜜桃腐烂率的影响

水蜜桃在贮藏过程中发生腐烂主要是由于受到霉菌的侵染,如灰霉、根霉、黑曲霉、交链孢霉等^[15],如果能很好地控制水蜜桃在贮藏过程中的霉菌,就能较好地降低水蜜桃的腐烂。水蜜桃腐烂率随贮藏时间的变化,CK 组水蜜桃在第 10 天大部分长霉,腐烂率达 83%,到第 11 天完全霉变腐烂。在 Rd1, Rd2, Rd3, Rd4 这 4 组涂布纸箱中,Rd1 组水蜜桃的腐烂情况最严重,这是因为涂布纸箱中丁香精油浓度太低,不足以抑制导致水蜜桃发生腐烂霉菌的繁殖,所以 Rd1 组水蜜桃在贮藏期间仍然会出现比较严重的腐烂现象。Rd3 组的水蜜桃的腐烂率一直维持在相对比较低的水平,经过室温贮藏 13 d 后腐烂率仅为 26%,而此时,CK 组、Rd1 组、Rd2 组和 Rd4 组的腐烂率分别为 100%,78%,58%,58%。之前抗菌纸板的抑菌率的数据表明,随着精油浓度的增加,抑菌效果逐渐增强,而抑菌效果更强的 Rd4 组的腐烂率高于 Rd3 组,这是因为丁香精油中的酚类物可以破坏微生物的细胞膜结构,从而抑制微生物的生长,但是过高的精油浓度容易对水果表皮造成伤害,所以过高或是过低的精油浓度都不适于水蜜桃保鲜。以上实验结果表明,体积分数为 0.6%的丁香精油涂布可以极显著地降低水蜜桃的腐烂。

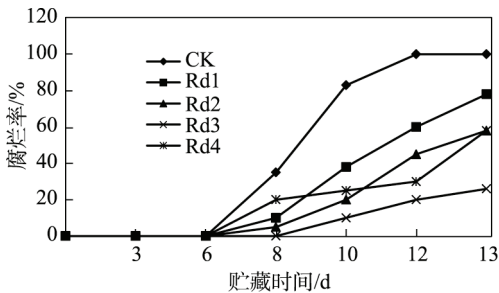


图 1 贮藏期水蜜桃腐烂率的变化
Fig.1 Changes of decay rate of juicy peaches during storage period

2.3.3 对水蜜桃质量损失率的影响

水蜜桃质量损失率随贮藏时间的变化见图2。水蜜桃在贮藏过程中,质量损失率逐渐增大,其中以CK组水蜜桃质量损失率最高,贮藏到第10天时水蜜桃的质量损失率为6.3%,这说明经过10 d的贮藏,水蜜桃中有6.3%的营养物质和水分因自身代谢或腐烂而损失。贮藏在Rd1, Rd2, Rd3, Rd4这4组涂布纸箱中的水蜜桃的质量损失率上升相对较缓慢,其中Rd3组水蜜桃的质量损失率上升相对CK组最缓慢,但是各涂布纸箱之间的差异不显著。经过13 d的贮藏, Rd3组水蜜桃的质量损失率仅为5.2%。

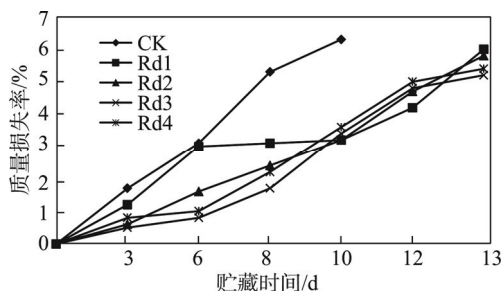


图2 水蜜桃质量损失率的变化

Fig.2 Changes of weight loss rate of juicy peaches during storage period

2.3.4 对水蜜桃硬度的影响

水蜜桃硬度随贮藏时间的变化见图3。在贮藏过程中,水蜜桃体内由于钙离子和果胶的共同作用使果肉维持一定的硬度,随着水蜜桃成熟度的增加,果胶被逐渐分解,果肉会相应变软。由图3可知,CK组纸箱内水蜜桃的硬度下降最快,到第6天水蜜桃明显变软,第8天水蜜桃果肉严重腐烂,硬度降到2 kg/cm²以下。在Rd1, Rd2, Rd3, Rd4这4组涂布纸箱中水蜜桃的硬度下降缓慢,其中Rd3组硬度下降最缓慢,这是因为Rd3组中的抗菌成分丁香酚可以较好地抑制微生物的繁殖,CK组及Rd1和Rd2组由于水蜜桃受到霉菌的侵染发生细微的腐败影响了果实的硬度,而Rd4组由于丁香精油对果皮的损伤和药害作用,同样影响了果实的硬度,综合对比,体积分数为0.6%的丁香精油涂布的纸箱可以较好地维持水蜜桃的硬度。

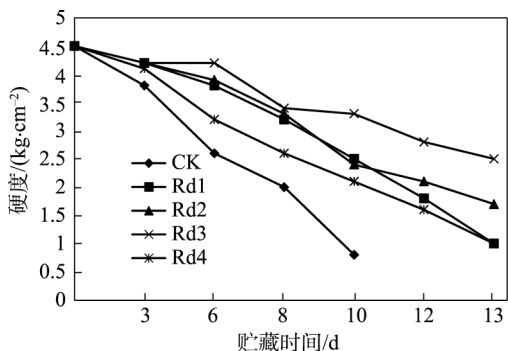


图3 水蜜桃的硬度变化

Fig.3 Changes of hardness of juicy peaches during storage period

2.3.5 对水蜜桃可溶性固形物的影响

可溶性固形物的含量不仅代表着果实中营养物质的多少,还与水蜜桃的口感有密切关系。水蜜桃可溶性固形物含量随贮藏时间的变化趋势见图4。在贮藏期间,水蜜桃的可溶性固形物呈现先小幅度上升后下降的趋势,这是因为水蜜桃在贮藏过程中继续成熟,在贮藏了6~8 d后,各组水蜜桃的可溶性固形物达到峰值,此后水蜜桃进入后熟阶段^[16],可溶性固形物被呼吸作用等自身代谢过程消耗而出现下降的趋势。由图4可知,CK组可溶性固形物含量下降最快,这是因为水蜜桃由于容易遭受微生物的侵染,微生物分泌的酶类物质影响果实的代谢过程,从而加速可溶性固形物的消耗。相比之下,Rd3组可溶性固形物含量下降比较平稳,由此可见,体积分数为0.6%的丁香精油的涂布纸箱有利于维持水蜜桃可溶性固形物的含量。

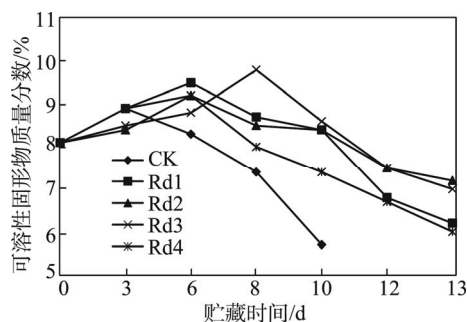


图4 水蜜桃可溶性固形物含量随时间的变化

Fig.4 Changes of soluble solids content of juicy peaches during storage period

2.3.6 对水蜜桃Vc含量的影响

Vc是水蜜桃中的一种重要的营养物质,是反应水蜜桃品质的一项重要指标。水蜜桃Vc含量随贮藏时间的变化见图5,可知,随着贮藏时间的推移,各组纸箱内水蜜桃的Vc含量均逐渐降低,这是因为水蜜桃自身代谢过程过发生了一系列的氧化还原和水解褐变等反应,导致了Vc含量的损失^[16]。其中CK组和Rd4组的Vc含量下降较快,其余3组均不同程度上减缓了水蜜桃Vc含量下降,经体积分数为0.6%的涂布纸箱包装的水蜜桃,Vc含量下降相对比较平缓,贮藏10 d后,每100 g水蜜桃的Vc含量比CK组高出2 mg,这说明涂布纸箱中合适的精油浓度结合聚乙烯薄膜可以有效延缓Vc含量下降。

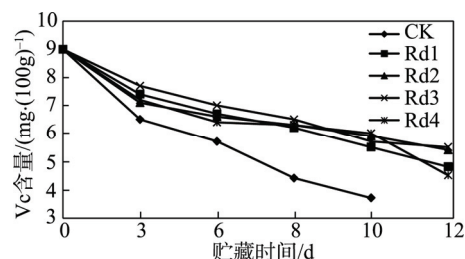


图5 贮藏期水蜜桃Vc含量的变化

Fig.5 Changes of vitamin C of juicy peaches during storage period

2.3.7 对水蜜桃可滴定酸含量的影响

可滴定酸在很大程度上影响着水蜜桃的风味, 一般情况, 高糖中酸的新鲜水果风味浓、品质优。水蜜桃可滴定酸含量随贮藏时间的变化见图6。可知, 随着贮藏时间的延长, 水蜜桃体内可滴定酸的含量逐渐下降, CK组可滴定酸含量下降速度最快, Rd1组次之, 其余3组下降相对较慢, 其中经Rd3组处理的水蜜桃可滴定酸含量下降最平缓, 在第10天时, 每100 g水蜜桃, Rd3组可滴定酸含量比CK组高出0.28 mmol, 可见, 合适浓度的丁香精油涂布纸箱对于保持水蜜桃风味物质中的可滴定酸含量具有一定的效果。

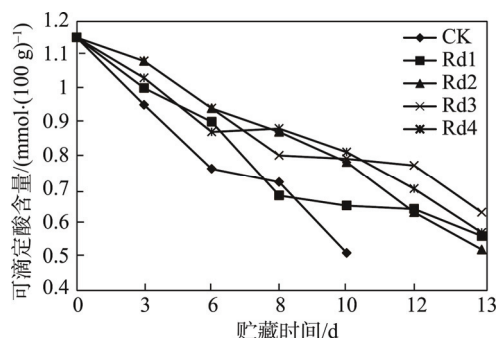


图6 贮藏期水蜜桃可滴定酸含量的变化

Fig.6 Changes of titratable acid of juicy peaches during storage period

3 结语

丁香精油涂布纸箱对灰霉、交链孢霉、黑曲霉等霉菌具有显著抑制作用。保鲜实验结果表明, 丁香精油涂布纸箱可显著降低水蜜桃的腐烂并保持水蜜桃的感官品质, 同时对于维持其硬度和可溶性固形物含量也具有一定作用, 其中体积分数为0.6%的丁香精油涂布纸箱对水蜜桃的保鲜效果最佳, 可延长水蜜桃货架寿命4~5 d。由于丁香精油对很多果蔬致腐菌具有广谱抑制作用, 所以该方法制备的抗菌纸箱也可应用于其他果蔬的保鲜。

参考文献:

- [1] 国家统计局农村社会经济调查司. 中国农村统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2012.
Rural Socioeconomic Survey of National Bureau of Statistics. China Rural Statistical Yearbook[M]. Beijing: China Statistics Press, 2012.
- [2] 李静, 刘丽娜, 王安建, 等. 果蔬微生物保鲜技术的研究进展[J]. 食品与生物技术学报, 2014, 33(4): 337—343.
LI Jing, LIU Li-na, WANG An-jian, et al. Research Progress of Microbial Preservation Technology on Fruits and Vegetables[J]. Journal of Food Science and

Biotechnology, 2014, 33(4): 337—343.

- [3] 王建清, 杨艳, 金政伟, 等. 小茴香/柠檬草提取精油对鲜切网纹瓜的保鲜效果[J]. 包装工程, 2010, 31(21): 4—6.
WANG Jian-qing, YANG Yan, JIN Zheng-wei, et al. Fresh-keeping Effect of Fennel and Lemongrass Essential Oil on Fresh-cut Netted Melons[J]. Packaging Engineering, 2010, 31(21): 4—6.
- [4] AL-JABRI N N, HOSSAIN M A. Comparative Chemical Composition and Antimicrobial Activity Study of Essential Oils From Two Imported Lemon Fruits Samples Against Pathogenic Bacteria[J]. Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences, 2014, 3(4): 247—253.
- [5] PESAVENTO G, CALONICO C, BILIA A R, et al. Antibacterial Activity of Oregano, Rosmarinus and Thymus Essential Oils Against Staphylococcus Aureus and Listeria Monocytogenes in Beef Meatballs[J]. Food Control, 2015, 54(20): 188—199.
- [6] 关文强, 李淑芬. 丁香精油对果蔬采后病原菌抑制效应研究[J]. 食品科学, 2005, 26(12): 227—230.
GUAN Wen-qiang, LI Shu-fen. Inhibitory Effect of Clove Essential Oils on Growth of Postharvest Pathogen of Fruits and Vegetables[J]. Food Science, 2005, 26(12): 227—230.
- [7] SIROCCHI V, DEVLIEGHERE F, PEELMAN N, et al. Effect of Rosmarinus Officinalis L. Essential Oil Combined with Different Packaging Conditions to Extend the Shelf Life of Refrigerated Beef Meat[J]. Food Chemistry, 2016: 1069—1076.
- [8] HAUTE S V, RAES K, MEEREN P V D, et al. The Effect of Cinnamon, Oregano and Thyme Essential Oils in Marinade on the Microbial Shelf Life of Fish and Meat Products[J]. Food Control, 2016, 68: 30—39.
- [9] AYSELI M T, AYSELI Y I, VERGIS J, et al. Essential Oils as Antimicrobials in Food Systems: a Review[J]. Food Control, 2015, 54: 111—119.
- [10] 付振喜, 王建清, 金政伟, 等. 丁香挥发油的提取工艺及化学成分分析[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(11): 5628—5630.
FU Zhen-xi, WANG Jian-qing, JIN Zheng-wei, et al. Orthogonal Extraction of Clove Essential Oil with Ultrasound-assisted Method and Chemical Analysis[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2010, 38(11): 5628—5630.
- [11] 张潇方, 刘升, 王达, 等. 不同薄膜包装对水蜜桃冷藏品质的影响[J]. 包装工程, 2016, 37(17): 91—95.
ZHANG Xiao-fang, LIU Sheng, WANG Da, et al. Effect of Different Film Packaging on the Quality of Juicy Peach at Cold Storage[J]. Packaging Engineer-

- ing, 2016, 37(17): 91—95.
- [12] 王学奎. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.
- WANG Xue-kui. Principles and Techniques of Plant Physiological and Biochemical Experiments[M]. Beijing: Higsher Education Press, 2006.
- [13] GB 12293—1990. 水果、蔬菜制品可滴定酸度的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 1990.
- GB 12293—1990. Determination of Titratable Acidity of Fruit and Vegetable Products[S]. Beijing: China Standard Press, 1990.
- [14] 陈梅. 丁香精油对番茄采后腐烂抑制作用及成分分析[J]. 山西农业大学学报(自然科学版), 2016, 36(9): 678—683.
- CHEN Mei. Inhibitory Effects of Clove Oil on Post-harvest Decay of Tomatoes and Its Essential Components[J]. Journal of Shanxi Agriculture University (Natural Science Edition), 2016, 36(9): 678—683.
- [15] 崔志宽. 不同物理化学处理对凤凰水蜜桃保鲜效果研究[D]. 南京: 南京大学, 2014.
- CUI Zhi-kuan. Study on the Fresh-keeping Effect of Different Physical and Chemical Treatments on Fenghuang Honey Peach[D]. Nanjing: Nanjing University, 2014.
- [16] 刘伟, 卢立新. 1-MCP 和 MAP 对水蜜桃低温储藏保鲜效果的影响[J]. 包装工程, 2015, 36(1): 57—60.
- LIU Wei, LU Li-xin. Effects of 1-MCP and MAP on the Preservation Results during Low-temperature Storage of Honey Peaches[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(1): 57—60.