文章编号: 1674 - 7054(2019) 01 - 0028 - 06

16 种植物源活性成分对 2 种芒果采后病害的防治

苏子寒[1],高兆银[2],胡美姣[2],李 敏[2],张正科[1]

(1. 海南大学 食品学院,海口 570228; 2. 中国热带农业科学院 环境与植物保护研究所, 海口 571101)

摘 要: 采用菌丝生长速率法研究了 16 种植物源活性成分对胶孢炭疽菌(*Colletotrichum gloeosporioides*) 和尖孢炭疽菌(*C. acutatum*) 、可可球二孢菌(*Botryodiplodia theobromae*) 与拟茎点霉(*Phomopsis mangiferae*) 的抑菌活性,同时测定了部分植物源活性成分对芒果采后主要病害的防治效果。结果表明: 在 100 mg · L^{-1} 质量浓度下,所有供试植物源活性成分对供试的 4 种病原菌菌丝体生长均有不同程度的抑制作用,其中,荜茇酰胺、肉桂醛、姜黄素、胡椒碱、大黄酚、辣椒碱和大黄素对 4 种病原菌的平均抑菌活性大于 70.00% 。在 1 000 mg · L^{-1} 质量浓度下,荜茇酰胺、肉桂醛、姜黄素和胡椒碱对芒果采后病害有较好的防治效果,其中,荜茇酰胺对芒果炭疽病和蒂腐病的防治效果最好,其防效分别为 82.18% 和 80.75% ,效果优于抑菌剂咪鲜胺,具有替代化学抑菌剂来防治芒果采后病害的潜力。

关键词: 植物源活性成分; 炭疽病; 蒂腐病; 抑菌活性; 防治效果

中图分类号: S 667.7 **文献标志码:** A DOI: 10.15886/j.cnki.rdswxb.2019.01.005

芒果(*Mangifera indica* Linn.) 因其水分含量高、营养丰富,极易受到包括真菌和细菌在内的不同病原菌的侵染[1] 。芒果在采后贮运期和货架期常因采后病害的集中爆发而造成果实大量烂损[2] ,极大地降低了芒果的市场价值,影响芒果产业的发展。目前,炭疽病和蒂腐病是芒果采后最主要的 2 大病害,其中,芒果炭疽病可发生在枝梢、叶片、花序及果实,在各芒果产区普遍发生。芒果蒂腐病主要危害芒果果实,发病部位最初在果蒂周围,继而迅速扩展至整个果实并使果皮变褐、果肉腐烂、粘液外渗,最终造成烂果,对芒果采后贮藏及运输的影响甚大[3] 。目前,在芒果采后病菌抑制和保鲜方面,常用的手段有物理方法(低温贮藏、气调贮藏、减压贮藏和热处理等) 、化学方法(化学杀菌保鲜剂、涂抹处理和辐射处理等) 和生物方法(拮抗微生物和自然抗病物质等) ,其中,芒果采后病害的控制主要依赖化学方法,常用的化学杀菌剂有咪鲜胺、抑霉唑等,但长期使用这些化学药剂会使病原菌产生抗药性[4] ,而且易产生残留,造成果实风味改变,对食用者的健康存在潜在威胁。此外,化学杀菌剂的不合理使用也可引起环境污染[5] 。因此,减少化学杀菌剂的使用,寻找高效、安全、无污染的技术已成为芒果采后病害防治的重要工作。植物是生物活性化合物的天然宝库,其产生的次生代谢产物超过 40 万种,其中,许多生物活性物质具有杀虫和(或) 抑菌等生物活性,广泛应用在农业、医药、日用化工等领域[6] 。KARIM 等[7] 研究发现,岩蔷薇属提取物对柑橘酸腐病病原菌菌丝生长的抑制率超过 80.00% ,并且可以极大地降低柑橘采后酸腐病的发病率。我国植物资源丰富,人们对植物源生物活性成分的研究颇多,并从中发现了许多具有抑菌能力的活性成分,它们有较好的应用潜力和开发前景[8] 。胡美姣等[9] 研究发现,72 种中草药提取物对香蕉、芒果的致病

收稿日期: 2018 - 11 - 08 **修回日期:** 2019 - 01 - 05

基金项目: 国家重点研发计划(2016YFD0400904) ; 院创新团队(1630042017026) ; 国家自然科学基金(31560472)

作者简介: 苏子寒(1993 -) ,女,海南大学食品学院 2016 级硕士研究生. E-mail: su_zihan@ sina.com

通信作者: 张正科(1977 -) ,男,副研究员,硕士生导师. 研究方向: 热带果蔬采后病理生理. E-mail: zhang-zhengke@ hotmail.com

菌菌丝生长均有不同程度的抑制作用，其中，部分中草药提取物对果实采后病害有较好的防治能力。在高兆银、胡美姣等人的研究基础上[9-10]，笔者选取 16 种中草药植物源活性成分，测定其对芒果采后主要病害病原菌 *Colletotrichum gloeosporioides*，*C. acutatum*，*Botryodiplodia theobromae* 和 *Phomopsis mangiferae* 的抑菌活性，并筛选部分活性成分，调查其对芒果采后病害的防治效果，旨在从中发现对芒果采后病害具有抑菌作用的植物源活性物质，为天然保鲜剂的研发提供依据。

1　材料与方法

1.1　材料　1) 供试菌株: 引起芒果炭疽病的胶孢炭疽菌(*C. gloeosporioides*) 和尖孢炭疽菌(*C. acutatum*) ; 引起芒果蒂腐病的可可球二孢菌(*B. theobromae*) 和拟茎点霉(*P. mangiferae*) 。4 株菌株均由中国热带农业科学院环境与植物保护研究所采后病理与保鲜研究课题组提供。2) 供试芒果: 品种为 '贵妃' 芒果(*Mangifera indica* Linn.) ，采自海南省三亚崖城芒果园，果实采摘后用塑料筐装好，6 h 内运抵实验室。选取达生理成熟、无病、无缺陷、大小基本一致的果实进行实验。3) 供试植物源活性成分: 供试的植物源活性成分种类、含量、植物来源及生产厂家见表 1。4) 对照杀菌剂: 45% 咪鲜胺 ME(海南博士威农用化学有限公司) 。

表 1　16 种供试植物活性成分种类、含量、植物来源及生产厂家

Tab. 1　The names, contents, plant sources and manufacturer of 16 active ingredients from botanical sources

序号 Code	活性成分 Active ingredients	含量/% Content	植物来源 Plant sources	生产厂家 Manufacturer
1	荜茇酰胺 Piperlongumine	98	荜茇(*Piper longum*)	北京清露源科技有限公司
2	谷甾醇 Sitosterol	98	荜茇(*Piper longum*)	南京源植生物科技有限公司
3	大黄素 Emodin	98	大黄(*Rheum palmatum*)	西安开来生物工程有限公司
4	大黄酚 Chrysophanol	98	大黄(*Rheum palmatum*)	西安开来生物工程有限公司
5	大黄酸 Rhein	98	大黄(*Rheum palmatum*)	西安开来生物工程有限公司
6	丹参酮 Tanshinone	98	丹参(*Salvia miltiorrhiza*)	西安开来生物工程有限公司
7	胡椒酸 Piperonylic acid	99	胡椒(*Piper nigrum*)	杭州荣大医药化工有限公司
8	胡椒碱 Piperine	98	胡椒(*Piper nigrum*)	陕西信瑞生物科技有限公司
9	姜黄素 Curcumin	99	姜黄(*Curcumalonga*)	南京绿意生物科技有限公司
10	绞股蓝皂苷 Gypenoside	99	绞股蓝(*Gynostemma pentaphyllum*)	南京卡塞斯医药科技有限公司
11	辣椒碱 Capsaicin	99	辣椒(*Capsicum frutescence*)	山东瑞康药业股份有限公司
12	芦荟甙 Aloin	98	芦荟 (*Aloe vera*)	西安开来生物工程有限公司
13	双醋瑞因 Diacerein	98	芦荟 (*Aloe vera*)	湖北江民泰华化工有限公司
14	肉桂醛 Cinnamaldehyde	98	肉桂(*Cinnamomum cassia*)	成都德瑞可生物科技有限公司
15	薯蓣皂素 Diosgenin	95	薯蓣(*Dioscorea opposita*)	上海迈瑞尔化学技术有限公司
16	松萝酸 Usnic acid	98	松萝(*Usnea diffracta*)	西安开来生物工程有限公司

1.2　植物源活性成分的抑菌活性测定　参照赵超等[11]的试验方法，采用生长速率法测定。根据预实验结果，向无菌培养皿中倒入经高温灭菌后的 PDA 培养基(约 60 ℃) ，分别加入供试植物源活性成分母液(适量的吐温 -80 作为分散剂) ，制备含 100 mg·L^{-1} 植物源活性成分的 PDA 平板，从培养 7 d 的 4 菌株菌落边缘取直径为 5 mm 的菌块分别接种至含植物源活性成分的平板上，以无菌水为空白对照，以咪酰胺(100 mg·L^{-1}) 作为阳性对照，置于(28.0 ± 0.5) ℃恒温培养箱中培养，观察培养情况，待空白对照组菌落菌丝接近长满 90 mm 的培养皿时，测量对照组和实验组菌落大小，计算抑菌率，比较不同植物源活性成分的抑菌活性差异。

$$抑菌率(\%) = [(C-T)/(C-0.5)] \times 100,$$

式中，C 代表空白对照组中菌落直径，T 代表实验组中菌落直径。

1.3 植物源活性成分对芒果采后病害的影响 选择平均抑菌率大于 80.00% 的 4 种植物源活性成分进行试验。参考高兆银等[10]的试验方法，结合预实验结果，将芒果果实放入含 1 000 mg·L^{-1}植物源活性成分的水溶液中浸泡 2～3 min，以清水为空白对照，咪酰胺(250 mg·L^{-1})为药剂对照，自然晾干。每个处理 60 个果实，重复 3 次，于常温、相对湿度 90%～95% 条件下贮藏，每隔 3 天观察 1 次，统计发病个数及发病等级，计算发病率、发病指数及相对防效。病害分级参考高兆银等[10]的方法。

$$发病率(\%) = (发病果数/总果数) \times 100,$$

$$发病指数 = [\sum(各级病果数 \times 相应级数)/(总果数 \times 最高级别值)] \times 100,$$

$$防效(\%) = [对照发病指数 - 处理发病指数)/对照发病指数] \times 100。$$

1.4 数据统计分析 使用 SPSS 软件(Version 19.0; IBM Institute, New York, USA)进行数据处理，使用单因素方差分析中的邓肯氏新复极差法进行差异性比较。

2 结果与分析

2.1 植物源活性成分对芒果采后病害病原菌菌丝生长的抑制活性 从表 2 可知，在 100 mg·L^{-1}质量浓度下，16 种供试植物源活性成分对芒果采后病害病原菌菌丝生长均有不同程度的抑制作用。荜茇酰胺和肉桂醛对 4 种病原菌的平均抑菌率分别达到 98.75% 和 98.47%，抑菌活性最强，其中，荜茇酰胺对 *B. theobromae* 的抑菌率为 100.00%。姜黄素、胡椒碱、大黄酚、辣椒碱、大黄素、胡椒酸和大黄酸对 4 种病原菌的平均抑菌率超过 60.00%，其中，姜黄素对 *C. gloeosporioides*，*B. theobromae* 和 *P. mangiferae* 3 种病原菌的抑菌率超过 90.00%。相比之下，绞股蓝皂苷和松萝酸对 4 种病原菌的抑制活性较弱，平均抑菌率均小于 20.00%(图 1)。

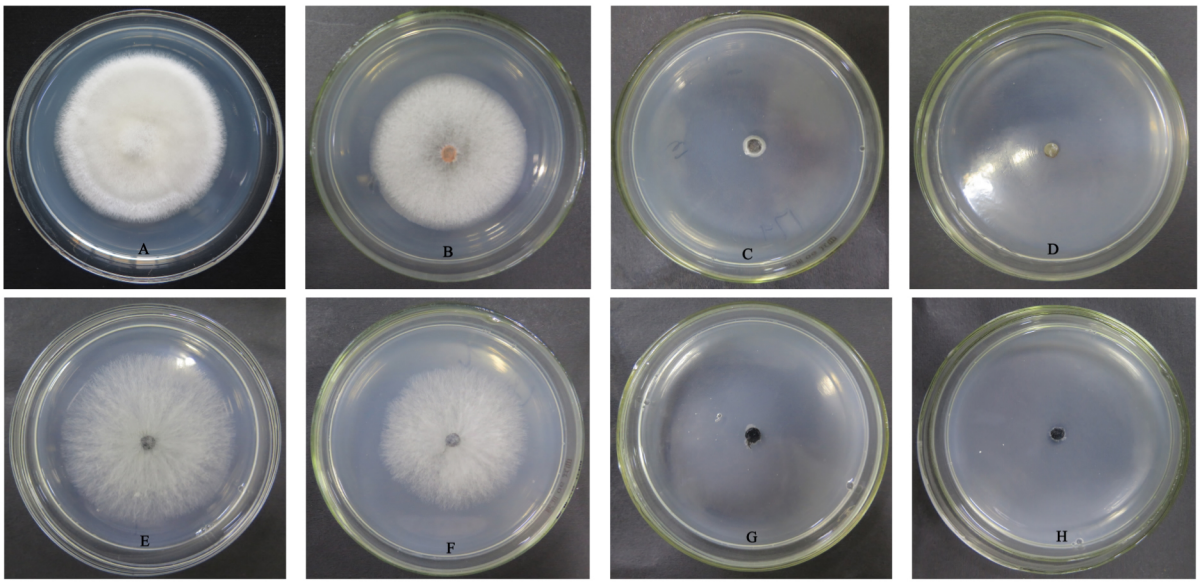

图 1 部分植物源活性成分对芒果采后病害病原菌菌丝生长的抑制活性

C. gloeosporioides A: 空白对照; B: 松萝酸; C: 荜茇酰胺; D: 药剂对照咪鲜胺

B. theobromae E: 空白对照; F 松萝酸; G: 荜茇酰胺; H: 药剂对照咪鲜胺

Fig. 1 The inhibitory activity of some botanical active ingredients on the mycelial growth of postharvest pathogens in mango fruit

C. gloeosporioides A: Control; B: Usnic acid; C: Piperlongumine; D: Prochloraz

B. theobromae E: Control; F: Usnic acid; G: Piperlongumine; H: Prochloraz

表 2　植物源活性成分对芒果采后病害病原菌的抑菌效果

Tab. 2　The inhibitory rate of botanical active ingredients against the mycelial growth of postharvest pathogens in mango fruit

活性成分 Active ingredients	抑菌率/% Inhibitory rate				平均抑菌率/% Average
	C. gloeosporioides	*C. acutatum*	*B. theobromae*	*P. mangiferae*	
咪鲜胺 Prochloraz	100.00 a	100.00 a	100.00 a	100.00 a	100.00 a
荜茇酰胺 Piperlongumine	97.82 a	97.79 a	100.00 a	99.39 a	98.75 ab
肉桂醛 Cinnamaldehyde	98.96 a	96.40 a	99.62 a	98.92 a	98.47 ab
姜黄素 Curcumin	92.49 a	72.44 d	94.34 a	92.47 a	87.94 abc
胡椒碱 Piperine	84.93 b	84.63 b	84.70 b	81.95 b	84.06 bcd
大黄酚 Chrysophanol	68.81 cd	81.21 bc	82.48 b	77.14 bc	77.41 cde
辣椒碱 Capsaicin	74.71 c	68.59 de	79.49 bc	79.90 b	75.67 cde
大黄素 Emodin	65.19 de	69.71 de	75.34 c	74.17 bc	71.10 de
胡椒酸 Piperonylic acid	60.65 ef	65.99 de	83.59 b	69.62 c	69.96 de
大黄酸 Rhein	56.80 f	74.53 cd	63.79 d	71.69 c	66.70 e
丹参酮 Tanshinone	37.04 g	61.60 e	55.36 e	36.86 e	47.72 f
双醋瑞因 Diacerein	34.54 g	17.27 g	66.29 d	55.77 d	43.47 fg
谷甾醇 Sitosterol	17.50 h	32.46 f	43.07 f	29.14 f	30.55 gh
芦荟甙 Aloin	16.87 h	6.28 h	32.13 g	29.59 f	21.22 h
薯蓣皂素 Diosgenin	16.81 h	19.38 g	31.95 g	12.76 h	20.22 h
绞股蓝皂苷 Gypenoside	6.59 i	4.93 h	29.41 g	23.33 g	16.06 h
松萝酸 Usnic acid	6.78 i	2.20 h	32.98 g	21.33 g	15.82 h

注: 同一列中不同小写字母代表差异显著 ($P<0.05$) ,下同

Note: Different lowercase letters within the same column indicate significant difference ($P<0.05$) , similarly hereinafter

2.2　植物源活性成分对芒果采后病害的控制效果

2.2.1　植物源活性成分对芒果炭疽病的控制效果　从表 3 可知,采后芒果果实在常温贮藏条件下,清水对照组芒果炭疽病的发病率最高,达到 48.89%,药剂对照(咪鲜胺) 处理组的发病率最低,为 5.00%。在 1 000 mg·L^{-1}质量浓度下,荜茇酰胺、肉桂醛、姜黄素和胡椒碱等 4 种植物源活性成分均能不同程度地降低芒果炭疽病的发病率,发病率均小于清水对照组。其中,荜茇酰胺对芒果炭疽病的抑制效果最好,发病率为 11.11%,其次是肉桂醛,发病率为 16.67%。姜黄素和胡椒碱处理组的发病率分别为 22.78% 和 28.33%。

药剂对照(咪鲜胺) 组芒果的发病指数仅为 1.42,相对防效达到 91.37%。4 种植物源活性成分中,荜茇酰胺对炭疽病的防治效果最好,芒果的发病指数为 2.22,防效为 82.18%。其次是肉桂醛和姜黄素,其处理组芒果的发病指数分别为 4.69 和 6.98,对芒果炭疽病的防效均大于 50.00%,依次为 68.34%,55.02%。胡椒碱能降低芒果炭疽病的发病指数至 8.95,具有一定的防治效果,但其防效较低,仅为 43.19%。

2.2.2　植物源活性成分对芒果蒂腐病的控制效果　从表 3 可知,在 1 000 mg·L^{-1}质量浓度下,荜茇酰胺降低芒果蒂腐病发病率的效果最好,发病率仅为 7.78%,低于药剂对照(咪鲜胺) 处理组的发病率(10.00%) 。其次是肉桂醛,发病率为 13.89%,略高于药剂对照组。姜黄素和胡椒碱均可降低蒂腐病的发病率,发病率依次为 25.56%,26.11%,低于清水对照组(35.56%) 。4 种植物源活性成分均降低了芒果蒂腐病的发病指数,其中荜茇酰胺处理组的发病指数仅为 2.3,防治效果最好,防效达到 80.75%,高于药剂对照(咪鲜胺) 处理组(61.69%) 。其次是肉桂醛处理组,其发病指数为 4.68,对芒果蒂腐病的防效为 55.19%,接近于药剂对照组。姜黄素和胡椒碱处理组果实的发病指数较高,分别为 10.32,10.8,防效较差,分别为 19.96% 和 14.50%。

荜茇酰胺对芒果 2 种采后病害的平均防效最好,达到 81.47%,高于药剂对照(咪鲜胺) 处理组(76.53%) 。肉桂醛对炭疽病的防治效果略高于对蒂腐病的防治效果,平均防效为 61.77%。姜黄素和胡椒碱对芒果采后 2 种病害的平均防效较低,分别为 35.99% 和 29.20%,它们对芒果炭疽病的防效均远高于其对蒂腐病的防效,二者防效分别相差 38.06% 和 28.69%。

表 3 各处理对芒果采后病害的防治效果

Tab. 3 The antifungal ability and control efficiency of different treatments on postharvest diseases of mango fruit

处理 Treatment	炭疽病 Anthracnose			蒂腐病 Stem end rot			平均防效/% Average
	发病率/% Incidence	发病指数 Index	防效/% Control effect	发病率/% Incidence	发病指数 Index	防效/% Control effect	
空白对照 Blank control	48.89	16.67 a	0.00	35.56	11.90 a	0.00	0.00
咪鲜胺 Prochloraz	5.00	1.42 e	91.37	10.00	4.60 b	61.69	76.53
荜茇酰胺 Piperlongumine	11.11	2.22 de	82.18	7.78	2.30 b	80.75	81.47
肉桂醛 Cinnamaldehyde	16.67	4.69 cd	68.34	13.89	4.68 b	55.19	61.77
姜黄素 Curcumin	22.78	6.98 bc	55.02	25.56	10.32 a	16.96	35.99
胡椒碱 Piperine	28.33	8.95 b	43.19	26.11	10.08 a	14.50	29.20

3 讨 论

本试验结果表明,16 种植物源活性成分对供试的 4 种病原菌菌丝体生长均有不同程度的抑制作用。在 100 mg·L^{-1}的质量浓度下,荜茇酰胺和肉桂醛对 *C. gloeosporioides*,*C. acutatum*,*B. theobromae* 和 *P. mangiferae* 4 种病原菌的抑制作用最好,抑菌率均高于 90.00%,其中荜茇酰胺对 *B. theobromae* 的抑菌率达到 100.00%。姜黄素、胡椒碱、大黄酚、辣椒碱和大黄素对 4 种供试病原菌的平均抑菌活性大于 70.00%。相比之下,绞股蓝皂苷和松萝酸对供试病原菌的抑菌活性较小,平均抑菌率小于 20.00%。

对供试病原菌抑菌率大于 80% 的 4 种植物源活性成分对芒果 2 种采后病害均有一定的防治效果。在 1 000 mg·L^{-1}的质量浓度下,荜茇酰胺对 2 种病害的防治效果最好,平均防效为 81.47%,效果优于药剂对照咪鲜胺(76.53%),其次是肉桂醛,平均防效为 61.77%。姜黄素和胡椒碱的平均防效小于 40.00%。

随着消费者对食品安全重视度的日益提升,开发更安全的植物源或动物源天然抑菌剂来控制果蔬采后病害已成为目前研究的热点。相比于化学合成抑菌剂,植物源抑菌剂副作用低、对人体刺激性小、安全性高的优势,因而具有较广泛的发展空间[12]。提取自胡椒科植物荜茇的荜茇酰胺是一种具有生物活性的生物碱类化合物,具有抗炎、抗细菌、抗真菌、杀虫等药理活性[13],在 1 000 mg·L^{-1}的质量浓度下,荜茇酰胺对引起水稻稻瘟病的稻瘟病菌具有一定的防治效果[14],但荜茇酰胺作为抑菌剂用于果蔬采后抑菌保鲜方面的研究报道较少。肉桂醛是肉桂等植物体内的一种天然醛类化合物,存在于肉桂油、玫瑰油等精油中,其作为肉桂精油的主要成分近年来在果蔬采后防腐保鲜中得到了较广泛的应用,罗曼[15]研究发现,肉桂醛可以抑制引起苹果青霉病的扩展青霉菌体在体外的生长,并且可以降低该菌毒素的分泌量。张轲[16]认为,肉桂醛能够通过破坏真菌细胞壁使其深入到真菌细胞内破坏细胞器,从而起到抑制真菌生长的作用。WU 等[17]的研究结果表明,肉桂醛可以抑制柑橘采后 *Geotrichum citri-aurantii* 离体菌丝的生长,其涂膜处理可以显著降低柑橘酸腐病的发病率。本试验结果显示,荜茇酰胺和肉桂醛等植物源活性成分可在体外抑制芒果采后病害病原菌的生长,并且对芒果采后病害具有较好的控制效果,进而延长芒果采后贮藏寿命,因此,可作为植物源抑菌剂应用于芒果采后抑菌保鲜。姜黄素和胡椒碱对芒果采后病害病原菌生长有较好的体外抑制作用,但对芒果采后病害的防治效果不理想,因此姜黄素和胡椒碱在芒果采后病害的防治效率还需进一步提升,可将 2 种活性成分进行一定比例复配,或研发出更合适的剂型、筛选合适的助剂使其增效等。

综上所述,供试的 16 种植物源活性成分均对芒果采后病原菌 *C. gloeosporioides*,*C. acutatum*,*B. theobromae* 和 *P. mangiferae* 菌丝生长有明显的体外抑制作用。此外,笔者还发现,荜茇酰胺、肉桂醛、姜黄素、辣椒碱对芒果炭疽病和蒂腐病均有一定的防治效果,其中,荜茇酰胺防效优于咪鲜胺抑菌剂,具有替代防治芒果采后病害化学抑菌剂的潜力。

参考文献:

[1] SIDDIQ M, BRECHT J K, SIDHU J S. Handbook of Mango Fruit: Production, Postharvest Science, Processing Technology and Nutrition [J]. Innovative Processing Technologies for Mango Products, 2017 (10): 169 - 193.

[2] 张正科,高兆银,李敏,等. 食品添加剂对芒果采后病原菌及保鲜效果的影响 [J]. 热带作物学报, 2013, 34(11): 2289 – 2294.
[3] 蒲金基,韩冬银. 芒果病虫害及其防治 [M]. 北京: 中国农业出版社,2014.
[4] 胡美姣,师超,安勇,等. 杧果蒂腐病菌对多菌灵的抗药性测定及其杀菌剂筛选 [J]. 果树学报, 2009, 26(5): 671 – 677.
[5] 周治德, 李晓刚, 李桂银. 植物源农药的现状及发展趋势 [J]. 广东化工, 2013, 40(19): 68 – 69.
[6] SWAIN T. Secondary compounds of plant origin as protective agents against fungi, mammals, insects, photoprotection [J]. Annual Review in Plant Physiology, 1977, 28(1): 479 – 501.
[7] KARIM H, BOUBAKER H, ASKARNE L, et al. Use of Cistus aqueous extracts as botanical fungicides in the control of Citrus sour rot [J]. Microb Pathog, 2017, 104: 263 – 267.
[8] 段劲生, 王梅, 胡本进,等. 中草药源杀菌剂的研究进展 [J]. 安徽农业科学, 2007, 35(3): 755 – 755.
[9] 胡美姣, 高兆银, 李敏,等. 72 种中草药提取物对香蕉、杧果果实采后病害病原菌的抑菌活性 [J]. 果树学报, 2007, 24(3): 349 – 354.
[10] 高兆银, 胡美姣, 李敏,等. 苹芨提取物对芒果病原菌的抑制活性以及采后病害的防治效果 [J]. 热带农业科学, 2011, 31(7): 51 – 54.
[11] 赵超,王家保,胡美姣,等. 食品添加剂对荔枝采后病原菌的抑菌活性及其保鲜效果 [J]. 热带作物学报, 2011, 32(2): 324 – 328.
[12] 李婷, 周月, 宋丽雅,等. 植物抑菌剂抑菌机理的研究方法进展 [J]. 北方园艺, 2016(4): 179 – 184.
[13] BEZERRA D P, PESSOA C, DE MORAES M O, et al. Overview of the therapeutic potential of piplartine (Piperlongumine) [J]. European Journal of Pharmaceutical Sciences, 2013, 48(3): 453 – 463.
[14] LEE S E, PARK B S, KIM M K, et al. Fungicidal activity of pipernonaline, a piperidine alkaloid derived from long pepper, *Piper longum* L. against phytopathogenic fungi [J]. Crop Protection, 2001, 20(6): 523 – 528.
[15] 罗曼. 两种植物精油对扩展青霉菌体生长和产毒量的影响 [D]. 青岛: 中国海洋大学, 2015.
[16] 张轲. 植物精油生物活性及其保鲜剂的研究 [D]. 天津: 天津科技大学, 2011.
[17] WU Y L, DUAN X F, JING G X, et al. Cinnamaldehyde inhibits the mycelial growth of Geotrichum citri-aurantii and induces defense responses against sour rot in citrus fruit [J]. Postharvest Biology & Technology, 2017, 129: 23 – 28.

Effects of Plant-based Active Ingredients on Postharvest Diseases of Mango Fruit

SU Zihan[1], GAO Zhaoyin[2], HU Meijiao[2], LI Min[2], ZHANG Zhengke[1]
(1. College of Food Science and Technology, Hainan University, Haikou, Hainan 570228, China;
2. Environment and Plant Protection Institute, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Haikou, Hainan 571101, China)

Abstract: The mycelia growth rate of pathogens was used to analyze the fungistatic ability of 16 active ingredients from plants against postharvest pathogens (*Colletotrichum gloeosporioides*, *C. acutatum*, *Botryodiplodia theobromae* and *Phomopsis mangiferae*), and some of the plant-based active ingredients with high inhibitory activity against the pathogens were tested to determine their control efficacy against the major postharvest diseases in mango fruit (*Mangifera indica* Linn). The results showed that all of the plant-based active ingredients at a concentration of 100 mg · L^{-1} had an inhibitory ability against mycelial growth of the 4 species of pathogens under test, of which the active ingredients piperlongumine, cinnamaldehyde, curcumin, piperine, cheysophanol, capsaicin and emodin had an average inhibitory rate of above 70.00%. The active ingredients piperlongumine, cinnamaldehyde, curcumin and piperine at 1 000 mg · L^{-1} had a better control effect on the postharvest diseases of mango, of which piperlongumine was the most effective for controlling postharvest diseases in mango fruit (82.18% and 80.75% for anthracnose (*C. gloeosporioides*) and stem end rot (*P. mangiferae*), respectively, averaging 81.47%), better than the positive control prochloraz. This suggests that piperlongumine should have the potential to be used as an alternative chemical fungicide against postharvest diseases of mango.

Keywords: Botanical active ingredients; anthracnose; stem end rot; antifungal ability; control efficiency

(责任编辑: 潘学峰)