

# 植物提取物对柑橘采后病害抑制及保鲜效果的研究进展

周梦娇, 万春鹏, 陈金印

(江西农业大学 农学院, 江西省果蔬保鲜与无损检测重点实验室, 江西 南昌 330045)

**摘 要:**目前有大量的植物不断被开发,并广泛应用于农作物病害防治及果蔬保鲜中,如藿香、苦参、高良姜等,与传统化学杀菌剂相比,植物提取物具有来源广泛、环保、安全、高效等特点,因而具有广阔的开发价值和市场前景。柑橘是全球第一大水果,国内外在开发植物源柑橘杀菌剂方面做了不少探究。现就目前对柑橘采后病原菌有抑制活性的植物提取物的离体抑制效果、活体贮藏保鲜效果及其抑制机理三方面进行阐述,并对研究中的一些问题及发展方向进行了分析与讨论。

**关键词:**植物提取物;柑橘;离体抑制;贮藏保鲜;抑制机理

**中图分类号:**S 666 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)02-0186-05

我国柑橘资源丰富,栽培面积大,品种繁多,主要用于经济栽培的包括枳属、柑橘属、金柑属,是世界第一大柑橘生产国。柑橘营养丰富,色香味兼优,既可鲜食,又可加工成果汁为主的各种制品,同时也具有一定的药用价值。我国柑橘以鲜销为主,其成熟期基本上在每年的9~12月,上市期相对集中,易造成果实销售难、价格低的困境,因此为减少柑橘产业化的经济损失、延长销售期并实现周年供应,对果实的贮藏保鲜研究就非常重要<sup>[1-2]</sup>。此外,柑橘在采后贮藏运输时期,由于不良环境引起的自身生理性病害(如褐斑病、枯水病、水肿病等)、病理性(青霉病、绿霉病、黑腐病、蒂腐病、炭疽病、酸腐病等)、物理性(机械损伤等)及三者之间的协同因素,容易导致果实腐烂,严重影响商品性状和经济价值,且由真菌引起的病理性因素造成的果实腐烂最为严重<sup>[3-4]</sup>,其中由意大利青霉菌(*Penicillium italicum* Wehmen)和指状青霉菌(*Penicillium digitatum* Saec)引起的柑橘采后青霉病和绿霉病是柑橘采后的两大主要病害,它们共同造成了30%~50%的柑橘腐烂率,其中80%由指状青霉引起<sup>[5]</sup>,而在冷藏环境中意大利青霉则更具有危害性,它能在包装中传播并直接侵入健康的果实<sup>[6-7]</sup>。目前控制柑橘采后病害及贮藏保鲜的方法主要是采用化学杀菌剂(如苯基苯酚、抑霉唑、噻菌灵等)结合物理贮藏技术(如低温、热处理等)处理果实,但由于化学杀菌剂容

易导致病原菌产生抗药性,且果实残留量大,对人体健康及生态环境有巨大的潜在危害性<sup>[8]</sup>。

自20世纪90年代以来,人类“回归自然”的呼声越来越高,国际社会把目光转向了天然药物,天然植物提取物及其制品日益受到关注,1994年继美国发布DSHEA(Dietary Supplement Health and Education Act),美国FDA开始接受将植物提取物作为食品添加剂使用,这标志着国际植物提取物产业开始迅猛发展。种类繁多的植物次生代谢产物是开发植物提取物的基础,地球植物产生的次生代谢产物多达40万种<sup>[9]</sup>,目前国内外对植物活性成分研究主要包括萜类、生物碱类、黄酮类、苷类、皂甙、醌类、有机酸及精油类等。植物源杀菌剂因其高效、低成本、低毒、低残留、不易产生抗性的特点,现已在食品防腐剂、抗氧化剂、粮食果蔬贮藏保鲜剂、生物农药等方向广泛应用<sup>[10]</sup>,具有非常巨大的开发及市场发展空间。在国内章文才<sup>[11]</sup>首先对柑橘进行中草药防腐保鲜试验,用筛选出的高良姜、野菊花、野艾等8%的浸出液浸果,取得了较好的防腐保鲜效果,并开创了柑橘防腐保鲜的新途径。近年来,国内外学者利用中草药提取物对柑橘采后病原菌及贮藏保鲜进行了更多的探索,并取得许多成果。

## 1 单一植物提取物对柑橘采后病原菌的离体抑制及活体贮藏保鲜效果

应用于杀菌剂研究的植物主要来源是天然香辛料和食用中草药<sup>[12]</sup>,其中有抑菌效果中草药达5 000多种<sup>[13]</sup>。大量研究表明不同植物提取物所含的有效抑菌成分不同,其抑菌效果不同;同种中草药对不同病原菌

**第一作者简介:**周梦娇(1990-),女,硕士研究生,研究方向为果蔬采后生理。E-mail:knightcherish@126.com.

**收稿日期:**2013-10-27

的抑菌效果也不尽相同。此外,植物中的活性成分能有效抑制果实表面的微生物活动,降低果实中一些酶活性,诱导相关抗性酶活性,减少生理代谢活动强度,从而起到降低果实腐烂率及失重率,维持果实风味品质,延长贮藏时间及货架期等方面的目的。

### 1.1 单一植物提取物对柑橘采后病原菌的抑制效果

胡梅等<sup>[14]</sup>利用 20 种中草药的乙醇提取物对 1 株柑橘采后致腐真菌意大利青霉进行抑菌试验,结果表明,射干、苦参、厚朴、丁香、木香、连翘、肉桂的乙醇提取物对供试菌丝的生长有一定的抑制作用,提取物浓度为 15 mg/mL 时,丁香、射干、厚朴、肉桂、苦参、木香的乙醇提取物抑菌率均在 50% 以上,其中丁香的乙醇提取物效果最好,抑菌率达到 90%。胡军华等<sup>[15]</sup>研究发现川芎、侧柏、苍耳和五加皮的提取物对意大利青霉菌抑制作用较强,抑菌率均在 97% 以上,五加皮和侧柏的提取物能显著抑制指状青霉活性,抑制率分别为 99.66% 和 98.33%,对柑桔酸腐病菌抑制作用较强的是独活、羌活和川芎的提取物,抑菌率分别为 95.24%、94.38% 和 77.41%。甘瑾等<sup>[16]</sup>在桡柑贮藏期间从中分离出意大利青霉和指状青霉,并采用多种中草药提取物对其进行了抑菌活性试验,指出大黄水提取液、高良姜乙醇提取液、广霍香水提取液、连翘乙醇提取液对意大利青霉有较好抑制作用,它们的最低抑制浓度(MIC)分别为 2.5%、10%、0.63% 和 2.5%,桉叶乙醇提取液、广霍香水提取液和连翘乙醇提取液对指状青霉有一定的抑制作用,MIC 分别为 5.0%、2.5%、5%。刘畅等<sup>[17]</sup>测定了 19 种中草药水提物对意大利青霉、指状青霉和柑橘链格孢的抑菌效果,指出 0.05 g/mL 浓度的鱼腥草、对叶百部、黄连和板蓝根水提液对意大利青霉和指状青霉的生长抑制作用达 95% 以上,其中黄连对意大利青霉、指状青霉、柑橘链格孢的综合抑菌率最高,达到 98.37%,且黄连提取物对这 3 种供试菌的 MIC 分别为 0.20、0.25、0.05 g/mL。Dixit 等<sup>[18]</sup>采用 30 种植物提取液对柑橘青霉菌抑菌活性筛选试验,指出藿香蓟对供试菌生长有很强的抑制效果,在其 0.2% 的浓度时就可以完全抑制菌丝的生长,并且有较广泛的抑菌谱及较好的热稳定性。Chebli 等<sup>[19]</sup>发现菊花等 25 种药用植物中提取的精油,在其浓度为 150 mg/L 时均可以有效抑制柑橘酸腐菌、青霉菌、褐腐菌的生长。Tayel 等<sup>[20]</sup>将石榴皮甲醇提取物应用于柠檬、甜橙、葡萄柚的青霉菌防治上,其抑菌圈大小分别达(22.4±0.6)、(24.1±0.4)、(23.5±0.5) mm。

### 1.2 单一植物提取物对柑橘活体贮藏保鲜的效果

张阿珊等<sup>[21]</sup>、Zeng 等<sup>[22]</sup>采用丁香提取液对纽荷尔脐橙浸果处理研究表明,处理过的果实腐烂率、失重率及丙二醛(MDA)的积累显著低于对照处理,可滴定酸(TA)含量、可溶性固形物(TSS)含量、维生素 C 含量均

高于对照组,并延缓了果实超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶(POD)活性高峰出现时间,促进了多酚氧化酶(PPO)、苯丙氨酸解氨酶(PAL)活性升高,从而有效地降低了果实的代谢活动,保持了果实品质。师邱毅等<sup>[23]</sup>通过对苦参总碱对脐橙保鲜作用的研究得出,0.05% 及以上浓度的苦参碱对脐橙贮藏品质有很好的效果,果实贮藏 5 个月后腐烂率仅为 11%,与对照相比腐烂率降低了 3 倍,且总酸及维生素 C 含量分别比对照高出 17.56%、18.02%,很好的保持了果实品质。张倍宁等<sup>[24]</sup>通过研究姜黄素对脐橙保鲜效果指出,0.05% 及以上质量浓度的姜黄素保鲜液,在果实贮藏 180 d 后,能显著降低果实腐烂率及失重率,并有效地保持果实 TSS 含量、TA 含量、维生素 C 含量及总糖含量,有较好的贮藏保鲜效果。经生姜、薄荷、罗勒精油处理过的柑橘、柠檬果实,贮藏期可延长 4~8 d<sup>[25]</sup>。经肉桂精油处理能有效地抑制紫金春甜桔的呼吸强度,减少失重及腐烂率、抑制酸、糖及维生素 C 含量的下降和丙二醛含量的积累,延长果实的贮藏期<sup>[26]</sup>。

## 2 复配植物提取物对柑橘采后病原菌的离体抑制及活体贮藏保鲜效果

单一的植物提取物抑菌效果固定,抑菌范围较窄,且在实际应用中效果一般,因而植物提取物之间复配,或者结合其它杀菌剂如动物源防腐剂(壳聚糖等)、微生物源防腐剂(纳他霉素等)、化学药剂(化学杀菌剂咪鲜胺等、无机盐如CaCl<sub>2</sub>等)、食品添加剂(山梨酸及其盐类等),并进行复配增效及防腐协同试验,以期扩大抑菌谱,在减少每种复配组合成分的浓度的前提下获得相当的甚至更好的抑菌效果<sup>[27-28]</sup>。此外,将植物提取复配液直接对果实浸泡或与多糖、淀粉、蛋白质等复配制成可食性涂膜,并结合其它贮藏保鲜技术,将更有利于果实品质及风味的维持,这必将成为采后病害防治及贮藏保鲜技术的又一研究热点。

### 2.1 复配植物提取物对柑橘采后病原菌的离体抑制效果

2.1.1 植物提取物之间的复配 丁香、紫丹参、厚朴、苦参、迷迭香 5 种醇提取液抗真菌效果较好,并将其进行三三复配,发现丁香、紫丹参、迷迭香和紫丹参、厚朴、苦参和厚朴、苦参、迷迭香这 3 种复配液对橘青霉的抑菌效果有不同程度的提高,抑菌圈分别达到 13.1、13.3、12.2 mm<sup>[29]</sup>。毛琼等<sup>[30]</sup>将鱼腥草、百部、甘草、连翘浸提液按一定比例混合后,对桔青霉抑制效果增效明显,抑菌圈直径达 20 mm,均优于各浸提液单独的抑菌效果。

2.1.2 植物提取物与其它杀菌剂之间的复配 从柑橘果实表面分离出的解淀粉芽孢杆菌结合 50 μg/mL 茶皂素后,能显著增强对柑橘青霉、绿霉、酸腐病的抑制作

用,且抑菌率均高达 90%以上<sup>[31]</sup>。刘霞<sup>[32]</sup>将 400  $\mu\text{L/L}$  的百里香提取液与 0.25%的  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  混合使用,可完全抑制柑橘酸腐菌的生长,且抑制效果显著优于混合组分单独使用的效果。茶叶皂苷与咪酰胺、抑霉唑均以 8:2 的配比结合使用,能有效地抑制柑橘意大利青霉、指状青霉和白地霉的孢子萌发和菌丝生长,且均优于杀菌剂的单独使用的抑菌效果<sup>[33]</sup>。

## 2.2 复配植物提取物对柑橘活体贮藏保鲜效果

2.2.1 植物提取物复配液浸泡处理 高良姜、大黄、丁香、桂皮、大蒜的提取液对无核砂糖橘浸果,减少了砂糖橘的腐烂率及失重率,处理的果实贮藏 40 d 时,失重率仅为 1.9%,好果率达 98%,延缓了果肉 TSS 含量、TA 含量及维生素 C 含量的下降速度,提高了贮藏前期果皮 POD 活性和过氧化氢酶(CAT)活性,增强了贮藏后期 SOD 活性,有效地延缓了果皮的衰老和病变,维持了果实风味及品质<sup>[34]</sup>。丁香和大黄提取液按 1:1 复配后处理蜜橘,低温贮藏 100 d 后,能有效降低果实贮藏期间的腐烂率,仅为 4.87%,显著高于对照处理<sup>[35]</sup>。茶皂素与噻菌灵混剂能有效抑制沙糖橘采后青绿霉病的发生,发病率仅为 1.53%,显著低于对照的 86.59%,并能较好地保持果实品质,延缓果肉可溶性固形物含量、可滴定酸含量及抗坏血酸含量的下降<sup>[36]</sup>。

2.2.2 植物提取物涂膜复配处理 果蔬复合涂膜能够减少果蔬水分的散失,调节果蔬内部气体交换、抑制呼吸,降低微生物侵染病害,减少腐烂,保持果蔬的色泽、营养成分、风味等<sup>[37-39]</sup>。任艳芳等<sup>[40]</sup>利用 1%淀粉、1%壳聚糖、1%甘油、3%聚乙烯醇、0.02%单甘酯、2%艾叶提取液、0.5%高良姜提取液和 1.5%白藜皮提取液制成复合涂膜剂对椪柑贮藏保鲜效果及衰老生理影响的研究结果表明,中药复合膜可降低果实腐烂率及病情指数,减少维生素 C、TA 的损失,同时还能有效提高 CAT 的活性,降低 POD 活性、PPO 的活性及 MDA 的积累,且与化学保鲜剂处理的效果无显著差异。Plooy 等<sup>[41]</sup>用薄荷和江藤精油混合柠檬烯、香芹酮制成复合涂膜剂运用于“Tomango”甜橙贮藏试验,结果表明处理组有效控制了采后病害,同时通过对果实各项品质指标测定,也显示果实保鲜效果较好,而且果实失重率相对于对照也大大降低了。

2.2.3 植物提取物结合物理贮藏技术处理 石小琼等<sup>[42]</sup>用以高良姜、藿香为主以及其它 2 种中草药以一定的配比制成的复配液,结合 20 min 真空脱气处理对金柑的保鲜效果进行研究,结果表明金柑好果率达 93%,比对照处理高出 19.9%,并且维生素 C 含量、TSS 含量、总糖含量、有机酸含量分别提高了 7.7%、7.7%、7.6%、7.7%,很好的保持了果实贮藏品质,延长了果实的供应期。此外,植物提取物复合保鲜包装材料,能够有效地

减少果实水分散失,维持适宜的贮藏保鲜条件,延缓果实腐烂。周浩等<sup>[43]</sup>在塑料膜、蜡、包装纸中添加柠檬醛、香叶醇后对柑橘进行包装处理,有效地延长了果实贮藏期,保持了果实品质。

## 3 植物提取物对柑橘采后病原菌抑菌机理

不同类型的杀菌剂对不同病原菌具有不同的作用机制<sup>[44]</sup>,一些研究指出,植物抑菌活性成分主要是通过影响病原菌的物质代谢、能量代谢和信息代谢来起到杀菌作用或抑菌作用<sup>[45]</sup>。如牛至、龙舌兰提取物,香芹酚、百里香酚精油均能有效抑制意大利青霉菌的孢子萌发及菌丝生长<sup>[46-47]</sup>。Gatto 等<sup>[48]</sup>研究指出,地榆提取物能较好地抑制意大利青霉及指状青霉的孢子萌发及菌丝生长发育,并观察到处理菌丝生长畸形、菌体细胞膜破裂及其内含物外渗的现象。菌丝体细胞膜、细胞壁是植物活性物质的重要作用靶位,经藁本提取物处理的柑橘炭疽菌菌丝表面粗糙,菌丝扭曲畸变,部分菌丝细胞膜受损,内含物外渗,菌丝体出现空泡的现象<sup>[49]</sup>。丁香处理后的意大利青霉菌丝分支严重,扭曲,菌丝末端膨大、细胞壁破裂,严重影响了菌丝的生长发育<sup>[50]</sup>。

## 4 讨论与展望

随着人们绿色消费和环保生态意识的加强,开发安全、环保、高效的植物源杀菌剂具有非常重要意义,同时植物源杀菌剂替代化学杀菌剂在果蔬保鲜、病害防治的实践应用也具有非常大的潜能。迄今为止国内外大量研究表明有许多的植物提取物已经应用到各种果蔬采后及农作物病原菌的防治中,相比之下,应用到柑橘采后病原菌的防治及贮藏保鲜的植物提取物依然只是很小的一部分,亟需建立快速、准确、简便、系统的筛选抑菌植物活性测定的方法体系,扩大植物筛选的范围。植物中活性成分种类、含量受自身遗传因素、外界环境条件(如土壤、温度、光照、土壤 pH 值)的影响,有季节性、地域性等变化,因而需要进一步加强抑菌植物调研,并深入对植物活性物质提取工艺技术的研究,提高植物活性成分的提取纯度及提取率。此外,不同的植物提取物抑菌活性成分及抑菌特性不同,同一种植物提取物活性成分大多为一类或几类相近的次生代谢产物,抑菌谱也较窄,抑菌效果也一般,因而将不同植物提取物进行复配或与其它杀菌剂进行结合使用,能有效提高其抑菌活性、扩大抑菌谱,同时植物病原菌也不易产生抗药性,这对于柑橘植物源杀菌剂的开发及产业化发展均有重大的意义。

对于杀菌剂而言,有的在离体条件下没有活性,但在活体植物上则表现出极强的抑菌活性<sup>[51]</sup>,因而需要结合离体和活体筛选,以尽可能地避免筛选过程中漏筛的现象。另外,有些植物活性成分对光和热等不稳定,植



物提取物使用量对果实的香气、风味也有一定的影响,因而需要进一步研究植物提取物实际应用技术、条件及确定其最佳使用浓度,并系统地对柑橘采后保鲜活性进行研究,这对于减少柑橘腐烂以及果实风味维持等问题有非常重大的实际意义。

目前对柑橘病原菌抑菌机理研究较少,且研究多在对病原菌孢子萌发及菌丝生长代谢阶段,而植物提取物抑菌机理研究还包括对菌丝体呼吸代谢,抑制电子传递及氧化磷酸化等能量代谢以及蛋白质及核酸等大分子类物质损伤的信息表达等方面,如张彬等<sup>[52]</sup>用柠檬烯和八角茴香精油对大肠杆菌抑菌机理研究发现,大肠杆菌菌液中的蛋白质及还原糖含量较不加抑菌成分作用的菌液高,且含量随抑菌成分的浓度增加而显著增加,抑菌成分作用 5 min 时,菌液电导率显著上升且与抑菌成分的浓度呈正比。仪淑敏等<sup>[53]</sup>指出茶多酚可以降低假单胞菌体内的碱性磷酸酶(AKP)和三磷酸腺苷酶(ATP)的活性,另外采用双向电泳技术研究发现具有统计学意义又具有量分析意义的差异蛋白点有 49 个,这说明茶多酚可得菌体代谢紊乱,并破坏细胞结构,从而起到抑菌的作用,宋风平<sup>[54]</sup>研究指出,芒果苷对马铃薯晚疫病菌呼吸代谢的糖酵解途径(EMP)、三羧酸循环(TCA)、磷酸戊糖途径(HMP)均有不同程度的抑制作用。鹿蹄草素能诱导桃果实 PPO、POD 和 PAL 活性的升高,且接种鹿蹄草素和褐腐病菌的果实 PPO、POD 和 PAL 活性一直处于较高的水平,从而使果实产生一定的抗病性,提高其自然抵御能力<sup>[55]</sup>。

目前对植物源杀菌剂的研究多采用植物粗提物,其有效抑菌活性成分尚不明确,若能将其中的活性物质的分离纯化,在此基础上对其活性成分结合现代分子生物学、遗传学等各学科进行抑菌机理的深入研究,并对其进行安全毒理学评价,再对其构效关系、化学仿生合成等进行深入研究,对柑橘及其它作物植物源杀菌剂的研发、产业化及病害防治的实践应用具有重要的价值。

### 参考文献

- [1] 廖伟. 柑橘采后储藏保鲜技术研究进展[J]. 中国市场, 2011, 18(49): 28-29, 37.
- [2] 郭琳琳, 刘庆, 伊华林. 2 种保鲜方法对脐橙果实风味和色泽变化的影响[J]. 果树学报, 2007, 24(6): 792-795.
- [3] 余健. 柑橘贮藏病害及其防腐保鲜[J]. 云南农业科技, 2007, 36(6): 50-52.
- [4] 朱子华, 盛恒彬, 梅象信, 等. 果实采后病害种类[J]. 河南林业科技, 2004, 24(12): 17-18.
- [5] 龙超安, 邓伯勋, 何秀娟. 柑橘青、绿霉病高效拮抗菌 34-9 的筛选及其特性研究[J]. 中国农业科学, 2005, 38(12): 2434-2439.
- [6] Askarne L, Talibi I, Boubaker H, et al. Effects of organic acids and salts on the development of *Penicillium italicum*, the causal agent of citrus blue mold[J]. Plant Pathology J, 2011, 10(3): 99-107.
- [7] Askarne L, Talibi I, Boubaker H, et al. *In vitro* and *in vivo* antifungal activity of several Moroccan plants against *Penicillium italicum*, the causal agent of citrus blue mold[J]. Crop Prot 2012, 32(40): 53-58.
- [8] Sayago J E, Ordoñez R M, Kovacevich L N, et al. Antifungal activity of extracts of extremophile plants from the Argentine Puna to control citrus postharvest pathogens and green mold[J]. Postharvest Biol Tec, 2012, 22(67): 19-24.
- [9] Swain T. Secondary Compound as Protective Agents[J]. Annu Rev Plant Physiol, 1977, 56(28): 479-501.
- [10] 薛山. 天然植物产物在果蔬贮藏保鲜中的应用现状及展望[J]. 北方园艺, 2011(23): 175-178.
- [11] 章文才. 现代果品防腐保鲜, 贮藏, 运销, 加工研究的进展[J]. 果树学报, 1985, 2(1): 1-13.
- [12] 马丽娜, 胡军华, 雷慧德. 草本植物提取物在果蔬贮藏中的研究进展[J]. 农药, 2008, 48(4): 239-241.
- [13] 张艳, 阚健全. 中草药提取物在果蔬保鲜中的研究进展[J]. 中国食品添加剂, 2007, 28(6): 106-109.
- [14] 胡梅, 陈根强, 杜根平. 20 种中草药提取物对一株柑橘采后致病真菌的抑制作用[J]. 天津农业科学, 2009, 15(2): 56-58.
- [15] 胡军华, 马丽娜, 贺磊. 47 种植物提取物对 3 种柑桔常见贮藏病害病原菌活性抑制作用研究[J]. 中国南方果树, 2010, 39(3): 1-4.
- [16] 甘瑾, 马李一, 石磊, 等. 桉树贮藏病原菌分离及天然物对其抑制作用[J]. 云南大学学报, 2006, 21(2): 775-779.
- [17] 刘畅, 任艳芳, 何俊瑜, 等. 中草药提取物对 3 种柑橘病原菌的抑制作用[J]. 西南农业学报, 2011, 24(1): 132-136.
- [18] Dixit S N, Chandra H, Tiwari R, et al. Development of a botanical fungicide against blue mould of mandarins[J]. J Stored Prod Res, 1995, 31(2): 165-172.
- [19] Chebli B, Achouri M, Idriiss H M, et al. Antifungal activity of essential oils from several medicinal plants against four postharvest citrus pathogens[J]. Phytopathol Mediterr, 2003, 42(3): 251-256.
- [20] Tayel A A, Elbaz A F, Salem M F, et al. Potential applications of pomegranate peel extract for the control of citrus green mould[J]. J Plant Dis Protect, 2009, 116(6): 252-256.
- [21] 张阿珊, 曾荣, 陈金印, 等. 丁香提取物对脐橙采后生理相关酶活性的影响[J]. 江西农业大学学报, 2011, 33(6): 1067-1071.
- [22] Zeng R, Zhang A, Chen J Y, et al. Postharvest quality and physiological responses of clove bud extract dip on 'Newhall' navel orange[J]. Scientia Horticulture, 2012, 138: 253-258.
- [23] 师邱毅, 倪捷儿, 徐茂华. 苦参总碱对脐橙保鲜作用的研究[J]. 中国食品学报, 2006, 6(1): 93-95.
- [24] 张倍宁, 王迎, 刘建南, 等. 姜黄素对脐橙保鲜作用的研究[J]. 食品工程, 2012, 37(18): 143-145.
- [25] Tripathi P, Dubey N K, Banerji R, et al. Evaluation of some essential oils as botanical fungitoxicants in management of post-harvest rotting of citrus fruits[J]. World J Microb Biot, 2004, 20(3): 317-321.
- [26] 曾晓房, 高苏娟, 林衍宗, 等. 肉桂精油对紫金春甜桔贮藏保鲜的影响[J]. 现代食品科技, 2012, 28(10): 1281-1284, 1322.
- [27] 刘娅玲, 郑艳. 中草药型果蔬防腐保鲜剂研究进展[J]. 食品工业科技, 2012, 33(7): 449-452.
- [28] 任艳芳, 刘畅, 何俊瑜, 等. 药用植物提取物在果蔬防腐保鲜上的应用[J]. 食品研究与开发, 2012, 33(1): 182-185.
- [29] 袁贵英, 姬长新, 焦镞, 等. 十五味中草药醇提液的抗真菌活性研究[J]. 北方园艺, 2011(7): 156-159.
- [30] 毛琼, 宋晓岗. 中草药及其配伍的水浸出物的抑菌作用[J]. 广州工业大学学报, 1998, 15(4): 56-59.

- [31] Hao W N, Li H, Hu M Y, et al. Integrated control of citrus green and blue mold and sour rot by *Bacillus amyloliquefaciens* combination with tea saponin[J]. Postharvest Biol Tec, 2011, 21(59):316-323.
- [32] 刘霞. 柑橘果实采后酸腐病侵染规律及防治技术的研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2009.
- [33] Hao W N, Zhong G H, Hu M Y, et al. Control of citrus postharvest green and blue mold and sour rot by tea saponin combined with imazalil and prochloraz[J]. Postharvest Biol Tec, 2010, 20(56):39-43.
- [34] 刘顺枝, 马斌, 陈安安, 等. 中草药提取液对砂糖橘保鲜效果的研究[J]. 食品科学, 2008, 29(7):462-465.
- [35] 解茂蕾. 水果天然保鲜剂的提取工艺及其保鲜效果的研究[D]. 保定: 河北农业大学, 2010.
- [36] 郝卫宁, 李辉, 杨柳, 等. 茶皂素和噻菌灵混配对砂糖橘采后青绿霉菌的防治效果及品质的影响[J]. 果树学报, 2011, 28(2):348-352.
- [37] 郭守军, 叶文斌, 杨永利, 等. 蜈蚣藻多糖与卡拉胶复合涂膜保鲜剂对杨梅常温贮藏的影响[J]. 食品科学, 2010, 31(18):394-400.
- [38] Bai J H, Aalloyne V, Hagenmaier R D, et al. Formulation of zein coatings for apples[J]. Postharvest Biol Tec, 2003, 13(28):259-268.
- [39] Youssef K, Ligorio A, Nigro F, et al. Activity of salts incorporated in wax in controlling postharvest diseases of citrus fruit[J]. Postharvest Biol Tec, 2012, 22(65):39-43.
- [40] 任艳芳, 王思梦, 何俊瑜, 等. 中草药淀粉壳聚糖复合膜对椪柑的保鲜效果[J]. 农业工程学报, 2012, 28(1):300-304.
- [41] Plooy W D, Regnier T, Combrinck S. Essential oil amended coatings as alternatives to synthetic fungicides in citrus postharvest management[J]. Postharvest Biol Tec, 2009, 19(53):117-122.
- [42] 石小琼, 王在明. 中草药熬制液配合真空脱气处理对金柑贮藏保鲜效果的研究[J]. 中国柑橘, 1995, 24(3):7-9.
- [43] 周浩, 肖启贵, 杨鸾, 等. 添加天然防腐剂的涂料在水果保鲜贮藏中的应用[J]. 天然产物研究与开发, 1999, 11(3):47-52.
- [44] 杨义钧, 董慧, 徐兴. 植物源杀菌剂的研究现状与展望[J]. 河北农业科学, 2008, 12(1):53-57.
- [45] 杨谦. 植物病原菌抗性分子生物学[M]. 北京: 科学出版社, 2003: 47-60.
- [46] Rodríguez D J, García R R, Castillo F D H, et al. *In vitro* antifungal activity of extracts of Mexican Chihuahuan Desert plants against postharvest fruit fungi[J]. Ind Crop Prod, 2011, 21(34):960-966.
- [47] Pérez-alfonso C O, Martínez-romero D, Zapata P J, et al. The effects of essential oils carvacrol and thymol on growth of *Penicillium digitatum* and *P. italicum* involved in lemon decay[J]. Int J Food Microbiol, 2012, 146(158):101-106.
- [48] Gatto M A, Ippolito A, Linsalata V, et al. Activity of extracts from wild edible herbs against postharvest fungal diseases of fruit and vegetables[J]. Postharvest Biol Tec, 2011, 21(61):72-82.
- [49] 贺磊, 胡军华, 姚延山, 等. 藁本提取物对 2 种柑桔贮藏病害病原菌的抑制作用研究[J]. 中国南方果树, 2010, 39(1):6-10.
- [50] Yahyazadeh M, Omidbaigi R, Zare R, et al. Effect of some essential oils on mycelial growth of *Penicillium digitatum* Sacc[J]. World J Microb Biot, 2008, 24(12):1445-1450.
- [51] 林孔勋. 杀菌剂毒理学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995:68-74.
- [52] 张彬, 郭媛, 江娟, 等. 八角茴香精油及其主要单体成分抑菌机理的研究[J]. 中国调味品, 2011, 36(2):27-33.
- [53] 仪淑敏, 王崑, 励建荣, 等. 茶多酚对假单胞菌抑菌机理研究[J]. 渤海大学学报, 2011, 32(4):376-381.
- [54] 宋风平. 知母提取物对马铃薯晚疫病防治作用机制及抑菌活性成分研究[D]. 保定: 河北农业大学, 2009.
- [55] 吴振宇, 王燕, 艾启俊. 鹿蹄草素对桃褐腐病菌的抑制作用及其抑菌机理[J]. 中国农业科学, 2009, 42(8):784-792.

## Research Progress on Inhibition of Citrus Postharvest Diseases and Preservation Effects of Plant Extraction

ZHOU Meng-jiao, WAN Chun-peng, CHEN Jin-yin

(Jiangxi Key Laboratory for Postharvest Technology and Non-destructive Testing of Fruits and Vegetables, College of Agronomy, Jiangxi Agricultural University, Nanchang, Jiangxi 330045)

**Abstract:** Nowadays plenty of plant had been explored and widely used in crop disease control and fruits and vegetable fresh-keeping, such as *Agastache rugosa*, *Sophora flavescens*, *Alpinia officinarum*. Compared with traditional chemical fungicide, plant extracts had more expansive development value and market prosper with the characteristics of extensive-origin, environmental, safe and effective, etc. Citrus is the largest yield fruit in the world, and many research have been done to develop botanical fungicide. Some plant extracts which had inhibition effects on citrus postharvest pathogens were summarized from three aspects which were *in vitro* inhibition, *in vivo* preservation effects and inhibition mechanism, along with some problems in the research and the development were analyzed and discussed.

**Key words:** plant extracts; citrus; *in vitro* inhibition; preservation; inhibition mechanism