

“贵长”猕猴桃致病菌的鉴定与天然抑菌剂筛选

石彬*, 李健英, 李咏富, 何扬波, 冉曜琦

(贵州省农业科学院, 贵州省现代农业发展研究所, 贵州贵阳 550009)

摘要: 对“贵长”猕猴桃在贮藏过程中几种致病菌进行了分离纯化, 并研究了肉桂、丁香、薄荷、花椒等天然精油的抑菌效果。通过致病菌的鉴定, 确定了致病菌的种类; 通过抑菌试验, 研究了不同精油的抑菌效果。鉴定结果表明: “贵长”猕猴桃中分离出四种不同的致病真菌, 分别为黑曲霉菌 (*Aspergillus niger*)、葡萄座腔菌 (*Botryosphaeria dothidea*)、可可毛色二胞 (*Lasiodiplodia pseudotheobromae*)、黄曲霉菌 (*Aspergillus flavus*), 四种真菌对“贵长”猕猴桃均具有很强的致病性。抑菌试验表明: 肉桂、丁香、薄荷 3 种精油在 0.25% 的体积分数下具有良好的抑菌效果, 对四种致病菌抑制率达到 78.00% 以上, 而复合精油具有更低的抑菌浓度和更广的抑菌范围。由体积分数 0.12% 的肉桂和薄荷配制的复合精油在对 4 种致病菌抑菌率分别达到了 100.00%、99.43%、98.35%、95.01%, 其中薄荷精油能够显著增强复合精油的抑菌效果。通过天然精油的复配能有效抑制“贵长”猕猴桃贮藏过程中几种常见致病菌的生长, 实现对有害微生物的防控。

关键词: “贵长”猕猴桃; 保鲜; 致病菌; 植物精油; 抑菌剂

文章编号: 1673-9078(2023)04-81-87

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2023.4.0532

Identification of Pathogenic Fungi and Screening of Natural Antifungal Agents from ‘Guichang’ Kiwifruit

SHI Bin*, LI Jianying, LI Yongfu, HE Yangbo, RAN Yaoqi

(Guizhou Institute of Integrated Agricultural Development, Guizhou Academy of Agricultural Sciences, Guiyang 550009, China)

Abstract: Several pathogenic fungi of the ‘Guichang’ kiwifruit were isolated and purified during storage, and the antifungal effects of natural essential oils such as cinnamon, clove, mint, and Sichuan peppercorn essential oils were examined. Different types of pathogenic fungi were identified, and the antifungal effects of different essential oils were determined through antifungal tests. Four pathogenic fungi were isolated from the kiwifruit, namely *Aspergillus niger*, *Botryosphaeria dothidea*, *Lasiodiplodia pseudotheobromae*, and *Aspergillus flavus*. All four fungi were highly pathogenic to the kiwifruit. The results of the antifungal test showed that the essential oils of cinnamon, clove, and mint had good antifungal effect at a concentration of 0.25%. The inhibition rate against the four pathogenic fungi reached more than 78.00%, whereas the compound essential oils had lower antibacterial activity and higher antifungal activity. Specifically, the compound essential oil prepared using 0.12% cinnamon and mint had antifungal rates of 100.00%, 99.43%, 98.35%, and 95.01% against the four pathogenic fungi respectively. In addition, the mint essential oil significantly enhanced the antifungal effect of the compound essential oil. Thus, the combination of natural essential oils can effectively inhibit the growth of several common pathogenic fungi during the storage of the ‘Guichang’ kiwifruit. These results highlight the need for prevention and control measures against harmful microorganisms.

Key words: ‘Guichang’ kiwifruit; retain freshness; pathogenic fungi; plant essential oils; antifungal agents

引文格式:

石彬,李健英,李咏富,等.“贵长”猕猴桃致病菌的鉴定与天然抑菌剂筛选[J].现代食品科技,2023,39(4):81-87.

SHI Bin, LI Jianying, LI Yongfu, et al. Identification of pathogenic fungi and screening of natural antifungal agents from ‘Guichang’ kiwifruit [J]. Modern Food Science and Technology, 2023, 39(4): 81-87.

猕猴桃属于猕猴桃科 (*Actinidiaceae*) 猕猴桃属

收稿日期: 2022-04-28

基金项目: 贵州省科技支撑项目 (黔科合支撑[2021]一般 123)

作者简介: 石彬 (1990-), 男, 硕士, 研究实习员, 研究方向: 农产品加工与贮藏, E-mail: 406140627@qq.com

(*Actinidia*) 的一种浆果植物^[1,2], 在我国被广泛种植。据统计, 2018 年全国猕猴桃种植面积达到 360 万亩, 占全球猕猴桃种植面积的 72%^[3]。“贵长”猕猴桃是贵州省修文县种植的一种特色品种^[4], 其果体呈长圆柱形, 果肉翠绿, 具有果肉细嫩, 肉质多浆, 果汁丰富,

清甜爽口, 酸甜适中的独特品质。贵长猕猴桃营养丰富, 除富含维生素 C、胡萝卜素和多种氨基酸外还含有钙、铁、锌、硒等多种元素^[5], 是一种具有抗氧化功能的保健水果^[6], 深受广大消费者喜爱。然而由于果实质地特性, “贵长”猕猴桃在实际贮藏过程中极易软化腐烂, 严重影响了产业的发展^[7-9]。研究发现, 影响猕猴桃贮藏的主要因素除了温度、湿度、O₂ 和 CO₂ 浓度等以外, 有害微生物的侵染是猕猴桃腐烂的主要原因之一^[10,11], 常见的蒂腐病、软腐病等腐烂病变均是由有害微生物引发, 严重威胁到果实贮藏安全。传统的猕猴桃抑菌剂主要以化学试剂为主^[12-14], 虽然具有一定的抑菌效果, 但是存在明显的化学残留的问题, 对人体健康存在威胁。近年来, 食品安全问题频发, 人们食品安全意识逐渐提高, 很多化学保鲜试剂已不符合绿色安全的要求。植物精油是从草本植物的花、叶、根等部位以蒸馏、萃取等方式提炼出来的一类天然物质, 具有无毒无害, 抑菌、抗氧化的功效, 是一类安全的天然抑菌剂^[15,16], 符合食品安全的要求并越来越受到重视^[17,18]。付振喜等^[19]研究了丁香等天然精油对果蔬保鲜的应用, 筛选出了丁香、肉桂两种具有良好抑菌效果的抑菌剂。张坤等^[20]研究了薄荷、生姜等 7 种精油对苹果病原菌的抑菌或许, 取得了良好的抑菌效果。本研究通过对“贵长”猕猴桃贮藏中几种常见致病菌的分离鉴定, 选择丁香、肉桂、薄荷等天然精油作为抑菌剂, 探究了其对猕猴桃中致病菌的抑菌效果, 以期实现对“贵长”猕猴桃贮藏中有害微生物的有效防控, 为产业的发展提供理论依据和技术支持。

1 材料与方法

1.1 原料与仪器

1.1.1 实验材料

“贵长”猕猴桃, 采摘自修文猕猴桃种植基地; 肉桂、丁香、八角茴香、薄荷、花椒、生姜精油, 戊二醛, 磷酸缓冲液, 丙酮, 叔丁醇和乙醇, 购买自上海阿拉丁生化科技股份有限公司, 其中化学试剂均为分析纯; 马铃薯葡萄糖琼脂培养基 (PDA), 购买自南通凯恒生物科技发展有限公司; 吐温-80 (聚山梨酯-80), 购买自广东润华化工有限公司。

1.1.2 主要仪器设备

BKQ-B50II 立式压力蒸汽灭菌器, 山东博科灭菌技术有限公司; TIANGEN 真菌提取试剂盒, 天根生化科技 (北京) 有限公司; BBS-DDC 鑫贝西超净工作台, 济南鑫贝西生物技术有限公司; (S-3400N,

Hitachi) 日立扫描电子显微镜, 天美仪拓实验室设备 (上海) 有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 病原菌分离纯化

取腐烂病变的贵长猕猴桃样品, 采用组织分离法分离病原菌。将病果用流动无菌水冲洗干净, 在超净工作台中用无菌手术刀在病果的病健交界处切取 5 mm×5 mm 大小的病块组织, 置于无菌水中充分漂洗后, 用灭菌后的镊子将其转移到 $\varphi=70\%$ 酒精中消毒 15 s, 然后用无菌水漂洗 3 次。将病块组织置于吸水纸上, 吸干多余水分后, 接种至 PDA 平板上, 置于 28 °C 恒温箱中培养, 待病块组织周围长出菌落, 及时从生长表现不同的菌落边缘挑取菌块, 转接至另一 PDA 平板上进行纯化, 直至得到纯培养物。分离出来的不同菌种, 注明病原菌的编号、采样地点、保存日期, 于 -20 °C 冰箱中冷冻保存。

1.2.2 病原菌形态学观察

取病原菌样品, 放入 $m=2.50\%$ 戊二醛固定液中固定 4 h, 随后用磷酸缓冲液洗涤 3 次, 随后用丙酮梯度脱水干燥, 每次 30 min, 叔丁醇置换 2 次, 每次 30 min, 将样品置于冷冻干燥仪中干燥 12 h, 粘样、喷金, 随后采用扫描电镜对样品进行观察。

1.2.3 病原菌分子生物学鉴定

采用真菌 ITS 序列进行鉴定, 具体方法如下:

(1) 基因组 DNA 提取: 采用 TIANGEN 真菌提取试剂盒进行基因提取。

(2) PCR 扩增: PCR 扩增采用 25 μL 的体系, 其中包括: 10×Taq Buffer 2.5 μL , dNTPs (2.5 mmol/L) 2.0 μL , Taq DNA 聚合酶 0.2 μL , 上、下游引物 (10 $\mu\text{mol/L}$) 各 1.0 μL , DNA 模板 2.0 μL , 双蒸水补足至 25 μL 。PCR 反应扩增程序为: 94 °C 预变性 3 min; 94 °C 变性 30 s, 56 °C 退火 30 s, 72 °C 延伸 90 s, 35 个循环; 72 °C 延伸 5 min, 16 °C 保存。

(3) 结果比对: PCR 扩增产物送青岛科创质量检测有限公司进行测序。测序结果提交至 GenBank 数据库中比对, 作同源性相似差异性分析, 确定该菌株的分类地位。

1.2.4 致病性检测

将健康猕猴桃果实浸入体积分数为 70% 酒精溶液中泡 50 s, 取出后用无菌水洗涤 3 次, 再放入无菌纸上, 吸干无菌水后在果实中部打孔, 每个果实刺伤 4 个点, 并进行标记接种。取在 PDA 培养基上继代培养 2 代后的菌株进行实验, 做刺伤接种处理, 用打孔器取 4 mm 的纯化菌体接种到果实上, 以接种无菌

PDA 培养基果实对空白对照。接种后置于 28 °C 培养箱中诱导发病，观察并记录发病情况。根据柯氏法则^[21]，发病后，从染病组织块中再次分离纯化病原菌，并与原接种菌株进行比较。

1.2.5 抑菌实验

参考 NY/T 1156.2-2006 的实验方法^[22]，采用抑制病原菌菌丝生长试验-平皿法进行测定。首先将各种抑菌剂用 $m=1\%$ 的吐温-80 水溶液稀释，设置不同的抑菌浓度梯度。在无菌的条件下，将不同浓度的抑菌剂加入融化的灭菌培养基中，充分摇匀，倒入培养皿中冷却，制成相应浓度的抑菌平板，每组实验设置 3 组平行，以 1% 的吐温-80 平板作为空白对照。取大小一致的纯化致病病菌块，用接种器接于抑菌平板中央，菌丝面朝下，置于 28 °C 恒温培养箱中培养。根据空白对照中菌丝的生长情况调查各组中病原菌生长情况，采用十字交叉法测量菌落直径，每组实验重复 3 次，取平均值。

计算方法：按照公式 (1) (2) 计算各组抑菌剂对病原菌的抑菌率。

$$D=D_1-D_2 \quad (1)$$

式中：

D ——菌落增长直径，mm；

D_1 ——菌落直径，mm；

D_2 ——菌饼直径，mm。

$$I=(D_0-D_i)/D_0 \quad (2)$$

式中：

I ——菌丝生长抑制率，%；

D_0 ——空白对照菌落增长直径，mm；

D_i ——抑菌剂处理菌落增长直径，mm。

1.2.6 数据分析

采用 Spass 软件对数据进行分析处理，采用 MEGAX 软件构建 NJ 系统发育树，参数为 Kimura 2-parameter model, Bootstrap value 1000。

2 结果与分析

2.1 病原菌形态学分析

从贵长猕猴桃鲜果中共分离得到 4 种不同的病原菌，分别编号为 1、2、3、4 号菌。对其进行菌落形态和扫描电镜观察，结果如图 1、图 2 所示。由图 1 可知，1 号菌落为椭圆形，菌丝较短，呈白色，菌落中部有孢子结构，成熟后孢子为黑褐色，底部存在明显的褶皱；2 号菌落呈圆形，表面光滑，菌丝为白色绒状结构，无明显孢子聚集，成熟后菌落底部渐变为黑褐色，底部光滑；3 号菌落整体为圆形，菌丝为白色，

菌丝长，无明显孢子结构，菌落成熟后，底部渐变为黑褐色，菌落底部光滑；4 号菌落为椭圆形，菌丝短，菌丝上方有孢子聚集，成熟后孢子由青灰色变为金黄色，底部有褶皱结构。由图 2 可知，在电镜形态观察，1 号菌为线性结构，顶端有多个聚集的簇状结构，菌丝光滑细长；2 号菌为线性结构，菌丝光滑细长，存在较小头部结构；3 号菌体呈线性结构，菌丝光滑细长，无明显的头部结构，且菌个体之间差异较大，粗细分布不均匀；4 号菌存在与 1 号菌相似线性的菌体和聚集的簇状头部结构，但菌丝部分并不光滑，存在较多的孢子状结构。其中 2 号菌株与吴文能等^[1]在“贵长”猕猴桃中离中得到的软腐病病原菌分葡萄座腔菌形态类似。通过形态学分析可知，4 株菌种之间存在相似性和明显的差异，有待从基因层面进一步对其种类进行鉴定分析。

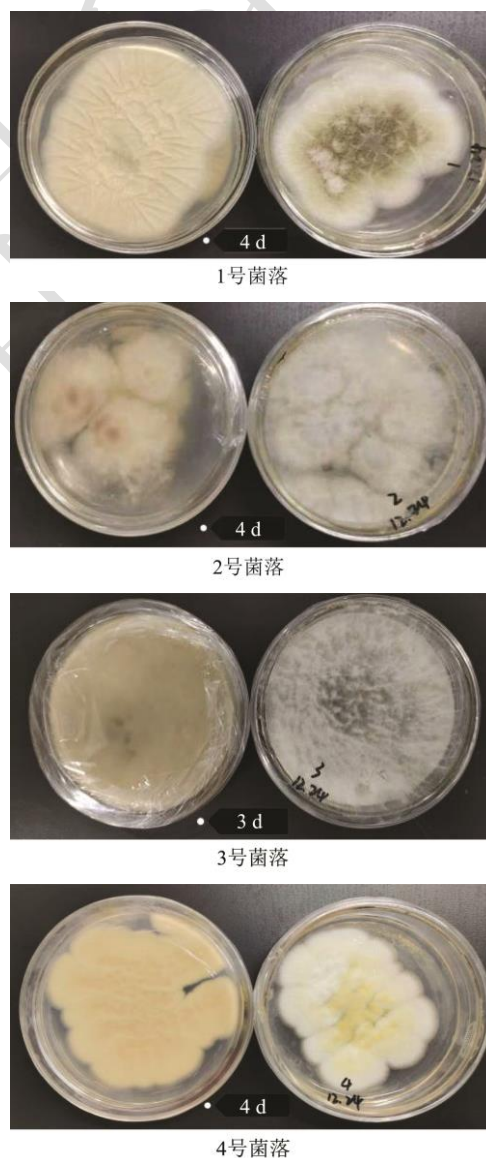


图 1 不同致病菌菌落形态

Fig.1 Colony morphology of different pathogenic bacteria

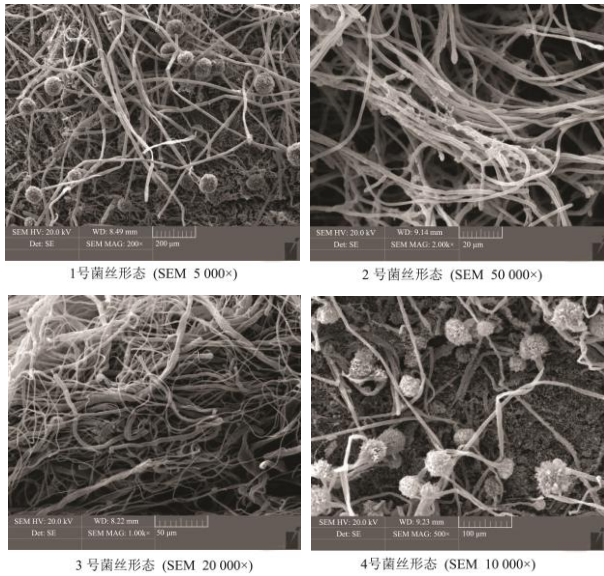


图 2 不同致病菌电镜下菌丝形态

Fig.2 EM morphology of different pathogenic bacteria

2.2 病原菌致病性分析

将从贵长猕猴桃中共分离得到 4 株致病菌分别进行“贵长”猕猴桃鲜果的致病性试验，观察并记录猕猴桃的发病状况，结果如图 3 所示。从图 3 可以看出，在接种病原菌 4 d 后，除空白的试验组外，其他组猕猴桃样品均产生了明显的病变。1 号样品表面呈黑褐色，存在大量黑色孢子状物质，病变组织内部为黄色，有明显的腐烂状况；2 号样品表面为白色，内部腐烂严重，产生了明显的皱缩，同时存在大量的失水情况；3 号样品表面产生了大量白色絮状物质，内部发生了明显的腐败，存在白色的病斑；4 号样品表面病斑呈金黄色，样品失水较多，内部产生了黄色的病变，有明显的酒精气味。试验结果表明，4 株病原菌均能引起贵长猕猴桃病变，都具有较强的致病性。根据柯氏法则，致病菌反接后，从染病组织块中再次分离病原菌，并与原接种菌株进行比较，结果完全一致，进一步证明 4 株病原菌是猕猴桃鲜果贮藏中的致病微生物，具有较强的致病性。



a 对照样品



b 1号菌病症



c 2号菌病症



d 3号菌病症

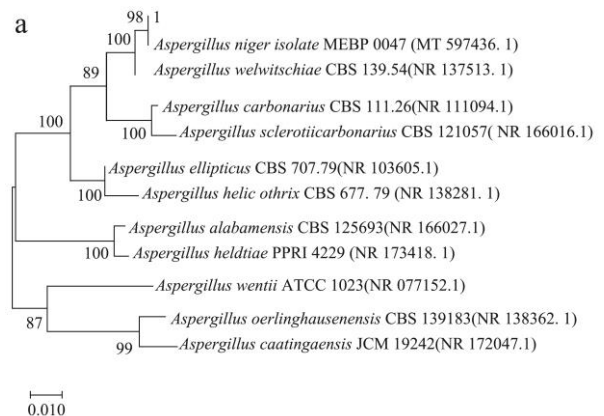


e 4号菌病症

图 3 不同病原菌接种 4 d 后发病症状

Fig.3 Disease status 4 d after inoculation with different pathogens

2.3 病原菌分子鉴定



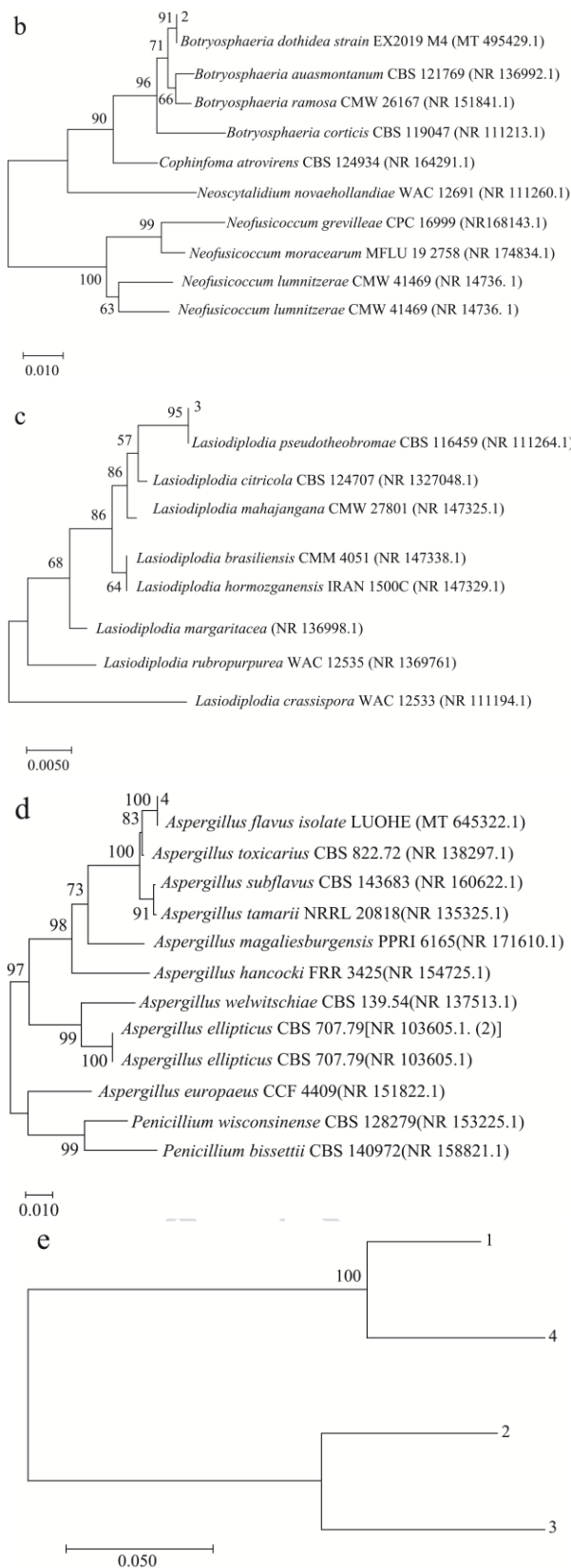


图4 4株致病菌的ITS区域序列系统发育树

Fig.4 Phylogenetic tree of ITS regions of four pathogenic bacterial strains

注：a、b、c、d 分别为1号、2号、3号、4号菌系统发育

树，e为4株菌亲缘性分析。

将所分离的4株纯化菌种进行PCR扩增，产物送青岛科创质量检测有限公司进行测序，提交至GenBank数据库中进行比对，将4株致病菌的ITS区域序列与GeneBank中的序列进行比较，选取相近的典型菌株的ITS区域序列，利用MEGAX软件构建NJ系统发育树见图4。图4a~4d结果表明，1号菌株属于曲霉属家族(*Aspergillus*)，经过比对鉴定为黑曲霉(*Aspergillus niger*)，2者同源率为100%；2号菌株属于葡萄球菌属家族(*Botryosphaeria*)，经比对鉴定为葡萄座腔菌(*Botryosphaeria dothidea*)，2者同源率为99.81%；3号菌株属于毛双孢属家族(*Lasiodiplodia*)，经比对鉴定为可可毛色二胞(*Lasiodiplodia pseudotheobromae*)，2者同源率为100%；4号菌株同样属于曲霉属家族(*Aspergillus*)，经比对鉴定为黄曲霉(*Aspergillus flavus*)，2者同源率为100%。图e结果表明，1号菌株和4号菌株两种致病菌亲缘关系较近，同属于曲霉属；而2号菌株和3号菌株处于进化树同一分支上，2者的亲缘关系相对较近。

2.4 天然抑菌剂的研究

以肉桂、丁香、八角茴香、薄荷、花椒、生姜等精油作为天然抑菌剂，通过单抑菌剂和复配的方式，研究不同抑菌剂的抑菌效果，结果如表1、表2所示。由表1可知肉桂、丁香和薄荷精油对4种致病菌有较好的抑制效果。0.25%体积分数的肉桂、丁香以及薄荷精油对1号菌的抑制率分别达到98.50%、95.67%、92.97%；对2号菌的抑制率分别为97.45%、87.08%、100%；对3号菌抑制率均分别97.20%、78.47%、87.00%；对4号菌的抑制率分别为98.95%、97.94%和97.54%。而八角茴香、花椒和生姜精油的抑菌效果不明显。由表2可知，丁香+薄荷精油、肉桂+薄荷精油、丁香+肉桂+薄荷精油以及丁香+生姜+薄荷精油，在低的浓度下具有较好的抑菌效果。其中肉桂+薄荷精油、丁香+肉桂+薄荷精油在0.12%的体积分数下对1号菌抑制率达到100%；而肉桂+薄荷精油与丁香+薄荷精油对2号菌抑制效果较好，0.12%体积分数下的抑菌率分别为99.43%和97.86%。丁香+薄荷、肉桂+薄荷、丁香+肉桂+薄荷、丁香+生姜+薄荷、肉桂+生姜+薄荷5种复合精油对3号菌均具有很好的抑制作用，0.12%体积分数下抑菌率分别为99.58%、98.53%、98.06%、99.81%、96.45%；丁香+薄荷、肉桂+薄荷以及丁香+生姜+薄荷复合精油对4号菌抑制效果较好，0.12%体积分数下抑菌率分别为91.11%、95.01%、96.07%。综合而言，0.12%肉桂+薄荷精油综合抑菌效果最好，对4种致病菌抑菌率分别为100%、

99.43%、98.35%、95.01%。相对于单一的抑菌剂,复合抑菌剂抑菌浓度更低,抑菌作用范围更广。抑菌较好的复配精油中均含有薄荷成分,表明薄荷在与其他精油复配时具有重要的作用。实验结果与王挥等^[23]研

究结果,肉桂精油对“夏黑”葡萄具有很好的保鲜效果具有一致性,说明了肉桂精油具有良好的抑菌效果;与吴富旺等^[24]对精油的保鲜研究结果一致,证明了丁香精油和薄荷精油具有较好的果蔬保鲜效果。

表1 不同单精油抑菌效果

Table 1 The bacteriostatic effects of different single essential oils

| 精油种类 | 精油体积分数/% | 抑菌率/% | | | |
|------|----------|------------|-------------|------------|------------|
| | | 1号菌 | 2号菌 | 3号菌 | 4号菌 |
| 肉桂 | 0.12 | 72.67±1.05 | 50.00±3.12 | 70.73±2.84 | 78.29±2.54 |
| | 0.25 | 98.50±0.50 | 97.45±2.95 | 97.20±1.77 | 98.95±0.36 |
| 丁香 | 0.12 | 85.52±0.86 | 73.05±1.83 | 69.47±2.64 | 84.67±0.51 |
| | 0.25 | 95.67±1.57 | 87.08±1.00 | 78.47±0.89 | 97.94±1.07 |
| 八角茴香 | 0.12 | 26.84±0.90 | 55.24±1.74 | 0.00±0.00 | 33.54±0.50 |
| | 0.25 | 40.47±2.77 | 69.92±0.50 | 41.62±2.66 | 14.98±1.30 |
| 薄荷 | 0.12 | 91.73±2.02 | 89.00±1.30 | 82.92±2.75 | 90.00±1.08 |
| | 0.25 | 92.97±0.38 | 100.00±0.00 | 87.00±0.81 | 97.54±2.77 |
| 花椒 | 0.12 | 0 | 0 | 9.85±0.26 | 3.03±0.08 |
| | 0.25 | 7.80±1.77 | 3.78±0.39 | 35.02±0.97 | 13.89±0.24 |
| 生姜 | 0.12 | 4.06±0.22 | 10.88±1.03 | 22.34±1.75 | 9.38±0.54 |
| | 0.25 | 37.22±0.42 | 46.88±3.67 | 63.78±3.52 | 30.42±1.56 |

表2 不同复合精油抑菌效果

Table 2 The bacteriostatic effects of different compound essential oils

| 精油种类 | 精油体积分数/% | 抑菌率/% | | | |
|----------|----------|-------------|------------|------------|------------|
| | | 1号菌 | 2号菌 | 3号菌 | 4号菌 |
| 丁香+肉桂 | 0.12 | 71.71±1.71 | 69.53±0.90 | 75.82±0.75 | 85.10±0.77 |
| 肉桂+八角茴香 | 0.12 | 43.09±2.30 | 12.72±1.07 | 65.82±1.20 | 23.25±0.31 |
| 丁香+八角茴香 | 0.12 | 35.46±3.57 | 15.62±0.25 | 4.10±0.21 | 9.92±0.55 |
| 丁香+薄荷 | 0.12 | 85.17±2.48 | 97.86±1.60 | 99.58±0.17 | 91.11±1.36 |
| 肉桂+薄荷 | 0.12 | 100.00±0.00 | 99.43±0.30 | 98.35±1.01 | 95.01±1.00 |
| 丁香+肉桂+薄荷 | 0.12 | 100.00±0.00 | 91.05±1.81 | 98.06±0.06 | 83.89±2.84 |
| 丁香+肉桂+生姜 | 0.12 | 81.43±2.11 | 43.33±2.04 | 78.75±1.85 | 86.33±2.03 |
| 丁香+生姜+薄荷 | 0.12 | 92.56±1.94 | 93.18±0.97 | 99.81±0.08 | 96.07±1.33 |
| 肉桂+生姜+薄荷 | 0.12 | 66.16±4.25 | 80.02±0.90 | 96.45±0.21 | 84.73±0.97 |

3 结论

贵长猕猴桃中共筛选出4株病原微生物,通过试验确定4种微生物为贵长猕猴桃的致病菌,对贵长猕猴桃具有较强的致病性。通过鉴定,确定4种致病菌分别为黑曲霉菌(*Aspergillus niger*)、葡萄座腔菌(*Botryosphaeria dothidea*)、可可毛色二胞(*Lasiodiplodia pseudotheobromae*)以及黄曲霉菌(*Aspergillus flavus*)。通过试验研究了肉桂、丁香、八角茴香、薄荷、花椒、生姜等天然精油对4种致病菌的抑菌效果。其中0.25%体积分数的肉桂、丁香、薄荷三种精油对4种致病菌具有明显的抑菌效果,而

相对于单一的抑菌剂,复合抑菌剂具有更低的抑菌浓度,和更广的抑菌范围。以肉桂+薄荷精油复配而成的复合精油在0.12%体积分数下对4种致病菌抑菌率分别为100.00%、99.43%、98.35%、95.01%,可以有效地抑制“贵长”猕猴桃贮藏过程中有害微生物的生长,延缓猕猴桃贮藏中的病理性腐烂。在所有抑菌效果较好的复合抑菌剂中都发现有薄荷精油的成分,推测薄荷精油对于“贵长”猕猴桃的抑菌保鲜发挥关键作用,目前原理和机制尚未明确,有待进一步研究。

参考文献

- [1] 吴文能,张起,雷霖卿,等."贵长"猕猴桃软腐病病原菌分离

- 鉴定及抑菌药剂筛选[J].北方园艺,2018,16:47-54.
- [2] 贾爱平,王飞,张潮红,等.中华猕猴桃品种间亲和性研究[J].园艺学报,2010,37(11):1829-1835.
- [3] 谢学军,金东艳,何鹏,等.猕猴桃产业发展情况调研报告[J].中国农村科技,2021,8:56-59.
- [4] 王国立,吴素芳,黄亚欣,等.花粉直感对贵长猕猴桃坐果和果实品质的影响[J].贵州农业科学,2018,46(11):98-100.
- [5] Sivakumaran S, Huffman L, Sivakumaran S, et al. The nutritional composition of Zespri® sungold kiwifruit and Zespri® sweet green kiwifruit [J]. Food Chem, 2018, 238: 195-202.
- [6] Latocha P, Krupa T, Jankowski P, et al. Changes in postharvest physicochemical and sensory characteristics of hardy kiwifruit (*Actinidia arguta* and its hybrid) after cold storage under normal versus controlled atmosphere [J]. Postharv Biol Technol, 2014, 88: 21-33.
- [7] 王国立,吴素芳,谭永元,等.二氧化氯对"贵长"猕猴桃采后贮藏品质的影响[J].贵州农业科学,2022,50(1):69-76.
- [8] 石彬,李咏富,何扬波,等.⁶⁰Co- γ 射线辐照对"贵长"猕猴桃储藏品质的影响[J].食品安全质量检测学报,2021,15:6042-6048.
- [9] 曹森,李江阔,张鹏,等.不同保鲜剂对贵长猕猴桃后熟品质的影响[J].包装工程,2019,40(19):50-56.
- [10] Michailides T J, Elmer P A G. Botrytis gray mold of kiwifruit caused by *Botrytis cinerea* in the United States and New Zealand [J]. Plant Disease, 2000, 84(3):208-223.
- [11] 张维,黄余年,张群,等.猕猴桃采后贮藏保鲜技术研究进展[J].保鲜与加工,2021,21(5):139-145.
- [12] Sharma R R, Jhalegar M J, Pal R K. Response of kiwifruit (*Actinidia deliciosa* cv. Allison) to post-harvest treatment with 1-methylcyclopropene [J]. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 2012, 87(3): 278-284.
- [13] Sun X, Elizabeth B, Bai J. Applications of gaseous chlorine dioxide on postharvest handling and storage of fruits and vegetables - A review [J]. Food Control, 2018, 95: 18-26.
- [14] 贺艳娥,周会玲,刘焕,等.猕猴桃贮藏保鲜技术研究进展[J].农学学报,2019,9(10):33-37.
- [15] 吕好新,赵玲丽,霍珊珊,等.肉桂-山苍子复合植物精油对发霉花生黑曲霉 BQM 菌的抑菌效果[J].中国食品学报,2021, 21(12):222-229.
- [16] 姚昕,涂勇.植物精油对 2 种石榴采后病原真菌的抑菌效果[J].四川农业科技,2021,12:53-55.
- [17] 田双娥,赵晶.7 种植物精油对霉菌的抑制作用研究[J].中国文物科学研究,2021,3:60-64.
- [18] 卢锟,龚吉军.植物精油对采后农产品抑菌作用的研究进展[J].保鲜与加工,2021,21(7):136-141.
- [19] 付振喜,丁香,等.天然物质的抑菌成分在果蔬保鲜中的应用研究[D].天津:天津科技大学,2010.
- [20] 张坤,张鹏九,高越,等.7 种植物精油对 2 种苹果病害病原菌的抑菌活性[J].中国果树,2022,5:72-77,83.
- [21] 陈悦,赵莹,孙于淼,等.北苍术立枯病原鉴定及药剂优选[J].东北农业科学,2020,45(6):89-94,105.
- [22] NY/T 1156.2-2006,农药室内生物测定试验准则[S].北京:中国农业出版社,2006.
- [23] 王挥,龚吉军,唐静,等.肉桂与桉叶复合精油处理对"夏黑"葡萄保鲜质量的影响[J].食品安全质量检测学报,2016,7(9): 3703-3709.
- [24] 吴富旺,何业懿,黄婵婵,等.13 种植物精油对香蕉保鲜作用的初步研究[J].佛山科学技术学院学报(自然科学版),2019, 37(4):10-16.