

抑制水果采后致腐真菌的植物资源研究进展

姚姝凤¹,高宏^{1,2},商士斌^{1,2*}

¹中国林业科学研究院林产化学工业研究所 生物质化学利用国家工程实验室 国家林业局林产化学工程重点开放性实验室 江苏省生物质能源与材料重点实验室;²南京林业大学林业资源高效加工利用协同创新中心,南京 210042

摘要:新鲜水果采摘后易受周围环境的病原微生物特别是真菌侵袭而腐烂。开发水果防腐保鲜剂,降低水果腐烂率,不仅有助于人体健康,也减少了经济损失和资源浪费。用植物资源及其提取物制成的植物源水果防腐保鲜剂具有安全、环境友好对人、动物等非靶标生物无害或毒性较小等优点,已成为水果保鲜领域的研究热点。本文对水果采后主要病害和致腐真菌、易感染水果及主要症状等进行总结,对具有抑制致腐真菌活性的植物资源及研究状况进行概述,为后期植物源防腐保鲜剂的开发提供参考。

关键词:水果;真菌;植物资源;抗真菌植物

中图分类号:Q945.8

文献标识码:A

DOI:10.16333/j.1001-6880.2018.12.028

Review on Plant Resources Inhibiting Postharvest Fruit Fungal Pathogens

YAO Shu-feng¹, GAO Hong^{1,2}, SHANG Shi-bin^{1,2*}

¹Institute of Chemical Industry of Forest Products, CAF; National Engineering Lab. for Biomass Chemical Utilization; Key and Open Lab. of Forest Chemical Engineering, SFA; Key Lab. of Biomass Energy and Material;

²Co-Innovation Center of Efficient Processing and Utilization of Forest Resources, Nanjing Forestry University, Nanjing 210042, China

Abstract: Post-harvest fresh fruits were susceptible to infection and rot due to pathogenic microorganisms in the surrounding environment, especially fungi. The development of antifungal agent and fresh-keeping agent for fruits to reduce the rate of decay of fruits not only contributed to human health, but also reduced economic losses and waste of resources. The plant source fresh-keeping agent for fruits prepared from plant resources as fruits disease inhibitors had the advantages of safety, environmental friendliness, harmlessness or less toxicity to human, animal and other non-target organisms, and the field of fruit preservation was increasingly the focus of international research attention. This article summarized the major fruit diseases and symptoms, rot-causing fungi and suffering species of post-harvest fruits. The research of plant inhibiting these rot-inducing fungi were summarized, and provided a reference for the development of plant-source preservatives.

Key words: fruits; fungi; plant resource; antifungal plant

新鲜水果由于富含维生素、膳食纤维、有机酸和矿物质,营养丰富,为广大消费者所喜爱。然而,一旦水果由于机械损伤,自身后熟及衰老,很容易受到微生物侵袭发生腐烂。据统计,在发达国家约有10%~20%的新鲜果蔬由于采后病害导致腐烂,发展中国家的比例更高,达到40%~50%^[1]。我国易腐烂特色水果总产量达1.16亿吨,采后损失25%~30%,约700亿元^[2]。病原微生物导致腐烂的水果,即使是肉眼看起来未被侵袭的部分,也可能渗入

一些毒素,误食后危害人类健康。因此,开发水果防腐保鲜剂,降低水果腐烂率,不仅有助于人体健康,也减少了经济损失和资源浪费。

与化学合成抗菌剂相比,用植物资源或其提取物制成的植物源水果防腐保鲜剂具有安全,环境友好,对人、动物等非靶标生物无害或毒性较小等优点,已成为水果采后贮藏领域的重要研究热点^[3-5]。

我国植物资源丰富,具有抑菌活性的药用植物种类繁多,研究和筛选含有抑制水果采后致腐真菌活性成分的植物资源,不仅有助于水果防腐保鲜剂产品的开发,同时有利于植物资源的综合开发利用。本文对水果采后致腐真菌的种类、易感染水果及对应症状进行总结,对目前抑制水果采后致腐真菌植

物资源及研究状况进行概述,为进一步寻找合适植物资源和筛选活性成分提供参考。

1 水果采后真菌病害及致腐真菌种类

水果采后贮藏运输过程中,易受到青霉属、灰葡

萄孢、链格孢属、曲霉属等丝状真菌侵染而发生侵染性病害^[6]。且这些真菌对苹果、柑橘、桃等水果造成不同程度的侵染后,会产生特殊的症状。现将常见水果采后主要病害及致腐真菌、易感染的水果及主要症状进行总结,如表1所示。

表1 水果采后主要病害、致腐真菌、症状及易感染的水果类型^[7-11]

Table 1 The main postharvest fruit diseases and symptoms, fungal plant pathogens and perishable fruit species

病害类型 Fruit diseases	致腐真菌 Plant fungal pathogens	水果被侵染后主要症状 Fruit symptoms infested by fungi	易感染水果 Perishable fruit species
青霉病	扩展青霉 <i>Penicillium expansum</i> Link	腐烂后充水略变色的斑点中心出现白霉;或受害果实变软,果肉褐色,病果表面生有灰绿色霉层	苹果、梨、猕猴桃
	意大利青霉 <i>Penicillium italicum</i> Weh.	果实变软,果肉变褐,病果表面灰绿色霉层或白色霉斑	枣、柑橘
	指状青霉 <i>Penicillium digitatum</i> Sacc	受害果实组织稍变褐色,逐渐变软腐烂,并在果实和果柄上长出白色霉层,由白色(薄)变为青绿色(厚),果实有霉败气味	葡萄、甜瓜、柑橘(绿霉病)
灰霉病	灰葡萄孢 <i>Botrytis cinerea</i> Pers. Ex Fr	病斑初凹陷,后变褐色,覆盖灰霉状物,最后整个果实软腐	桃、李、杏、樱桃、油桃、葡萄、草莓褐腐病
	柑橘褐腐疫霉 <i>Phytophthora citrophthora</i> (Sm. & Sm.) Lenonian	初期病斑淡褐色圆形,面积较小,病害不断蔓延至全果,水渍状,有臭味,表面出现白色菌丝	柑橘
	果生链核盘菌 <i>Monilinia fructigena</i> Honey	开始呈小的水渍状斑点,迅速变成褐色,数日扩展到全果,斑表面长出灰褐色绒毛状霉丝	苹果、梨
褐腐病	果生链核盘菌 <i>Monilinia fructicola</i> (Wint.) Rehm	最初在果面产生褐色圆形病斑,数日扩散全果,果肉也随之变褐软腐	桃、李
软腐病	匍枝根霉 <i>Rhizopus stolonifer</i> (Ehrenb. ex Fr.) Vuill	初为淡褐色水渍状病斑,继而变褐软腐,滴水,表面密生灰白色绵毛,上有点点黑霉,也称“黑霉病”	猕猴桃、番木瓜、草莓、甜瓜、桃
疫腐病(疫病)	恶疫霉 <i>Phytophthora cactorum</i> (Leb. Et Cohn) Schroet	侵染后呈灰白色至褐色(苹果);开始受害组织硬质,后期变成海绵状,维管束变成褐色(梨)	苹果、梨、草莓
	霜疫霉 <i>Peronophythora litchii</i> Chen ex Ko et al.	自果蒂开始发生褐色病斑,潮湿时长出白色霉层,扩散后全果变为褐色	荔枝
炭疽病	胶孢炭疽菌 <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> (Penz. et Sacc) (无性态) (<i>Glomerella cingulata</i> (Stonem.)) (有性态)	症状病斑呈圆形或近圆形,中间下陷,水渍状,褐色至暗褐色。在潮湿条件下,病斑上常有粉红色至桔黄色粘粒。	草莓、荔枝柑橘、苹果
	香蕉炭疽病菌 <i>Colletotrichum musae</i> (Berk. et Curt.) Arx	病部产生朱红色粘质小点,干燥天气,病部凹陷	香蕉
	苹果炭疽菌 <i>Gloesporium fructigenum</i> (无性态); <i>Glomerella cingulata</i> (Stonem.) (有性态)	初为褐色斑点,病斑扩大,呈褐色或深褐色	苹果
黑霉病(黑粉病)	黑曲霉 (<i>Aspergillus niger</i> V. tiegh)	烂果表面产生大量黑粉状或紫黑粉状物,烂果有潮湿的腐败气味	葡萄、荔枝
酸腐病	白地霉 <i>Geotrichum candidum</i> Link & Magazin.	水渍状斑点,产生较致密白色菌丝,果实腐败,发出酸味	葡萄、柑橘、荔枝、番茄
黑腐病	仁果囊孢壳: <i>Physalospora obtusa</i> Schw. Cooke (有性态); 仁果球壳孢: <i>Sphaeropsis malorum</i> Peck (无性态)	腐烂从水果的花蒂或茎端,或从任何伤口开始,表现为明显的水渍状,后变淡褐色。	苹果
黑斑病	柑橘链格孢菌(柑橘黑腐病菌) (<i>Alternaria citri</i> Ell. et Pierce)	心腐型(墨绿色);黑腐型(从伤口或脐部侵入,黑褐色或褐色圆形,果皮革质(干燥)或初灰白色菌丝,后变为墨绿色绒毛(潮湿);蒂腐型(从果蒂侵入,褐色);干疤型(深褐色,革质)	柑橘

续表 1 (Continued Tab. 1)

病害类型 Fruit diseases	致病真菌 Plant fungal pathogens	水果被侵染后主要症状 Fruit symptoms infested by fungi	易感染水果 Perishable fruit species
	链格孢 <i>Alternaria alternata</i> (Fr) Keissler	局部产生淡褐色棕色腐败病斑, 组织的裂缝中长出绒毛状灰色真菌菌丝	梨
	柑果茎点菌 <i>Phoma citricarpa</i> var. mikan Hara	初生淡黄色或橙色小点, 逐渐扩大成为暗褐色至黑色略凹陷	柑橘
	苹果黑斑病 <i>Alternaria mali</i>	破裂表皮处形成干燥、坚硬、褐色水浸状病斑, 潮湿条件下, 可见黑色菌丝体。	苹果

2 抑制水果采后致病真菌植物资源

我国植物资源丰富, 其中具有抗菌成分的药用植物就有约 5 000 余种^[12]。目前国内外科科研工作者多采用菌丝生长速率抑制法和孢子萌发法等抑菌试验对具有抑制水果采后致病真菌的植物资源及活性提取物进行筛选, 并进行了大量研究。结果表明, 菊科、唇形科、百合科、豆科、芸香科等二十多科的植物具有较强的抑制水果采后致病真菌活性。

2.1 菊科

菊科植物种类繁多, 许多研究者对其提取物抑制水果采后致病真菌活性作了大量研究, 该科多种植物如艾草, 苍耳等含有对水果采后致病真菌很强抑制作用的活性成分。

吴光旭等^[13]研究了 33 科 57 属 64 种植物的甲醇提取物对荔枝霜疫霉菌的离体抗菌活性效果, 结果表明, 在提取物质量浓度为 0.01 g/mL 时, 菊科植物苍耳 (*Xanthium sibiricum* Patrin)、黄花蒿 (*Artemisia annua* Linn.) 和艾 *Artemisia argyi* H. Lévl. & Vaniot (Levl et vant) 对荔枝霜疫霉菌菌丝生长的抑制率高于 90%, 孢子囊萌发的抑制率大于 80%。李玉平等^[14]研究了菊科 15 属 25 种植物的丙酮提取液对苹果炭疽病菌的抑制活性, 其中大花金挖耳 (*Carpesium macrocephalum* Franch. et Sav.)、旋覆花 (*Inula japonica* Thunb.) 和猪毛蒿 (*Artemisia scoparia* Waldst. et Kit.) 3 种植物样品对苹果炭疽病菌的抑制率在 60% 以上。

此外, 豨薟草 (*Siegesbeckia glabrescens* Makino) 对草莓软腐病菌具有一定的抑制作用^[15]; 假臭草 (*Praxelis clematidea* Cassini) 和薇甘菊 (*Mikania micrantha* Kunth) 两种菊科植物乙醇提取物对芒果蒂腐菌 (*Botryodiplodia theobromae* Pat.) 和炭疽菌 2 种病原菌的抑制效果较强^[16]; 墨西哥菊科植物俯垂弗劳菊 (*Flourensia cernua* DC.) 水提取物对扩展青霉和尖孢镰刀菌的杀菌作用较强^[17]。Aoudou Y^[18]等研

究表明, 飞机草 (*Chromolaena odorata*) 茎叶乙醇提取物在芒果蒂腐 (5 mg/mL) 和胶孢炭疽菌 (10 mg/mL) 抑制率 100%, 藿香蓟 (*Ageratum conyzoides* L.) 在浓度 10 mg/mL 下抑制率 100%。南非叶 (*Vernonia amygdalina* Del.) 和飞机草叶提取物对匍枝根霉和黑曲霉也有一定的抑制作用^[19]。苦艾 (*Artemisia absinthium*) 鲜叶浆水提物 (液料比 1:1) 对扩展青霉及黑曲霉抑制率分别为 75.42% 和 61.83%^[20]。

可见, 菊科植物提取物在抑制水果采后致病真菌方面具有潜在开发价值, 值得进一步探究。

2.2 豆科

豆科甘草, 豆薯, 野决明, 苦参等常见药用植物的提取物具有良好抑制水果采后致病真菌活性。

黄花草木樨 (*Melilotus officinalis* Lam.) 乙醇提取物中乙酸乙酯萃取部分抑制真菌效果非常强, 在供试质量浓度为 1 mg/mL 时, 对番茄灰霉病菌的抑制率均达 100%^[21]。

郭恩辉等^[22]试验表明披针叶野决明 (*Thetmopses lanceolata*) 丙酮提取物对番茄灰霉病菌抑制能力强; 苦参 (*Sophora flavescens* Ait.) 提取液对链格孢菌 (*Alternaria alternata*)、褐腐病菌 (*Monilinia fructicola*) 的作用较好, 抑制率达到 65% 以上^[23]。

孙元军等^[24]采用生长速率法及活体果实接种孢子悬液法, 对甘草、连翘等 6 种中草药水煎剂对桃果实采后致病真菌 (毛霉和青霉) 的抑制效果作了对比, 结果表明甘草 (*Glycyrrhiza uralensis* Fisch) 提取液在离体抑菌试验和活体抑菌实验中对两种真菌抑菌率均高于 60%。

黄桂荣等^[25]研究表明豆薯 (*Pachyrhizus erosus*) 子甲醇提取物对荔枝霜疫霉菌和香蕉炭疽菌菌丝生长的具有一定的抑制效果, 抑制率分别为 58.59% 和 55.94%; 此外, 葛根 (*Pueraria lobata* (Willd.) ohwi) 的根乙醇提取物对苹果褐腐病菌菌丝生长具有一定的抑制作用, 抑制率约为 20% 左右^[15]。Eunice. O.^[26]等研究表明, 翅荚决明 (*Cassia alata*) 叶

水提物(液料比1:1)对白绢病菌(*Sclerotium rolfsii*)抑制率88.8%。

2.3 百合科

百合科对水果采后致腐真菌的抑制作用较强,抑菌谱广,主要植物有:开口箭、大蒜、知母、芦荟等。

开口箭(*Tupistra chinensis* Bak.)为百合科开口箭属植物,含有广谱的抑菌活性物。吴光旭等^[13]研究表明百合科植物开口箭对多种水果采后致腐真菌有较强抑制活性,其中在提取物质量浓度为0.01 g/mL时,对香蕉炭疽病菌菌丝生长和孢子萌发抑制率的抑制率均高90%;对荔枝霜疫霉菌菌丝生长和孢子萌发抑制率的抑制率均高85%。

大蒜(*Allium sativum* L.)提取物对引起桃采后腐烂的褐斑病、凤梨果的致腐病菌、苹果青霉病、灰葡萄孢均有明显的抑制作用^[27-30],40%乙醇浸提液对柑橘青霉、柑桔绿霉、苹果青霉等致腐病菌均有很强的杀菌能力^[31]。

周浩等^[32]从19种中草药水提物中初步筛选能同时抑制苹果炭疽菌、香蕉炭疽菌、柑橘炭疽菌、扩展青霉、意大利青霉等水果采后病菌萌发的药剂,知母(*Anemarrhena asphodeloides* Bunge)显示了广谱的抑菌能力,对意大利青霉的抑制作用为最强的。

此外,芦荟(*Aloe vera* (Haw.) Berg)粗提物处理红富士苹果,可有效抑制灰霉病的发生,减小病斑直径,降低发病率^[33]。

2.4 唇形科

研究表明唇形科野香草、荔枝草、迷迭香、广藿香、海州香薷等具有较强的抗真菌作用。

俞大昭等^[34]测定了17个科的32种植物提取物对多种植物病原真菌抑制活性,发现野香草(*Eisholtzia cyprami*)提取物对苹果炭疽菌、柑桔绿霉病菌、柑桔黑腐病菌、黑曲霉病菌抑制率达到100%。

黄桂荣等^[25]研究表明唇形科荔枝草(*Salvia pleseian*)甲醇提取物对荔枝霜疫霉菌菌丝生长的抑制率为84.16%,对香蕉炭疽菌的抑制率达到64.84%,是所筛选的9种湘西植物中抗真菌效果最好的。

刘晓蓉等^[35]发现广藿香(*Pogostemon cablin* (Blanco) Benth.)提取物对青霉和黑霉菌均有较好的抑制作用,且三种溶剂(乙醇、水、乙醚)提取物,乙醚提取物活性最强。海州香薷(*Elsholtzia splendens* Nakai)75%乙醇提取液对芒果蒂腐病菌的抑制效果明显,抑制率达到54.13%^[36]。

此外,Karade等^[37]发现日本薄荷(*Mentha arvensis*)提取物对链格孢有抗菌活性。天然香料迷迭香(*Rosmarinus officinalis*)的乙醇抽提物中含有抗氧化物质乌索酸,对黑曲霉和青霉也有一定的抑制作用^[38]。

2.5 芸香科

芸香科的黄柏、白鲜皮水提物对多种水果采后致腐真菌具有较强的抑制活性。

黄柏(*Phellodendron amurense* Rupr.)水提物对灰葡萄孢菌,链格孢菌具有一定的抑制作用,对苹果轮纹病菌(*Physalospora piricola*)、链格孢菌(*Alternaria alternata*)、褐腐病(*Monilinia fructicola*)的抑制率达到85%以上^[39,40],其果实乙醇粗提物中的正丁醇和乙酸乙酯萃取部分梨对梨黑星病菌(*Venturia pirina*)具有一定的抑制作用^[41]。

此外,白鲜皮(*Cortex Dictamni*)对苹果炭疽菌的抑菌效果非常明显^[32]。

2.6 蓼科

蓼科的重要药用植物大黄(*Rheum palmatum* L.)和虎杖对苹果致腐真菌有明显抑制作用。研究发现,大黄对苹果炭疽菌的抑制效果明显^[32];虎杖(*Polygonum cuspidatum* Sieb. et Zucc.)乙醇提取物对苹果腐烂病菌有明显抑制作用^[42]。蓼科植物钝叶酸模(*Rumex obtusifolius*)鲜叶水提物(液料比1:1)对扩展青霉和黑曲霉抑制率分别为74.74%和58.09%^[20]。

2.7 樟科

高兆银等^[43]发现樟科的肉桂(*Cinnamomum cassia* Presl)丙酮提取物对对芒果炭疽病菌、芒果蒂腐病菌的抑制率达到100%,防腐效果均优于芒果保鲜剂。山苍子(*Litsea cubeba* (Lour.) Pers.)精油对草莓褐斑菌和草莓灰霉菌的抑制率分别达到100%和83.9%^[34]。

2.8 桃金娘科

桃金娘科的桉叶(*Eucalyptus globules* Labill.)和丁香(*Syzygium aromaticum* (L.) Merr. EtPerry)提取物抑制活性较强。研究表明,桉叶对苹果炭疽菌和意大利青霉显示出较强的抑菌作用^[32]。丁香(花蕾)80%乙醇提取物对意大利青霉菌丝的生长抑制率达到90%^[44],孔秋莲等^[45]对10种中药材水蒸气馏出液对黑曲霉和扩展青霉孢子的萌发的抑制作用,丁香的抑制作用最强。

2.9 其他

我国大量分布的其他科植物如:鸢尾科、樟科、松柏科、防己科、山茶科、毛茛科、楝科等部分植物提

取物也具有良好的抑制水果采后致腐真菌活性。

许多植物水提液具有良好抗真菌活性。防己科植物—北豆根 (*Menispermum dauricum* DC.) 水提取物对灰葡萄孢菌及链格孢菌具有一定的抑制作用^[39]。孙元军等^[24]研究发现连翘 (*Forsythia suspensa*) 在离体和活体实验中对桃果采后两种致腐真菌毛霉和青霉均表现良好的抑菌活性。中药五倍子——盐肤木 (*Rheum palmatum* L.) 的虫瘿的水提取物对芒果炭疽病菌和蒂腐病菌有很好的抑菌活性^[46]。周浩等^[32]探究了 19 种中草药水提取物抑制苹果炭疽菌、柑橘炭疽菌、意大利青霉水果采后病菌抑制作用,八角茴香 (*Fructus Anisi Stellati*) 显示了广谱的抑菌能力。李俊等^[47]探究了山茶科植物——南山茶 (*Camellia semiserrata* Chi) 茶树油粕(茶籽)水提取物对香蕉炭疽病原菌离体生长和香蕉果实活体接种致病斑的作用效果,结果表明当浓度 ≥ 0.2 mg/mL 时抑制率可达 100%。毛茛科黄连 (*Coptis chinensis* Franch.) 水提取物具有广谱的抗菌活性,吴振宇等^[40]发现黄连提取液为 17 种含有抗菌成分的中草药水提取液中对苹果轮纹病菌 (*Phylospora piricola*)、链格孢菌 (*Alternaria alternata*)、褐腐病 (*Monilinia fructicola*) 的抑制效果最好的,抑制率达到 85% 以上,鹿蹄草 (*Pyrola calliantha* H. Andr.) 水提液抑制率达 77%。

鸢尾科的射干 (*Belamcanda chinensis* (L.) Redouté) 醇提取物对柑橘致腐真菌的活性较强,胡梅等^[44]研究了射干 80% 乙醇提取物对意大利青霉菌丝的生长抑制作用,结果表明射干的抑菌率达到 81%。龙柏 (*Sabina chinensis* (L.) Ant. cv. Kaizuca) 乙醇提取物的乙酸乙酯萃取成分,对葡萄白腐病菌和苹果腐烂病菌的抑菌活性较强^[48]。

另外,鹿蹄草 (*Pyrola calliantha* H. Andr.) 乙醇浸提物浓度为 0.02% 时对根霉、黑曲霉、青霉的抑菌效果优于 0.5% 山梨酸钾、苯甲酸,显示了在苹果

防腐保鲜方面良好的应用前景^[49]。马兜铃 (*Aristolochia debilis* Sieb. et Zucc) 具有广谱抑菌活性,而且对番茄灰霉病菌和苹果褐腐病菌的抑制效果最佳,EC₅₀ 值为 0.3732 和 0.1256 mg/mL^[15]。番荔枝科瓜馥木 (*Fissistigma oldhamii* (Hemsl.) Merr.) 总生物碱部分、氯仿萃取部分和乙酸乙酯萃取部分对香蕉炭疽菌、梨褐斑病菌等 5 种病原真菌均具有很强的抑制活性^[50],抗菌谱较广。海南槿果藤 (*Caparis zeylanica* Linn.) 甲醇提取物氯仿萃取部位对火龙果黑斑病菌 (*Bipolaris cactivora*) 在浓度为 10 mg/mL 下具有一定的抑制作用^[51]。

此外,国外对具抑制水果采后致腐真菌的活性成分的植物资源进行了大量研究。楝科的印楝 [*Azadirachta indica* A. JUSS (Meliaceae)] 的叶子水提取物对扩展青霉菌 (*Penicillium expansum*) 展青霉素的产生具有抑制作用^[52],不同浓度的醇提取物对番茄黑曲霉、黑根霉和白地霉^[53]抑制作用明显。苹果感染前用铁线蕨 (*Adiantum capillus-veneris* L.) 的叶提取物浸渍处理,对扩展青霉抑制作用是 20 种植物水提取物中最有效的^[54]。红树植物白骨壤 (*Avicennia marina*) 叶醇提取物能明显抑制指状青霉 (*Penicillium digitatum*) 和柑橘链格孢 (*Alternaria citri*)^[55] 的生长。伞状海蔷薇 (*Halimium umbellatum*) 甲醇提取物和 *Thymus leptobotrys* 石油醚提取物在能完全抑制 *P. italicum* 的发育,并且对柑橘类水果无植物毒性,对控制柑橘蓝霉病的具有很高的潜力^[56]。水茄 (*Solanum torvum*) 提取物在降低香蕉炭疽菌 (*Colletotrichum musae*) 发病率方面非常有效,优于使用杀菌剂苯菌灵 (0.1%) 的标准处理^[57]。番荔枝科植物 *Alphonsea sclerocarpa* Thaw 乙酸乙酯提取物对黑曲霉有一定的抑制作用^[58]。

为便于比较,现将抑制水果采后致腐真菌植物资源及其抑制效果列表如下(表 2):

表 2 抑制水果采后致腐真菌植物资源及抑制效果

Table 2 The Plant source inhibiting post-harvest fruit fungal pathogens and fungistatic effects

科名 Family	名称 Name	部位 Parts	溶剂 Solvent	致腐真菌 Plant fungal pathogens	抑制率 * Inhibition ratio	浓度 Concentration
菊科 Asteraceae Bercht. & J. Presl	苍耳 <i>Xanthium sibiricum</i> Patrin.	地上部	甲醇	荔枝霜疫霉	96.65%	0.01 g/mL
				香蕉炭疽菌	60.68%	0.01 g/mL
	黄花蒿 <i>Artemisia annua</i> Linn.	茎叶	甲醇	荔枝霜疫霉	94.31%	0.01 g/mL
				香蕉炭疽菌	48%	0.01 g/mL
艾 <i>Artemisia argyi</i> H. Lév. & Vaniot (Levl et vant)	茎叶	甲醇	荔枝霜疫霉	91.43%	0.01 g/mL	
				香蕉炭疽菌	61.66%	0.01 g/mL

续表 2 (Continued Tab. 2)

科名 Family	名称 Name	部位 Parts	溶剂 Solvent	致腐真菌 Plant fungal pathogens	抑制率* Inhibition ratio	浓度 Concentration
	大花金挖耳 <i>Carpesium macrocephalum</i> Franch. et Sav.	全株	丙酮	苹果炭疽菌	63.50% (组织法)	0.05 g/mL
	旋覆花 <i>Inula japonica</i> Thunb.	全株	丙酮	苹果炭疽菌	65.07% (组织法)	0.05 g/mL
	猪毛蒿 <i>Artemisia scoparia</i> Waldst. et Kit.	全株	丙酮	苹果炭疽菌	62.50% (组织法)	0.05 g/mL
	豨薟草 <i>Siegesbeckia glabrescens</i> Makino	茎叶	乙醇	草莓软腐病菌	20.06%	0.1 g/mL
	假臭草 <i>Praxelis clematidea</i> Cassini	全株	乙醇	芒果蒂腐菌	31.92%	0.01 g/mL
				炭疽菌	44.16%	0.01 g/mL
	薇甘菊 <i>Mikania micrantha</i> Kunth	根茎叶	乙醇	芒果蒂腐菌	28.76%	0.01 g/mL
				炭疽菌	30.80%	0.01 g/mL
	俯垂弗劳菊 <i>Flourensia cernua</i> DC.	叶	水	扩展青霉	18.64%	1 mg/mL
	苦艾 <i>Artemisia absinthium</i>	鲜叶	水	扩展青霉	75.42%	标准浓度(S);200 g 鲜叶浆 + 200 mL 水 浸提物
				黑曲霉	61.83%	
	南非叶 <i>Vernonia amygdalina</i> Del.	叶	乙醇	匍枝根霉 0.2 mm (空白 3.97 mm)		10%
				黑曲霉 1 mm (空白 3.67 mm)		
	飞机草 <i>Chromolaena odorata</i> L.	叶	乙醇	匍枝根霉 0.0 mm (空白 3.97 mm)		10%
				黑曲霉 0.2 mm (空白 3.67 mm)		
		茎叶	乙醇	芒果蒂腐菌	100%	5 mg/mL
				胶孢炭疽菌	100%	10 mg/mL
	藿香蓟 <i>Ageratum conyzo</i> des L.	茎叶	乙醇	芒果蒂腐菌	100%	10 mg/mL
				胶孢炭疽菌	100%	10 mg/mL
豆科 <i>Leguminosae</i> sp.	黄花草木樨 <i>Melilotus officinalis</i> (L.) Lam.	果实	乙醇(乙酸乙酯萃取)	番茄灰霉病菌	100%	1 mg/mL
	披针叶野决明 <i>Thetmopses lanceolata</i>	枝叶果	丙酮	番茄灰霉病菌	81.01%	0.1 g/mL
	苦参 <i>Sophora flavescens</i> Ait.	根	水	链格孢菌	72.97%	10 mg/mL
				褐腐病菌	73.62%	
	豆薯子 <i>Pachyrhizus erosus</i>	种子	甲醇	荔枝霜疫霉菌	58.59%	0.01 g/mL
				香蕉炭疽菌	55.94%	
	葛根 <i>Pueraria lobata</i> (Willd.) ohwi	根	70% 乙醇	苹果褐腐病菌	20%	0.1 mg/mL
	甘草 <i>Glycyrrhiza uralensis</i> Fisch	根	水	青霉	58.36%	占培养液体积分数 25%
	翅荚决明 <i>Cassia alata</i>	叶	水	白绢病菌	88.8%	100 g + 100 mL 水提物
百合科 <i>Liliaceae</i> juss.	开口箭 <i>Tupistra chinensis</i> Baker	根茎	甲醇	荔枝霜疫霉	95.95%	0.01 g/mL
				香蕉炭疽菌	91.55%	
	大蒜 <i>Allium sativum</i> L.	鳞茎	水	番茄灰霉病菌	-	EC ₅₀ = 13.36%
				扩展青霉	-	EC ₅₀ = 8.09%
	知母 <i>Anemarrhena asphodeloides</i> Bunge	根茎	水	意大利青霉	-	MIC = 0.27%
	芦荟 <i>Aloe vera</i> (Haw.) Berg	鲜叶	75% 乙醇	灰葡萄孢	苹果发病率 53%	0.05 g/L (组织法)
唇形科 <i>Lamiaceae</i> Martinov	野香草 <i>Eisholtzia cyprani</i>	全草	石油醚、乙醇等	苹果炭疽菌	100%	提取物 1:200 倍稀释浓度
				柑桔绿霉病菌	100%	
				柑桔黑腐病菌	100%	
				黑曲霉病菌	100%	
	荔枝草 <i>Salvia pleseian</i> R. Br	全草	甲醇	荔枝霜疫霉菌	84.16%	0.01 g/mL

续表 2(Continued Tab. 2)

科名 Family	名称 Name	部位 Parts	溶剂 Solvent	致病真菌 Plant fungal pathogens	抑制率* Inhibition ratio	浓度 Concentration
				香蕉炭疽菌	64.84%	-
	迷迭香 <i>Rosmarinus officinalis</i>	茎叶	乙醇	黑曲霉	-	MIC = 25 g/L
				青霉	-	MIC = 25 g/L
	广藿香 <i>Pogostemon cablin</i> (Blanco) Benth.	茎叶	乙醚	青霉	-	MIC = 0.065 g/mL
				黑根霉	-	MIC = 0.015 g/mL
芸香科 <i>Rutaceae</i> Juss.	海州香薷 <i>Elsholtzia splendens</i> Nakai	全草	75%乙醇	芒果蒂腐菌	-	料液比 1:10 提取物
	黄柏 <i>Phellodendron chinense</i> Schneid.	树皮	水	链格孢菌	100%	10 mg/mL
				褐腐病菌	100%	
			乙醇(乙酸乙酯萃取)	梨黑星病菌	19.37%	1 mg/mL
	白鲜皮 <i>Cortex Dictami</i>	皮	水	苹果炭疽菌	-	MIC = 0.20%
				意大利青霉	-	MIC = 0.20%
				香蕉炭疽菌	-	MIC = 0.27%
				柑橘炭疽菌	-	MIC = 0.27%
				扩展青霉	-	MIC = 0.27%
樟科 <i>Lauraceae</i> Juss.	山苍子 <i>Litsea Cubeba</i> (Lour.) Pers.	果实	精油	草莓褐斑菌	100%	提取物 1:200 倍
				草莓灰霉菌	83.90%	
	肉桂 <i>Cinnamomum cassia</i> Presl	树皮	丙酮	芒果炭疽病菌	100%	
桃金娘科 <i>Myrtaceae</i> Juss.	桉叶 <i>Eucalyptus globulus</i> Labill	叶	水蒸汽蒸馏	芒果蒂腐病菌	100%	
				意大利青霉	-	MIC = 0.20%
				柑橘炭疽菌	-	MIC = 0.27%
				苹果炭疽菌	-	MIC = 0.30%
毛茛科 <i>Ranunculaceae</i> Juss.	丁香 <i>Syzygium aromaticum</i> (L.) Merr. EtPerry	花蕾	80%乙醇	意大利青霉	90%	15 mg/mL
	黄连 <i>Coptis chinensis</i> Franch.	根状茎	水	链格孢菌	100%	10 mg/mL
				褐腐病菌	100%	
鸢尾科 <i>Iridaceae</i> Juss.	射干 <i>Belamcanda chinensis</i> (Linn.) Redout	根	水	褐腐病菌	83.86%	10 mg/mL
伞形科 <i>Apiaceae</i> Lindl	柴胡 <i>Bupleurum chinense</i> DC.	根	70%乙醇	芒果炭疽病菌	15.59%	0.1 mg/mL
蓼科 <i>Polygonaceae</i>				番茄灰霉病菌	19.57%	
	大黄 <i>Rheum palmatum</i> L.	根茎	乙醇	苹果褐腐病菌	19.69%	
	虎杖 <i>Polygonum cuspidatum</i> Sieb. et Zucc.	干燥根茎	乙醇	草莓软腐病菌	10.19%	
	钝叶酸模 <i>Rumex obtusifolius</i>	鲜叶	水	扩展青霉	74.74%	标准浓度(S):200 g 鲜叶浆 + 200 mL 水提取物
				黑曲霉	58.09%	
木樨科 <i>Oleaceae</i>	连翘 <i>Forsythia suspensa</i> (Thunb.) Vahl	根	水	青霉	59.38%	占培养液体积分数 25%
木兰科 <i>Magnoliaceae</i> Juss.	八角茴香 <i>Fructus anisi</i> Stellati	果实	水	苹果炭疽菌	-	MIC = 0.20%
				柑橘炭疽菌	-	MIC = 0.20%
				意大利青霉	-	MIC = 0.20%

续表 2(Continued Tab. 2)

科名 Family	名称 Name	部位 Parts	溶剂 Solvent	致腐真菌 Plant fungal pathogens	抑制率* Inhibition ratio	浓度 Concentration
漆树科 <i>Anacardiaceae</i> R. Br	盐肤木五倍子 (<i>Rhus chinensis</i> Mill)	虫瘿	水	芒果炭疽病菌	16.77 mm(抑菌圈平均直径)	-
				蒂腐病菌	13.76 mm(抑菌圈平均直径)	-
防己科 <i>Menispermaceae</i> Jass.	北豆根 <i>Menispermum dauricum</i> DC.	根	水	灰葡萄孢菌	66.61%	10 mg/mL
				链格孢菌	87.05%	
山茶科 <i>Theaceae</i>	南山茶 <i>Camellia semiserrata</i> Chi	油粕(茶籽)	水	香蕉炭疽病菌	100%	0.2 mg/mL
鹿蹄草科 <i>Pyrolaceae</i>	鹿蹄草 <i>Pyrola calliantha</i> H. Andr.	全草	水	链格孢菌	79.30%	10 mg/mL
				褐腐病菌	77.08%	
柏科 <i>Cupressaceae</i> Gray	龙柏 <i>Sabina chinensis</i> (L.) Ant. cv. Kaizuca	叶	乙醇(乙酸乙酯)	葡萄白腐病菌	78.87%	2 mg/mL
				苹果腐烂病菌	83.06%	2 mg/mL
马兜铃科 <i>Aristolochiaceae</i> Juss.	马兜铃 <i>Aristolochia debilis</i> Sieb. et Zucc	果实	70%乙醇	番茄灰霉病菌	-	EC ₅₀ = 0.3732
				苹果褐腐病菌	-	EC ₅₀ = 0.1256 mg/ mL
番荔枝科 <i>Annonaceae</i>	瓜馥木 <i>Fissistigma oldhamii</i> (Hemsl.) Merr)	藤茎	乙醇(乙酸乙酯萃)	香蕉炭疽病菌	-	EC ₅₀ = 2.7203 mg/ mL
白菜花科 <i>Capparidaceae</i> 楝科 <i>Meliaceae</i> Juss.	海南槿果藤 <i>Capparis zeylanica</i> Linn.	叶	甲醇(氯仿萃取)	火龙果黑斑病菌	23%	10 mg/mL
马鞭草科 <i>Verbenaceae</i> J. St-Hill	印楝 <i>Azadirachta indica</i> A. JUSS(<i>Meliaceae</i>)	叶	水	扩展青霉菌	96%	50 mg/mL
	白骨壤 <i>Avicennia marina</i>	叶	乙醇	指状青霉	-	MIC = 8 mg/mL
				柑橘链格孢	-	MIC = 8 mg/mL
半日花科 <i>Cistaceae</i> Juss.	伞状海蔷薇 <i>Halimium umbellatum</i>	茎叶	甲醇	意大利青霉	-	MIC = 2 mg/mL

注: * 菌丝生长抑制率。

Note: * Inhibition ratio of mycelial growth.

3 结语

国内外科研工作者对具水果防腐作用的植物资源进行了大量的研究,但存在所选的菌种类较少(研究最多的是青霉菌、炭疽病菌,而对疫腐病菌、酸腐病菌,黑腐病菌等的研究相对较少),大多只采用体外培养基抑菌试验进行研究,而损伤接种病菌试验的研究较少以及粗提物成分不明确,有效成分含量不稳定等不足,有待于更加全面深入研究。因此,采用体外培养基抑菌试验与损伤接种病菌试验相结合的方法筛选具抑制水果采后致腐真菌活性成分的植物资源,活性成分的分离和结构鉴定及抑菌机理研究将成为今后植物源防腐保鲜剂研究的重要发展方向。

随着人们生活水平的不断提高,安全,防腐性能优良,环境友好的水果防腐保鲜剂越来越受到重视。对抑制水果采后致腐真菌植物资源及活性成分进行研究,开发环保无公害的植物源防腐保鲜剂,将在果品防腐及资源有效利用方面具有潜在的应用价值。

参考文献

- 1 Pang XQ(庞学群), et al. Biological control of postharvest diseases of fruits and vegetables[J]. *J Trop Subtrop Bot* (热带亚热带植物学报), 2002, 10: 186-192.
- 2 Guan WQ(关文强), et al. Research advances in application of natural plant extracts to postharvest preservation of fruits and vegetables[J]. *T Chin Soci Agric Eng* (农业工程学报), 2006, 22: 200-204.

- 3 Pareek S, *et al.* Postharvest physiology and technology of Annona fruits[J]. *Food Res Int*, 2011, 44: 1741-1751.
- 4 Wen S H (温书恒), *et al.* Research progress on fruit and vegetable storage technology[J]. *China Plant Prot* (中国植保导刊), 2009, 29(11): 18-21.
- 5 Wilson CL, *et al.* Biological control of postharvest diseases of fruits and vegetables: an emerging technology[J]. *Rev Phytopathol*, 1989, 27: 425-441.
- 6 Zhang Y (张艳), *et al.* Study and application of natural Chinese herbal medicine as fruit and vegetable antistaling agent[J]. *China Food Addit* (中国食品添加剂), 2007, 6: 106-109.
- 7 Zhu ZH (朱子华), *et al.* The species of postharvest diseases of fruits[J]. *J Henan Forestry Sci Technol* (河南林业科技), 2004, 24(4): 17-18.
- 8 Zhang WY (张维一), *et al.* Postharvest diseases and control of fruits and vegetable (果蔬采后病害与控制) [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1996.
- 9 Li JQ (李家庆). Manual for fruits and vegetables preservation (果蔬保鲜手册) [M]. Beijing: China Light industry Press, 2003.
- 10 Zhu YY (朱玉燕). Effects of pre-harvest oxalic acid and salicylic acids spraying quality and disease resistance in harvested *Actinidia deliciosa* [D]. Hangzhou: Zhejiang Gongshang University (浙江工商大学), 2015.
- 11 Tian SP (田世平), *et al.* Biological technologies for the control of postharvest diseases of fruits and vegetables[J]. *Chin Bull Bot* (植物学报), 2000, 17: 211-217.
- 12 Ding JH (丁景合). Pharmaceutical botany (药用植物学) [M]. Shanghai: Shanghai Science & Technical Publishers, 1983.
- 13 Wu GX (吴光旭), *et al.* Evaluation for antifungal activity of extracts of 64 species of plants against phytopathogenic fungi in vitro[J]. *J Yangtze Univ Agric Sci Volume; Nat Sci* (长江大学学报: 自科版), 2005, 2(2): 77-82.
- 14 Li YP (李玉平), *et al.* Bio-activities of extracts from 25 species compositae plants against three kinds of pathogens[J]. *J Northwest Sci-Technol Univ Agri Forestry; Nat Sci* (西北农林科技大学学报: 自科版), 2003, 31: 123-126.
- 15 Li HY (李海燕), *et al.* Inhibition of Chinese herb extracts on fruit-vegetable pathogenic fungi[J]. *Northern Horti* (北方园艺), 2009, 9: 30-32.
- 16 He ST (何书婷), *et al.* Inhibitory effects of the extracts of 5 invasive plants against 2 major pathogenic fungi on mango[J]. *J Trop Biol* (热带生物学报), 2017, 8(1): 22-28.
- 17 León M&D, *et al.* Fermented *Flourensia cernua* extracts and their in vitro assay against *Penicillium expansum* and *Fusarium oxysporum* [J]. *Food Technol & Biotechnol*, 2013, 51: 233-239.
- 18 Aoudou Y, *et al.* Mycoflora associated with cocoa (*Theobroma cacao*) pods in cameroon and antifungal effect of plant extracts[J]. *Inter J Env, Agric Biotech*, 2016, 2: 112-117.
- 19 Okigbo RN, *et al.* Effect of three tropical African plants on some fungal rot of stored cocoyam (*Colocasia esculenta* L.) [J]. *Inter J Agric Technol*, 2017, 13: 183-203.
- 20 S. Parveen AHW, *et al.* Antimycotic potential of some phytoextracts on some pathogenic fungi[J]. *J Biopest*, 2017, 10(1): 60-65.
- 21 Yin SW (殷帅文), *et al.* Antifungal activity of twenty common plant extracts against two plant fungi[J]. *Nat Prod Res Dev* (天然产物研究与开发), 2009, 21: 306-311.
- 22 Guo EH (郭恩辉), *et al.* Antimicrobia lactivity screening of acetone extracts from 85 plants[J]. *J Northwest A&F Univ; Nat Sci* (西北农林科技大学学报: 自科版), 2017, 45(12): 77-83.
- 23 Wu ZY (吴振宇), *et al.* Study on inhibitory effects *in vitro* of herbal extracts against postharvest pathogenic fungi from fruits and vegetables [J]. *Food Sci Technol* (食品科技), 2008, 33: 259-262.
- 24 Sun YJ (孙元军), *et al.* Inhibitory effects of Chinese herbal extracts against fungi causing decay on postharvest peach [J]. *J Food Sci Biotechnol* (食品与生物技术学报), 2012, 31: 1074-1079.
- 25 Huang GR (黄桂荣), *et al.* Antifungal activity in methanol extracts of nine plant species from west of Hunan [J]. *J Zhongkai Univ Agric Technol* (仲恺农业工程学院学报), 2005, 18(4): 49-52.
- 26 EONaO JO. Evaluation of plant extracts for antifungal activity against *Sclerotium rolfsii* causing cocoyam cormel rot in storage[J]. *Res J Agric Biol Sci*, 2008, 4: 784-787.
- 27 Ark PA, *et al.* Control of certain diseases of plants with antibiotics from garlic (*Allium sativum* L.) [J]. *Plant Dis Rep*, 1959, 43: 276-282.
- 28 Damayanti M, *et al.* Effect of plant extracts and systemic fungicide on the pineapple fruit-rotting fungus, *Ceratocystis paradoxa* [J]. *Cytobios*, 1996, 86: 155-165.
- 29 Ikeura H, *et al.* Application of selected plant extracts to inhibit growth of *Penicillium expansum* on apple fruits [J]. *Plant Pathol J*, 2011, 10(2): 79-84.
- 30 Daniel C, *et al.* In-vitro effects of garlic extracts on pathogenic fungi *Botrytis cinerea*, *Penicillium expansum* and *Neofabrya alba* [J]. *S Afr J Sci*, 2015, 111: 7-8.
- 31 Ma HL (马惠玲), *et al.* Disinfection effect of the garlic extracts on *Pathogenic bacteria* [J]. *J Northwest Forestry Coll*

- (西北林学院学报),1997,12(4):76-79.
- 32 Zhou H(周浩), *et al.* Application of natural antiseptics in fruit antistaling coating[J]. *Chem Ind Forest Prod*(林产化学与工业),1997,17(4):61-66.
- 33 Yuan ZY(袁仲玉), *et al.* Effects and mechanism of aloe vera extracts on control of *Botrytis* in postharvest apples[J]. *Tran Chin Soc Agric Eng*(农业工程学报),2014,30:255-263.
- 34 Yu DZ(喻大昭), *et al.* The antifungal activity on plant pathogenic fungi of plant extracts[J]. *Hubei Agric Sci*(湖北农业科学),2001,5:49-51
- 35 Liu XR(刘晓蓉), *et al.* Study on antimicrobial activities of extracts from *Pogostemon cablin* (Blanco) Benth [J]. *Food Sci Ind*(食品科技),2009,34:220-224.
- 36 Ni L(倪亮), *et al.* Content of total flavone and its antifungal effect of *elsholtzia splendens*[J]. *Bull Sci Technol*(科技通报),2010,26:546-549.
- 37 Karade VM. ,*et al.* Effect of different solvent leaf extracts of pudina (*Mentha arvensis*) against *Alternaria alternata*(Fr.) Keissler[J]. *J Mah Agric Univ*,2000,25(1):77-78.
- 38 Xu Y(徐燕), *et al.* Study on the method of extracting natural preservative in rosemary and its bacteriostasis [J]. *Amino Acids & Biotic Res* (氨基酸和生物资源),2007,29(2):1-4.
- 39 Hasi GG(哈斯格根), *et al.* Antifungal activity of chinese herbal medicine extracts against two postharvest pathogenic fungi from vegetables[J]. *J Beijing Univ Agric*(北京农学院学报),2009,24(1):20-23.
- 40 Wu ZY(吴振宇), *et al.* Study on inhibitory effects *in vitro* of herbal extracts against postharvest pathogenic fungi from fruits and vegetables[J]. *Food Sci Techn*(食品科技),2008,33:259-262.
- 41 Tang J(唐静), *et al.* Inhibitory effects of *Phellodendron Chinense* Schneid extracts on some phytopathogenic fungi [J]. *Nat Prod Res Dev*(天然产物研究与开发),2008,20:505-507.
- 42 Wang YX(王远遐), *et al.* Mechanism of extracts obtained from *Polygonum cuspidatum* to suppress *Valsa mali*[J]. *Chin J Biol Control*(中国生物防治学报),2015,31:148-156.
- 43 Gao ZY(高兆银), *et al.* Inhibitory activity of chinese herbs extracts against 2 postharvest pathogens of mango[J]. *Chin J Trop Crops*(热带作物学报),2008,29(1):83-88.
- 44 Hu M(胡梅), *et al.* Inhibition of 20 kinds of chinese herbs extracts against a rot-causing fungus in postharvest citrus fruits[J]. *Tianjin Agric Sci*(天津农业科学),2009,15(2):56-58.
- 45 Kong QL(孔秋莲), *et al.* Inhibition on *Aspergillus niger* and *Penicillium expansum* of Chinese herb extracts[J]. *Storage & Process*(保鲜与加工),2002,2(3):17-18.
- 46 Yang SY(杨胜远), *et al.* Study on suppressive effect of herbs against pathogens in mango[J]. *Pharm Biotech*(药物生物技术),2001,8:335-338.
- 47 Li J(李俊), *et al.* Evaluation of crude water extractum from camellia semiserrata chi oil residua to control banana anthracnose caused by *Colletotrichum musae* [J]. *Storage Process*(保鲜与加工),2014,14(4):21-26.
- 48 Wang HH(王海红), *et al.* Isolation and identification of antifungal components from *Juniperus chinensis* cv. Kaizuka with ethyl acetate[J]. *Nat Prod Res Dev*(天然产物研究与开发),2012,24(1):16-19.
- 49 Ai QJ(艾启俊). Research on antifungal of wintergreen extracts in apple store [J]. *Northwest Hortic* (西北园艺),2003,12:9-11.
- 50 Fu CY(傅春燕), *et al.* Determination of the antifungal activities of the extracts from *Fissistigma oldhamii* (Hemsl.) Merr. on several kinds of pathogenic Fungi[J]. *J Anhui Agric Sci*(安徽农业科学),2010,38:2037-2038.
- 51 Li H(李花), *et al.* Antioxidant and antibacterial activities of *Capparis zeylanica* leaf extract[J]. *Nat Prod Res Dev*(天然产物研究与开发),2017,29:1910-1919.
- 52 Mossini SA, *et al.* Inhibition of patulin production by *Penicillium Expansum* cultured with neem (*Azadirachta indica*) leaf extracts[J]. *J Basic Microbiol*,2004,44:106-113.
- 53 Ijato, JY. *et al.* Antifungal effects of four tropical plant aqueous and ethanol extracts on post harvest rot of tomato (*Lycopersicon esculentum*) in Ado-Ekiti, Nigeria[J]. *New York Sci J*,2011,4(1):64-68.
- 54 Singh YP, *et al.* Efficacy of leaf extracts and essential oils of some plant species against *Penicillium expansum* rot of apples [J]. *Annals Plant Prot Sci*,2007,15:135-139.
- 55 Behbahani B A, *et al.* Antifungal effect of the aqueous and ethanolic *Avicennia marina* extracts on *Alternaria citri* and *Penicillium digitatum*[J]. *Zahedan J Res Med Sci*,2016,18:5992.
- 56 Askarne L, *et al.* Use of moroccan medicinal plant extracts as botanical fungicide against citrus blue mould[J]. *Letters Appl Microbiol*,2013,56(1):37-43.
- 57 Thangavelu R, *et al.* Management of anthracnose disease of banana caused by *Colletotrichum musae* using plant extracts [J]. *J Hortic Sci & Biotechnol*,2004,79:664-668.
- 58 Suman Joshi DSD, *et al.* Phytochemical screening and evaluation of antioxidant, antibacterial and antifungal activity of medicinal plant *Alphonsea sclerocarpa* Thaw [J]. *J Pharm Phytochem*,2017,6:1280-1286.