

中草药提取液对桃果实采后致腐真菌抑制效应

孙元军, 李文香*, 岳本芳, 王士奎, 孙树杰

(青岛农业大学 食品科学与工程学院, 山东 青岛 266109)

摘要: 为探讨甘草、高良姜、黄柏、北豆根、艾叶、连翘等 6 种中草药提取液对桃果实采后致腐真菌毛霉和青霉的抑制效果, 采用生长速率法与活体果实接种孢子悬液法, 对不同中草药提取液的抑菌效果进行对比, 筛选出抑菌效果良好的中草药种类, 并进一步通过体积浓度梯度稀释法, 对其最小抑菌浓度(MIC)和最小杀菌浓度(MBC)进行了探讨。结果表明: 不同中草药提取液对桃果实采后致腐真菌毛霉和青霉均有不同程度的抑制作用, 其中甘草和连翘提取液的抑菌效果较强, 黄柏和高良姜提取液的抑菌效果一般, 艾叶和北豆根提取液的抑菌效果较弱。甘草和连翘提取液对毛霉的 MIC 均为培养液体积分数的 25%、MBC 均为培养液体积分数的 50%; 甘草和连翘提取液对青霉的 MIC 均为培养液体积分数的 12.5%、MBC 均为占培养液体积分数的 25%。

关键词: 中草药; 桃; 毛霉; 青霉; 抑制作用

中图分类号: S 662.1

文献标志码: A

文章编号: 1673—1689(2012)10—1074—06

Inhibitory Effects of Chinese Herbal Extracts Against Fungi Causing Decay on Postharvest Peach

SUN Yuan-jun, LI Wen-xiang*, YUE Ben-fang, WANG Shi-kui, SUN Shu-jie

(School of Food Science and Engineering, Qingdao Agricultural University, Qingdao 266109, China)

Abstract: The inhibition effects of 6 kinds of chinese herbal extracts against fungi (Mucor and Penicillium) causing decay on postharvest peach were studied in this paper. The 6 kinds of chinese herbal were glycyrrhiza, alpinia officinarum, phellodendron, asiatic moonseed, leaf of moxa and forsythia. The antibacterial effects of different chinese herbal extracts were comparatived by growth rate method and inoculation of spore suspension on peaches. The species of chinese herbal which had good inhibitory effects were selected. And the minimal inhibition concentration (MIC) and minimal bactericidal concentration (MBC) of chinese herbal which had good inhibitory effects were investigated by dilute with grads. The results showed that: different chinese herbal extracts had different inhibitory effects against fungi causing decay on postharvest peach. Glycyrrhiza and forsythia were the better kinds which against the Mucor and Penicillium in these 6 kinds of chinese herbal. Alpinia officinarum and phellodendron were the kinds with general inhibition. Leaf of moxa

收稿日期: 2011-09-20

基金项目: 山东省自然科学基金联合专项项目(ZR2011CL009)。

* 通信作者: 李文香(1963—), 女, 山东安丘人, 工学博士, 教授, 硕士研究生导师, 主要从事农产品贮藏加工方面的研究。

E-mail: xiang7332@126.com

and asiatic moonseed were the weak inhibition kinds. The MIC of glycyrrhiza and forsythia extracts on *Mucor* all were that amounts of extracts in medium (v/v) were 25%, the MBC of glycyrrhiza and forsythia extracts on *Mucor* were 50%. And on *Penicillium*, the MIC of glycyrrhiza and forsythia extracts all were that amounts of extracts in medium (v/v) were 12.5%, the MBC of lycyrrhiza and forsythia extracts on *Penicillium* were 25%.

Keywords: chinese herbal, peach, *Mucor*, *Penicillium*, inhibition

新鲜果蔬采后腐烂是一个全球性的问题。据报道,2010年发达国家有5%~6%的新鲜果蔬损失于采后腐烂。而在发展中国家,腐烂率高达20%~30%^[1]。桃果肉营养丰富,含有多种糖、酸、蛋白质、粗纤维、矿物质以及胡萝卜素、VC、尼克酸等人体必需的物质,其中尼克酸的含量仅次于红枣与柑橘,在水果王国中居第三位^[2]。桃是我国北方的重要水果之一,我国产桃量占世界桃总产量的48.65%,位居世界第一^[3]。桃肉质软,果皮薄,保护性差,极易受到机械损伤。再加上其成熟期正值高温高湿季节,果实极易受到微生物侵染,发生腐败变质现象^[4-5]。因此探究抑制桃果实采后染菌腐烂的方法,对桃果实的贮藏保鲜、货架期的延长尤为重要。

目前我国普遍采用化学防腐保鲜剂处理桃果实,在一定程度上能够杀死病原微生物,延长贮藏期。如扑海因、特克多、仲丁胺、二氧化硫等。但这些化学合成的物质入口的残留量较大,长期摄入过多后易引起“三致”——致癌、致畸、致突变,其安全性受到人们质疑。因此需要有一种绿色、高效的保鲜剂来取代。我国幅员辽阔,中草药资源丰富。据统计,在我国具有抑菌成分的中草药约有5000余种^[6]。近年来很多研究证实了中草药的杀菌成分对果蔬贮藏保鲜的效果^[7-9]。吴振宇等^[10]研究了黄连等4种中草药提取物对桃褐腐病的抑制作用,得出黄柏和黄连以1:7复配增效作用最显著。于庆华^[11]、宿献贵^[12]、钟红梅^[13]分别研究了不同中草药对油桃保鲜效果的影响,均取得了较好的成果。中草药是天然植物,其安全性较高,且不污染环境、残留少、选择性强、不杀伤天敌、病原菌难以产生抗药性。所以开发植物源保鲜剂对于农产品的可持续发展,具有及其重要的现实意义^[14]。

1 材料与方法

1.1 材料

桃果实:购于青岛城阳果蔬批发市场,品种为

“早香玉”。选取新鲜、色泽鲜亮、八成熟、大小均匀、无病虫害和机械损伤的样品;中草药:甘草、高良姜、黄柏、北豆根、艾叶、连翘。购自青岛市城阳区同仁堂药店;菌种:毛霉(*Mucor*)、青霉(*Penicillium*),由腐烂的桃果实上分离获得。

1.2 方法

1.2.1 中草药提取液制备 将6种中草药各200 g,分别用蒸馏水浸泡过夜后,加热煮沸,煎熬30 min,过滤,将滤渣再次加蒸馏水煮沸10 min,重复3次,合并所有滤液定容至1 000 ml,备用。

1.2.2 培养基的制备

1)普通PDA培养基:见文献^[15]。

2)带药PDA培养基:按照中草药提取液用量占培养液体积分数50%、25%、12.5%、6.25%、3.125%制得不同体积分数梯度的带药培养基。

1.2.3 孢子悬液和菌饼柱的制备 用无菌移液管分别取10 mL无菌生理盐水于青霉、毛霉斜面培养基上,振荡10 min,使孢子分散均匀后,转移至另一无菌试管中,梯度稀释至 $10^5 \sim 10^6$ 个/mL,即为待用菌悬液^[15]。孢子悬液的计数采用血球计数板法^[16]。选择长势良好的平板培养基青霉和曲霉,用灭菌的打孔器取直径为6 mm的菌饼柱,备用。

1.2.4 抑制桃果实采后致腐真菌生长效果较好的中草药的筛选

1)中草药提取液对桃果实采后致腐真菌的离体菌实验:参照李美霞^[17]的生长速率法测定中草药提取液对病原菌生长的抑制率。分别制备好中草药提取液用量占培养液体积分数25%的6种带药培养基,121℃灭菌20 min后,将其倒入直径90 mm的培养皿中,冷却后在培养基中央分别接种毛霉和青霉菌饼柱。以蒸馏水作为对照。置于28℃恒温培养箱中,毛霉培养1 d,青霉培养4 d。用十字交叉法测定菌落直径大小,计算抑菌率,重复3次。

抑菌率/%=

$$\frac{(\text{对照菌落直径}-\text{菌饼直径})-(\text{处理菌饼直径}-\text{菌饼直径})}{\text{对照菌饼直径}-\text{菌饼直径}}$$

2) 中草药提取液对桃果实采后致病真菌的活体抑菌实验:用活体果实接种孢子悬液法。供试桃果实用 2% 氯酸钠溶液浸泡消毒 2 min 后,无菌蒸馏水冲洗浸泡 5 min,晾干。用打孔器在果实上打一个 6 mm(直径)×4 mm(深)的伤口,将伤口表面晾干,分别接种上不同中草药提取液 20 μL,稍干后(约 2 h),接种病菌孢子悬浮液 15 μL。伤口晾干后将果实用灭过菌的包果纸包好,放于塑料包装盒(规格:4 个,1 765 mm×1 302 mm)中,盖上盖,存放于室温(28±2)℃下。接种毛霉孢子悬液的桃果实培养 2 d,接种青霉孢子悬液的桃果实培养 7 d,用十字交叉法测病斑直径,计算抑菌率。重复 3 次,以蒸馏水作为对照。所得数据用 DAS 数据统计分析系统进行处理。

抑菌率/%=

$$\frac{(\text{对照病斑直径}-\text{孔直径})-(\text{处理病斑直径}-\text{孔直径})}{\text{对照病斑直径}-\text{孔直径}}$$

通过对桃果实采后两种主要致病真菌毛霉和青霉的离体和活体抑菌实验,从甘草、高良姜、黄柏、北豆根、艾叶、连翘这六种中草药中筛选出两种抑菌效果较好的中草药,进而测其对毛霉和青霉生长抑制的最小抑菌浓度和最小杀菌浓度。

1.2.5 中草药最小抑菌浓度(MIC)和最小杀菌浓度(MBC)的测定方法

1) MIC 的测定:参考吴振宇^[18]的体积浓度梯度稀释法。将制备好的各种不同体积分数(50%、25%、12.5%、6.25%、3.125%)的带药培养基灭菌后倒入直径 90 mm 的培养皿中。接种 10⁵~10⁶ 个/mL 孢子悬液 100 μL,涂布均匀,置于 28℃ 恒温培养箱中,2 d 后取出观察菌的生长情况。

参照美国国家临床实验室标准化委员会(NCCLS)批准推荐的真菌药物体外敏感实验方案^[19],以完全无菌体生长的最低中草药提取液浓度为 MIC,重复 3 次。

2) MBC 的测定:在 MIC 测定的基础上,继续培养 7 d,以完全无菌生长的最低中草药提取液浓度为 MBC^[20],重复 3 次。

2 结果与分析

2.1 不同中草药提取液对桃果实采后致病真菌生长抑制的效果

2.1.1 离体抑菌作用效果 在 28℃ 恒温培养条件下,毛霉培养 1 d、青霉培养 4 d,各组培养皿上毛霉及青霉菌落都已经形成明显的菌圈,以接种的菌饼柱为中心向四周扩大。由图 1 可知,不同的中草药提取液对毛霉和青霉的生长均有不同程度的抑制作用。其中,甘草、连翘、高良姜对毛霉的抑菌率较高,分别达到 77.83%、62.75%和 61.06%,黄柏、艾叶对毛霉生长的抑制作用一般,北豆根对毛霉生长的抑制作用最低;黄柏、连翘、甘草对青霉的抑菌率较高,分别达到 65.84%、59.38%和 58.36%,艾叶、北豆根、高良姜对青霉的抑制作用相对较低。

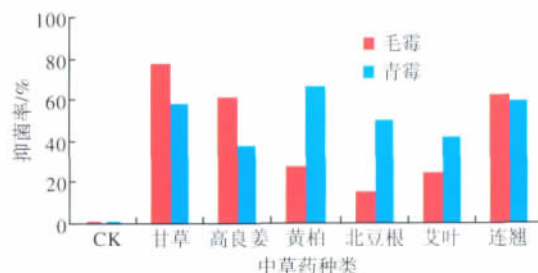


图 1 中草药提取液对毛霉和青霉的离体抑菌效果比较

Fig.1 Compared with inhibition effect in vitro of different chinese herbal extracts on *Mucor* and *Penicillium*

2.1.2 活体抑菌作用效果 在活体抑菌实验中,不同的中草药提取液处理的桃果实,在接种致病真菌毛霉和青霉后,其病斑大小不同,中草药提取液对毛霉和青霉的抑菌率也不同。6 种中草药提取液对毛霉和青霉的活体抑菌作用效果分别见表 1、表 2。

表 1 中草药提取液对毛霉的活体抑菌效果比较(培养 2d)

Tab.1 Compared with inhibition effect in vivo of different chinese herbal extracts on *Mucor*(cultured 2 days)

中草药种类	毛霉病斑直径/mm	抑菌率/%	
甘草	31.67	72.70	A
连翘	34.83	69.33	B
高良姜	44.00	59.57	C
黄柏	59.83	42.73	D
北豆根	92.17	8.33	E
艾叶	92.83	7.62	E
CK	100.00	0	F

注:表中相同字母表示差异不显著(P=0.01)。

接种毛霉孢子悬液的桃果实, (28±2) °C室温下培养 12 h 后, 对照组病斑直径明显扩大, 而 6 种中草药提取液处理组均无明显变化。如表 1 所示, 培养 2 d 后, 对照组桃果实病斑已经覆盖整个果实的一半, 6 种中草药提取液处理均可在不同程度上抑制病斑直径的扩大, 并且抑菌率均显著高于对照组 ($P<0.01$)。其中, 甘草、连翘提取液处理组的病斑直径较小, 抑菌率较高; 高良姜、黄柏提取液对毛霉的抑制作用一般; 北豆根、艾叶提取液处理组对毛霉的抑制效果相对较弱, 病斑直径较大, 其抑菌率只有 8.33% 和 7.62%。

青霉的生长周期较毛霉长, 培养 2 d 后对照组病斑才开始扩大, 但扩展速度较慢, 6 种草药处理组均无明显变化。如表 2 所示, 培养 7 d 后, 6 种中草药提取液处理对病斑扩大的抑制作用均显著高于对照组 ($P<0.01$)。其中甘草、连翘、高良姜提取液对青霉的抑菌率均较高, 桃果实上的病斑直径也较小; 黄柏、北豆根提取液抑制青霉腐烂斑扩展的能力一般; 艾叶提取液处理组桃果实的病斑直径较大, 其对青霉的抑菌率也相对较低, 只有 31.52%。

表 2 中草药提取液对青霉的活体抑菌效果比较 (培养 7 d)

Tab.2 Compared with inhibition effect in vivo of different chinese herbal extracts on *Penicillium* (cultured 7 days)

中草药种类	青霉病斑直径/mm	抑制率/%	
甘草	6.90	86.22	A
连翘	7.30	80.12	AB
高良姜	7.43	78.10	B
黄柏	8.33	64.08	C
北豆根	9.23	50.26	D
艾叶	10.43	31.52	E
CK	12.50	0	F

注: 表中相同字母表示差异不显著 ($P=0.01$)。

综上所述, 通过对桃果实采后两种主要致病真菌毛霉和青霉的离体和活体抑菌实验, 表明甘草和连翘提取液对两种致腐真菌均有较佳的抑菌效果, 高良姜和黄柏提取液对两种致腐真菌的抑菌效果一般, 艾叶和北豆根提取液对两种致腐真菌的抑菌效果相对较弱。所以选择甘草和连翘这两种中草药, 测其提取液对毛霉和青霉生长抑制的 MIC 和 MBC。

2.2 甘草、连翘提取液对毛霉和青霉生长抑制的 MIC 和 MBC

不同的中草药提取液对桃果实致腐真菌毛霉

和青霉生长的抑制效果不同。甘草和连翘提取液对毛霉和青霉生长抑制的效果分别见表 3、表 4。

表 3 培养基中不同用量的中草药提取液体积分数对毛霉生长的影响

Tab.3 Effects of chinese herbal extracts with different amounts in medium on *Mucor*

中草药	培养时间/d	培养基中不同中草药提取液体积分数下毛霉的生长情况					
		CK	50%	25%	12.5%	6.25%	3.125%
甘草	2	+	-	-	+	+	+
	9	+	-	+	+	+	+
连翘	2	+	-	-	+	+	+
	9	+	-	+	+	+	+

注: “+”表示有菌体生长, “-”表示无菌体生长。

表 3 可以看出, 当毛霉培养 2 d 时, 对照组培养皿已有明显菌体长出, 甘草和连翘提取液用量占培养基体积的 50% 及 25% 处理组均无菌体生长, 而提取液用量占培养基体积的 12.5%、6.25%、3.125% 处理组均有明显菌体生长, 故初步判断甘草和连翘提取液对毛霉的 MIC 均为提取液用量占培养基体积的 25%。

在 MIC 的基础上, 继续培养 7 d 后, 甘草和连翘提取液用量占培养基体积的 50% 处理组仍无菌体生长, 故初步判断甘草和连翘提取液对毛霉的 MBC 均为提取液用量占培养基体积的 50%。

表 4 培养基中不同用量的中草药提取液体积分数对青霉生长的影响

Tab.4 Effects of chinese herbal extracts with different amounts in medium on *Penicillium*

中草药	培养时间/d	培养基中不同中草药提取液用量下青霉的生长情况					
		CK	50%	25%	12.5%	6.25%	3.125%
甘草	2	+	-	-	-	+	+
	9	+	-	-	+	+	+
连翘	2	+	-	-	+	+	+
	9	+	-	-	+	+	+

注: “+”表示有菌体生长, “-”表示无菌体生长。

由表 4 可以看出, 当青霉培养 2 d 时, 对照组已有明显菌体生长, 甘草和连翘提取液用量占培养基体积的 6.25%、3.125% 处理组培养皿上均有菌体生长, 而提取液用量占培养基体积的 12.5%、25%、

50%处理组均无菌体生长,故初步判断甘草和连翘提取液对青霉的MIC均为提取液用量占培养基体积的12.5%。

当青霉培养9 d后,甘草和连翘提取液用量占培养基体积的50%、25%处理组仍无菌体生长,故初步判断甘草和连翘提取液对青霉的MBC均为提取液用量占培养基体积的25%。

3 结 语

在中草药提取液对桃果实采后致病真菌的离体抑菌实验中,黄柏提取液对青霉生长有较强的抑制作用,抑菌率在这6种中草药提取液中最大,可达65%以上,但黄柏提取液对毛霉的抑制效果却不明显;高良姜提取液对毛霉生长的抑制作用较强,可达到61.06%,只是略低于连翘,而高良姜提取液对青霉生长的抑制作用相对较弱;甘草、连翘提取液对毛霉和青霉均有较强的抑菌效果;艾叶和北豆根对毛霉和青霉均有一定的抑制作用,但抑菌率不高,抑菌效果较弱。而在活体抑菌实验中,黄柏和高良姜对毛霉和青霉的抑制率均低于甘草和连翘,抑菌效果均一般,艾叶和北豆根抑菌效果相对较低。这说明在中草药提取液对桃果实采后致病真菌的离体及活体抑菌实验中,甘草和连翘提取液均可以有效地抑制致病真菌毛霉和青霉的生长,防止腐烂斑的产生和扩大。所以,最终选择甘草和连翘这两种中草药,测其提取液对桃果实采后致病真菌毛

霉和青霉生长抑制的MIC和MBC。

通过体积浓度梯度稀释实验,初步确定了甘草、连翘提取液对毛霉和青霉的MIC、MBC。甘草和连翘提取液对毛霉的MIC均为占培养液体积的25%、MBC均为占培养液体积的50%;甘草和连翘提取液对青霉的MIC均为占培养液体积的12.5%、MBC均为占培养液体积的25%。

甘草中的有效成分主要是甘草酸及其水解产物甘草次酸,连翘中的有效成分主要是连翘苷类物质。甘草和连翘提取液对桃果实采后致病真菌毛霉和青霉有较好的抑菌效果,一方面,可能是由于甘草和连翘中的那些生物活性成分作用于毛霉和青霉的细胞壁和细胞膜,水解细胞壁中的多糖,与细胞膜上的蛋白质结合,破坏了细胞壁的结构,改变了细胞膜的半透性,降低了细胞膜流动性,影响了细胞内外物质的交换,细胞内环境稳定性被破坏,从而起到抑菌作用^[2]。另一方面,可能是由于甘草和连翘中的生物活性成分通过细胞膜渗透入毛霉和青霉细胞内部,吸附胞内原生质,与胞内酶结合,使原生质絮凝,阻断胞内蛋白质的合成,导致毛霉和青霉细胞无法进行正常的生理代谢活动,从而起到抑制毛霉和青霉细胞生长与繁殖的作用。有关甘草和连翘提取液中有效成分抑菌作用的深层机理、各成分之间的相互作用以及致病真菌毛霉和青霉的抗药性问题等方面的研究,还需要作进一步的探讨。

参考文献:

- [1] 吴小虎,艾启俊,肖艺.天然中草药果蔬防腐保鲜剂的研究与应用[J].保鲜与加工,2006,02:4-6.
WU Xiao-hu, AI Qi-jun, XIAO Yi. Study and application of natural chinese herbal medicine as fruit and vegetable antistaling agent[J]. *Storage and Process*, 2006, 02: 4-6. (in Chinese)
- [2] 李宁,商保平,徐立强,等.浅谈我国果品贮藏加工业现状及发展趋势[J].农产品加工,2008,05:73-75.
LI Ning, SHANG Bao-ping, XU Li-qiang, et al. The progress and development prospect of fruit storage and processing industry [J]. *Academic Periodical of Farm Products Processing*, 2008, 05: 73-75. (in Chinese)
- [3] 张晓宇,王春生,赵桂芳,等.桃果实采后生理研究及贮藏保鲜技术应用进展[J].中国农学通报,2008,24(05):117-119.
ZHANG Xiao-yu, WANG Chun-sheng, ZHAO Gui-fang, et al. Advances of research on peach postharvest physiology and storage technology[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2008, 24(05): 117-119. (in Chinese)
- [4] 王海宏,周慧娟,乔勇进,等.桃贮藏保鲜技术研究现状与发展趋势[J].保鲜与加工,2009,02:10-14.
WANG Hai-hong, ZHOU Hui-juan, QIAO Yong-jin, et al. Development trend and research situation on storage techniques of peach fruits[J]. *Storage and Process*, 2009, 02: 10-14. (in Chinese)
- [5] Eckert J W. Postharvest disease of fresh fruits and vegetables[J]. *Journal of Food Biochemistry*, 1978, (2): 248-254.
- [6] 周晓林,杨国顺.中草药提取物水果保鲜应用研究综述[J].湖南农业科学,2010,11:90-92.
ZHOU Xiao-lin, YANG Guo-shun. Application of Chinese medicinal herb extracts in fruits preservation[J]. *Hunan Agricultural*

- Sciences, 2010, 11: 90-92. (in Chinese)
- [7] 吕建华, 李文香, 周沙沙, 等. 丁香提取液对草莓保鲜效果的影响[J]. 食品与生物技术学报, 2009, 28(5): 633-636.
LU Jian-hua, Li Wen-xiang, ZHOU Sha-sha, et al. Effect of clove extract on the preservation of strawberries [J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**, 2009, 28(5): 633-636. (in Chinese)
- [8] 章薇, 熊国远, 吴世义. 中草药抗菌抑菌作用在食品保鲜中的应用[J]. 肉类工业, 2009, 07: 52-54.
ZHANG Wei, XIONG Guo-yuan, WU Shi-yi. Application of antibacterial and bacteriostatic action of Chinese herbal medicine on refreshing of foods[J]. **Meat Industry**, 2009, 07: 52-54. (in Chinese)
- [9] Haisheng Gao, Pengbao Shi, Yuhua Zhao. Advances in studies on natural preservatives for fruits and vegetables[J]. **Advances in Studies on Natural Preservatives for Fruits and Vegetables**, 2008, 25(4): 1655-1669.
- [10] 吴振宇, 艾启俊, 王燕, 等. 中草药提取物对桃褐腐病菌抑制作用的研究[J]. 食品工业科技, 2008, 11: 102-105.
WU Zheng-yu, AI Qi-jun, WANG Yan, et al. Study on inhibitory effects of herbal extracts against *Monilinia fructicola* [J]. **Science and Technology of Food Industry**, 2008, 11: 102-105. (in Chinese)
- [11] 于庆华, 吴小虎, 艾启俊, 等. 鹿蹄草等中草药对油桃采后褐腐病抑制效果研究[J]. 北京农学院学报, 2007, 01: 8-11.
YU Qing-hua, WU Xiao-hu, AI Qi-jun, et al. The inhibition of postharvest brown rot in nectarine fruits by Chinese herbs containing pyrola *Rotundifolia* L.[J]. **Journal of Beijing University of Agriculture**, 2007, 01: 8-11.
- [12] 宿献忠, 董晓菊, 李文香, 等. 大蒜提取液对油桃保鲜效果的影响[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(07): 2713-2715.
SU Xian-gui, DONG Xiao-ju, LI Wen-xiang, et al. Effects of garlic extract on the fresh-keeping effects of *Nectarine* [J]. **Journal of Anhui Agricultural Sciences**, 2008, 36(07): 2713-2715. (in Chinese)
- [13] 钟红梅, 刘洁, 周莎莎, 等. 不同天然植物提取液对油桃保鲜效果的影响[J]. 山东农业科学, 2009, 10: 91-93.
ZHONG Hong-mei, LIU Jie, ZHOU Sha-sha, et al. Effects of different natural plant extracts on fresh-keeping of *Nectarine* [J]. **Shandong Agricultural Sciences**, 2009, 10: 91-93. (in Chinese)
- [14] 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应用[J]. 农药, 2009, 48(4): 239-242.
MA Li-na, HU Jun-hua, LEI Hui-de. Research for herbal preservation in fruit and vegetable storage disease[J]. **Agrochemicals**, 2009, 48(4): 239-242. (in Chinese)
- [15] 卢春霞, 王洪新, 吕文平, 等. 复方植物提取物对嗜水气单胞菌的抑菌作用[J]. 食品与生物技术学报, 2011, 30(2): 179-184.
LU Chun-xia, WANG Hong-xin, LV Wen-ping, et al. Antimicrobial activity of plant extracts against *Aeromonas hydrophila* [J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**, 2011, 30(2): 179-184. (in Chinese)
- [16] 周德庆. 微生物学实验教程(第二版)[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.3.
- [17] 李美霞. 植物提取物对水果采后致腐真菌的抑制作用研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2004(12): 17-18.
- [18] 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): 2784-2792.
WU Zhen-yu, WANG Yan, AI Qi-jun. Inhibitory effect and antimicrobial mechanism of pyrolin on *Monilinia fructicola* in peach [J]. **Scientia Agricultural Sinica**, 2009, 42(8): 2784-2792. (in Chinese)
- [19] 哈斯格根, 艾启俊, 魏月琴, 等. 中草药提取物对蔬菜两种采后病原真菌的抑菌活性研究[J]. 北京农学院学报, 2009, 24(01): 20-23.
Hasi Gegen, AI Qi-jun, WEI Yue-qin, et al. Antifungal activity of Chinese herbal medicine extracts against two postharvest pathogenic fungi from vegetables[J]. **Journal of Beijing University of Agriculture**, 2009, 24(01): 20-23. (in Chinese)
- [21] Haras, Yamakawam. A novel type of antibacterial peptide isolated from the silkworm, *Bombyx mori* [J]. **J Biol Chem**, 1995, (270): 29923-29927.