

Study on the Inhibition Effect of Three Essential Oils on *Penicillium*

Mengyu Zhang, Jiawen Sun, Zhibo Cui, Yanling Su

School of Biological Science and Technology, Jinzhong University, Jinzhong Shanxi
Email: 750508391@qq.com

Received: Nov. 12th, 2018; accepted: Nov. 28th, 2018; published: Dec. 5th, 2018

Abstract

In order to compare the inhibitory effect of three different kinds of essential oil against *Penicillium expansum*, in 15 mL PDA medium per dish, the content of three essential oil, argyi, basil and lemon were 50 μL , 100 μL , 150 μL , 200 μL , 250 μL , 300 μL , respectively; the disk-diffusion was used to measure the inhibitory effect, spore germination rate and growth rate, and determine the minimum bacteriostatic concentration (MIC) against *Penicillium expansum*. Results showed that all three essential oils demonstrates inhibitory activities *in vitro* against *Penicillium expansum*, with the content of essential oil volume increasing, bacteriostatic rate increased gradually, the spore germination rate and growth rate decreased constantly. In 15 mL PDB medium, the minimum inhibitory concentrations of argyi, basil and lemon essential oils were 2.33 $\mu\text{L}/\text{mL}$, 1.67 $\mu\text{L}/\text{mL}$ and 1 $\mu\text{L}/\text{mL}$ respectively. Among the three essential oils, lemon essential oil has the best bacteriostatic effect against *Penicillium expansum*, followed by *Perilla* essential oil and finally argyi essential oil.

Keywords

Artemisia Vulgaris Oil, *Perilla* Essential Oil, Lemon Essential Oil, *Penicillium*, Antifungal

三种精油对青霉抑菌效果的研究

张梦宇, 孙佳文, 崔志波, 苏艳玲

晋中学院生物科学与技术学院, 山西 晋中
Email: 750508391@qq.com

收稿日期: 2018年11月12日; 录用日期: 2018年11月28日; 发布日期: 2018年12月5日

摘要

为了比较艾叶、紫苏、柠檬三种不同的精油对青霉菌的抑菌效果, 三种精油在每皿15 mL PDA培养基中

的含量为50 μL 、100 μL 、150 μL 、200 μL 、250 μL 、300 μL 下,采用平板抑菌法测定了三种精油对扩展青霉的抑菌率、孢子的发芽率及生长速率,并且测定这三种精油对扩展青霉的最低抑菌浓度(MIC)。试验结果表明,不同的植物精油对同一种菌的抑菌活性不同,三种精油都随着精油含量的不断增高,抑菌率逐渐增大,孢子的发芽率、生长速率不断变小。在15 mL PDB培养基中接入1 μL (1×10^5 cfu /mL)孢子菌悬液时,艾叶、紫苏、柠檬三种精油的最低抑菌浓度分别为2.33 $\mu\text{L}/\text{mL}$ 、1.67 $\mu\text{L}/\text{mL}$ 、1 $\mu\text{L}/\text{mL}$ 。三种精油中对扩展青霉的抑菌效果柠檬精油最好,其次为紫苏精油,最后为艾叶精油。

关键词

艾叶精油,紫苏精油,柠檬精油,扩展青霉,抑菌

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

果蔬富含营养物质及含水量高,采后很容易发生腐烂变质等问题,尤其是采后病害的发生,给贮藏运输业带来了巨大的经济损失。所以,人们不断的研究可以控制果蔬质量和延长货架期的方法,最常用的是低温和保鲜剂,但由于低温需要冷链,且耗能大、成本高,进而常选用保鲜剂处理。化学保鲜剂的使用必须控制剂量,否则会对人体健康及农业生态产生一定的危害[1] [2] [3]。因此,随着人们生活方式及观念的改变,高效、安全的来源于植物体内的次生代谢产物的研究成为了热点,植物精油因其抑菌谱广,安全可靠,可以直接接触和熏蒸的方式用于果蔬的保鲜而颇受国内外学者的关注。

植物精油(Essential oil)是从植物花、叶、茎、根、皮、全草、果实中提取的一类具有较强挥发性的植物次生代谢产物,其成分一般由小分子酚类、萜烯类、醛酮类等物质组成[4] [5] [6],作用机理复杂,较难使病原菌产生抗性,在果蔬采后贮藏保鲜方面具有较好的应用前景[7] [8] [9] [10] [11]。

青霉菌(*Penicillium*)侵染所导致的青霉病是因其在其生长代谢中产生了有毒的次级代谢产物展青霉素,是果蔬贮藏过程中多发性病害[12]。本试验选取艾叶、紫苏、柠檬三种精油对果蔬采后常见的病原菌--扩展青霉进行抑菌研究,通过体外平板抑菌试验,确定不同浓度下三种精油对扩展青霉生长的抑菌率、孢子的萌发率、生长速率的影响,并且通过对扩展青霉最低抑菌浓度(MIC)的测定,以比较三种精油的抑菌差异及抑菌效果最佳的精油,为新型菌剂的开发提供一定的数据参考。

2. 材料与方法

2.1. 试验材料与仪器

艾叶精油(长沙研邦化工科技有限公司)、紫苏精油、柠檬精油(吉安市新华精油公司)、纯种扩展青霉(微生物实验室提供)、马铃薯、琼脂粉、葡萄糖、吐温-80。

生化培养箱(SPX-150BSH-II型,上海新苗医疗器械制造有限公司)、高温灭菌锅(LDZX-50KBS型,上海申安医疗器械厂)、超净工作台(VS-1300U型,上海苏净实业有限公司)、紫外分光光度计(EU-2600R,上海昂拉仪器有限公司)、显微镜、磁力搅拌器(德国 IKA 公司)、电子天平(JA5003,上海上天精密仪器有限公司)。

2.2. 试验方法

2.2.1. 菌种的活化和菌悬液的制备[12]

将纯菌扩展青霉接种到新鲜的 PDA 培养基上, 27°C 下活化 7 天, 然后在培养基上加入无菌水 15 mL, 使用无菌接种环将菌落表面上的孢子刮下制成菌悬液, 菌悬液用 4 层纱布过滤去除菌丝等杂质, 后用血球计数板在显微镜下观测计数, 将孢子悬浮液稀释至 1×10^5 cfu/mL 终溶液。

$$\text{孢子数/mL} = 100 \text{ 个小方格细胞总数} / 100 \times 25 \times 16 \times 1000 \times \text{稀释倍数} \quad (1)$$

2.2.2. 三种精油对扩展青霉抑菌率的影响

采用生长速率法[13]测定。取一定量的精油, 滴入少量吐温-80, 在每皿 15 mL PDA 培养基(35°C 左右)中分别加入 50 μ L、100 μ L、150 μ L、200 μ L、250 μ L、300 μ L 的精油, 冷却待用。用无菌打孔器取直径 5 mm 的扩展青霉菌苔, 分别接入含不同体积精油的 PDA 培养基的中央位置, 接入过程中将菌苔含孢子的一面贴在培养基上, 以不加植物精油的培养基作对照。将培养皿密封, 27°C 的条件下培养 9 天后十字交叉法测量菌落直径, 并通过公式计算抑菌率, 试验设置 3 次重复。

$$\text{抑菌率(\%)} = [1 - (dA - 0.5) / (dB - 0.5)] \times 100 \quad (2)$$

式中: dA——不同处理条件下抑菌圈直径(cm); dB——对照组抑菌菌落直径(cm)

2.2.3. 三种精油对扩展青霉孢子萌发率的影响

取浓度为 1×10^5 cfu/mL 的扩展青霉的孢子悬浮液 100 μ L, 加入已经用吐温-80 乳化好的含 50 μ L、100 μ L、150 μ L、200 μ L、250 μ L、300 μ L 精油的 PDA 培养基中, 每皿 15 mL, 均匀涂布后立即密封培养皿, 以培养基滴入少量吐温-80 未加精油的平板作为对照。27°C 生化培养箱中培养 9 h 后, 在显微镜下观察, 并根据公式计算孢子萌发率。每次统计 200 个孢子每个处理重复 3 次。

$$\text{孢子萌发率(\%)} = \text{萌发的孢子数} / 200 \times 100 \quad (3)$$

2.2.4. 三种精油对扩展青霉孢子生长速率的影响

由 2.2.3 孢子在不同处理条件下测完孢子的萌发率后, 观测生长情况, 在每个培养基中随机选取 3 个孢子所形成的菌苔, 每 3、7、9 天用十字交叉法测量一次菌苔直径, 计算出菌苔的平均每天的生长面积, 每个处理重复 3 次。

$$\text{生长速率} = (\pi R^2 - \pi r^2) / \text{天数} \quad (4)$$

式中: R——生长天数长的菌落直径(cm); r——生长天数短的菌落直径(cm)

2.2.5. 液体培养法测定三种精油最低抑菌浓度[14]

将乳化好的精油按不同比例加入 PDB 培养基的试管中混匀, 使每 15 mL 的液体 PDB 培养基中含精油 5 μ L、10 μ L、15 μ L、20 μ L、25 μ L、30 μ L、35 μ L、40 μ L、45 μ L、50 μ L, 之后在每个试管中接种 1 μ L 浓度为 1×10^5 cfu/mL 的孢子悬浮液。另取一组试管加入含有上述相同精油浓度梯度的培养基作为对照组, 不接种任何菌。将试验组与对照组分别置于 27°C 条件下培养 72 h, 每个处理 2 次重复。在波长为 530nm 处, 用分光光度计测定试验组与对照组的 OD 值, 观察每个试管浑浊度, 根据测定的 OD 值进行比较, 对照组与试验组 OD 值两者相近用“-”表示; 对照组的 OD 值是试验组的 75% 时, 用“+”表示; 对照组的 OD 值是试验组的 50% 时, 用“++”表示; 对照组 OD 值是试验组的 25% 时用“+++”表示。当试验组培养液的浑浊度与对照组相等或相近时, 此时精油的浓度为每种精油的最低抑菌浓度(MIC)。

2.3. 数据处理

本试验中采用 Excel 和 SPSS19.0 进行方差分析, 试验设置三次重复。

3. 结果与分析

3.1. 三种精油对扩展青霉抑菌率的影响

根据试验方法 2.2.2 测得三种精油不同体积下对扩展青霉的抑制情况, 结果见表 1。

Table 1. Colony growth of three essential oils under different volume conditions

表 1. 三种精油不同体积条件下菌落生长情况

种类 μL	艾叶精油		紫苏精油		柠檬精油	
	菌落平均直径(cm)	抑菌率(%)	菌落平均直径(cm)	抑菌率(%)	菌落平均直径(cm)	抑菌率(%)
0	6.13 ± 0.35a	-	6.13 ± 0.29a	-	6.13 ± 0.29a	-
50	6.12 ± 0.24a	0.18 ± 4.28	6.13 ± 0.14a	0.00 ± 4.21	3.37 ± 0.12b	49.02 ± 14.30
100	6.05 ± 0.18a	1.42 ± 8.45	5.86 ± 0.10a	4.80 ± 10.04	2.87 ± 0.06c	57.90 ± 1.94
150	6.04 ± 0.27a	1.60 ± 4.08	5.55 ± 0.10a	10.30 ± 5.48	2.00 ± 0.18c	73.36 ± 4.63
200	6.01 ± 0.35a	2.13 ± 5.59	5.00 ± 0.12a	20.07 ± 1.61	1.56 ± 0.13c	81.17 ± 2.71
250	5.57 ± 0.26a	9.95 ± 6.65	4.28 ± 0.23b	32.86 ± 0.78	1.38 ± 0.04c	84.37 ± 1.52
300	4.96 ± 0.18b	20.78 ± 6.89	2.84 ± 0.26c	58.44 ± 22.35	1.14 ± 0.17c	88.63 ± 3.05

注: 不同小写字母表示 0.05 水平差异显著。

如表 1 可知, 三种精油随着体积的不断增高, 菌落的直径逐渐变小, 抑菌率不断增大, 说明三种精油对扩展青霉菌苔具有一定的抑菌作用。艾叶精油在体积含量为 50 μL~250 μL 时菌落的平均直径无显著差异($P > 0.05$), 在 300 μL 时菌落的平均直径为 4.96 ± 0.18 ($P < 0.05$)。紫苏精油在体积含量为 50 μL~200 μL 时菌落的平均直径无显著差异, 在 250 μL、300 μL 时菌落的平均直径有差异。柠檬精油在体积含量为 50 μL、100 μL 有差异, 在 150 μL、200 μL、250 μL、300 μL 有显著差异, 图 1 中可以看到精油使用体积从左向右依次增大, 对青霉的抑菌率逐渐增高。经过对比可看出, 柠檬精油的抑菌率最高, 其次是紫苏精油, 艾叶精油的效果最差。同时也发现精油会影响扩展青霉色素的分泌, 随着精油体积含量的不断增高, 培养基中菌苔的颜色由先前的青绿色逐渐变为灰白色。



Figure 1. Inhibition zone of lemon essential oil under different volume contents

图 1. 不同体积含量下柠檬精油的抑菌圈

3.2. 三种精油对扩展青霉孢子萌发率的影响

根据 2.2.3 方法, 测得不同精油不同体积下孢子的萌发个数并计算出萌发率, 结果见表 2。

由表 2 可知随着精油体积含量的不断增高, 统计 200 个孢子, 其萌发个数也在不断降低, 萌发率也不

断降低, 说明艾叶精油、紫苏精油、柠檬精油对扩展青霉孢子的萌发具有抑菌的效果。在这三种精油中, 在含有柠檬精油的培养基中的孢子的萌发率最低, 其次是含有紫苏精油, 最后是含有艾叶精油的培养基, 这个试验结果说明在对扩展青霉孢子进行抑菌时, 高浓度的精油比低浓度的精油抑菌效果要好, 然而在所要抑菌的孢子数相同时, 这三种精油中低浓度的柠檬精油就可以取得很好的抑菌效果。

Table 2. Spore germination of three essential oils at different volume levels

表 2. 三种精油不同体积含量下孢子的萌发情况

种类 μL	艾叶精油		紫苏精油		柠檬精油	
	平均发芽个数(个)	发芽率(%)	平均发芽个数(个)	发芽率(%)	平均发芽个数(个)	发芽率(%)
0	156.33 ± 10.62a	78.17 ± 5.31	156.33 ± 10.62a	78.17 ± 5.31	156.33 ± 10.62a	78.17 ± 5.31
50	147.67 ± 2.68a	73.84 ± 2.05	135.00 ± 4.32b	67.50 ± 2.16	87.33 ± 3.68b	43.67 ± 1.84
100	130.00 ± 1.42b	65.00 ± 1.22	125.00 ± 4.32bc	62.50 ± 1.53	73.00 ± 4.32c	36.50 ± 2.16
150	125.67 ± 5.51b	62.84 ± 3.47	101.00 ± 1.63c	50.50 ± 0.82	66.67 ± 2.87c	33.34 ± 1.43
200	113.67 ± 6.99bc	56.84 ± 3.70	89.00 ± 3.56cd	44.50 ± 1.78	60.67 ± 4.50c	30.34 ± 2.25
250	108.00 ± 6.60c	54.00 ± 3.56	73.30 ± 2.49d	38.17 ± 1.25	52.67 ± 3.30c	26.34 ± 1.65
300	98.00 ± 4.50c	49.00 ± 2.27	68.00 ± 3.27d	34.00 ± 1.63	37.33 ± 5.44d	18.60 ± 2.72

注: 不同小写字母表示 0.05 水平差异显著。

3.3. 三种精油对扩展青霉孢子生长速率的影响

根据 2.2.4 试验方法, 测得扩展青霉的孢子在三种精油不同体积条件下生长时的直径, 根据公式计算菌苔面积以及生长速度, 结果见表 3。

Table 3. Effect of different content of *Artemisia argyi* oil on the growth of *Penicillium* sp.

表 3. 不同含量艾叶精油对扩展青霉孢子生长的影响

天数 μL	3 天		7 天		9 天		平均生长面积 cm ² /天
	平均直径/cm	面积/cm ²	平均直径/cm	面积/cm ²	平均直径/cm	面积/cm ²	
0	0.33 ± 0.06a	0.09 ± 0.03	0.85 ± 0.04a	0.57 ± 0.05	1.08 ± 0.08a	0.92 ± 0.15	0.0708
50	0.30 ± 0.08a	0.07 ± 0.04	0.73 ± 0.06ab	0.42 ± 0.07	0.98 ± 0.15a	0.76 ± 0.25	0.0560
100	0.28 ± 0.05a	0.06 ± 0.02	0.62 ± 0.08b	0.30 ± 0.08	0.98 ± 0.08a	0.76 ± 0.13	0.0492
150	0.28 ± 0.05a	0.06 ± 0.02	0.60 ± 0.08b	0.28 ± 0.08	0.93 ± 0.02a	0.68 ± 0.03	0.0456
200	0.23 ± 0.06a	0.04 ± 0.02	0.53 ± 0.10b	0.23 ± 0.08	0.93 ± 0.06a	0.68 ± 0.09	0.0406
250	0.20 ± 0.04a	0.03 ± 0.01	0.45 ± 0.04bc	0.16 ± 0.03	0.82 ± 0.06a	0.52 ± 0.08	0.0304
300	0.20 ± 0.04a	0.03 ± 0.01	0.33 ± 0.04c	0.09 ± 0.03	0.75 ± 0.04b	0.44 ± 0.05	0.0240

注: 不同小写字母表示 0.05 水平差异显著。

Table 4. Effect of different content of *Perilla* essential oil on the growth of *Penicillium* sp.

表 4. 不同含量紫苏精油对扩展青霉孢子生长的影响

天数 μL	3 天		7 天		9 天		平均生长面积 cm ² /天
	平均直径/cm	面积/cm ²	平均直径/cm	面积/cm ²	平均直径/cm	面积/cm ²	
0	0.33 ± 0.06a	0.09 ± 0.03	0.85 ± 0.04a	0.57 ± 0.09	1.08 ± 0.08a	0.92 ± 0.15	0.0708
50	0.28 ± 0.08a	0.06 ± 0.04	0.52 ± 0.08b	0.21 ± 0.07	0.98 ± 0.08a	0.76 ± 0.13	0.0451
100	0.27 ± 0.06ab	0.06 ± 0.03	0.48 ± 0.14bc	0.18 ± 0.11	0.77 ± 0.06b	0.46 ± 0.08	0.0320
150	0.22 ± 0.06b	0.04 ± 0.02	0.30 ± 0.04c	0.07 ± 0.02	0.57 ± 0.15c	0.25 ± 0.13	0.0168
200	0.17 ± 0.06b	0.02 ± 0.02	0.28 ± 0.14c	0.06 ± 0.06	0.52 ± 0.18c	0.21 ± 0.15	0.0131
250	0.13 ± 0.05bc	0.01 ± 0.01	0.20 ± 0.07d	0.03 ± 0.02	0.32 ± 0.13d	0.08 ± 0.07	0.0060
300	0.07 ± 0.05c	0.0035 ± 0.00	0.13 ± 0.06d	0.01 ± 0.01	0.23 ± 0.06d	0.04 ± 0.02	0.0026

Table 5. Effect of different contents of lemon essential oil on the growth of *Penicillium* sp.**表 5.** 不同含量柠檬精油对扩展青霉孢子生长的影响

μL	天数	3 天		7 天		9 天		平均生长面积 cm ² /天
		平均直径/cm	面积/cm ²	平均直径/cm	面积/cm ²	平均直径/cm	面积/cm ²	
0		0.33 ± 0.06a	0.09 ± 0.03	0.85 ± 0.04a	0.57 ± 0.09	1.083 ± 0.08a	0.92 ± 0.15	0.0708
50		0.13 ± 0.05 b	0.01 ± 0.01	0.183 ± 0.08b	0.03 ± 0.03	0.217 ± 0.06b	0.04 ± 0.02	0.0181
100		0.01 ± 0.04b	0.01 ± 0.01	0.15 ± 0.04b	0.02 ± 0.01	0.183 ± 0.02b	0.03 ± 0.01	0.0027
150		0.07 ± 0.02b	0.0035 ± 0.00	0.10 ± 0.00b	0.01 ± 0.00	0.15 ± 0.04b	0.02 ± 0.01	0.0012
200		0.07 ± 0.02b	0.0004 ± 0.00	0.08 ± 0.02b	0.01 ± 0.00	0.10 ± 0.04b	0.01 ± 0.01	0.0009
250		0.02 ± 0.02b	0.0002 ± 0.00	0.05 ± 0.00b	0.002 ± 0.00	0.07 ± 0.02bc	0.0035 ± 0.00	0.0002
300		0.00 ± 0.00b	0.00 ± 0.00	0.02 ± 0.02b	0.0002 ± 0.00	0.02 ± 0.02c	0.0002 ± 0.00	0

注：不同小写字母表示 0.05 水平差异显著。

由表 3~5 中数据可知，扩展青霉孢子随着精油浓度的增大，生长速率逐渐下降，其中柠檬精油与紫苏精油、艾叶精油相比，在同样的体积含量下扩展青霉孢子生长速率最慢，其次是紫苏精油，最后是艾叶精油，而且三种精油在最小体积用量时，孢子的生长速率都比对照组不加精油的培养基培养的孢子的生长速率低，说明这三种精油对扩展青霉孢子的生长均有抑制的效果，三种精油中，低浓度的柠檬精油就可以对扩展青霉孢子的生长产生很强的抑菌作用，说明柠檬精油相对其它两种精油对扩展青霉孢子的生长抑菌效果最好。

3.4. 液体培养法测定三种精油最低抑菌浓度

根据 2.2.5 的方法，通过分光光度计 OD 值的测定，对试验组与对照组进行比浊后确定了艾叶精油、柠檬精油、紫苏精油的最低抑菌浓度(MIC)，结果见表 6。

Table 6. Determination of minimum inhibitory concentration (MIC) of three essential oils against *Penicillium expansum***表 6.** 三种精油对扩展青霉最低抑菌浓度(MIC)的测定

种类	μL	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
艾叶精油		+++	+++	+++	++	+	+	-	-	-	-
紫苏精油		+++	++	++	+	-	-	-	-	-	-
柠檬精油		+	+	-	-	-	-	-	-	-	-

注：“+”表示对照组的 OD 值是试验组的 75%；“++”表示对照组的 OD 值是试验组的 50%；“+++”表示对照组的 OD 值是试验组的 25%；“-”表示对照组的 OD 值与试验组的相近。

由表 6 可知，在每 15 mL PDB 培养基中含艾叶精油的体积为 5 μL、10 μL、15 μL 时，扩展青霉大量生长，精油体积含量为 20 μL、25 μL、30 μL 时，有少量的扩展青霉生长，精油体积含量为 30 μL、35 μL、40 μL、45 μL、50 μL 时基本没有扩展青霉生长，所以艾叶精油对扩展青霉的最低抑菌浓度(MIC)为 2.33 μL/mL；在每 15 mL PDB 培养基中含紫苏精油的体积为 5 μL 时扩展青霉大量生长，精油体积含量为 10 μL、15 μL、20 μL 时有少量的扩展青霉生长，精油体积含量为 25 μL、30 μL、35 μL、40 μL、45 μL、50 μL 时，基本没有扩展青霉的生长，所以紫苏精油对扩展青霉的最低抑菌浓度(MIC)为 1.67 μL/mL；在每 15 mL PDB 培养基中含艾柠檬精油的体积为 5 μL、10 μL 时，有少量的扩展青霉生长，在体积含量为 15 μL、20 μL、25 μL、30 μL、35 μL、40 μL、45 μL、50 μL 时基本没有扩展青霉生长，所以柠檬精油对扩展青霉的最低抑菌浓度(MIC)为 1 μL/mL。由此可知，三种不同的精油随着体积分数的逐渐增加，对扩展青霉的抑制效果也逐渐增强，且柠檬精油在低浓度(15 μL/mL)时即对扩展青霉的抑制效果就显现出来了，紫苏精油稍逊，最后是艾叶精油。

4. 讨论与结论

本试验选用的艾叶、紫苏、柠檬三种精油对扩展青霉及其孢子的生长均有抑制作用，这与王媛的研究结果一致[15]，且随着三种精油体积含量的逐渐升高，抑菌率逐渐增大，孢子萌发率和生长速率逐渐减小，三种精油中柠檬精油的作用效果最好，且其对扩展青霉的最低抑菌浓度最小为 1 uL/mL，紫苏精油次之，最后为艾叶精油，这也为今后开发研究柠檬类型精油的新型菌剂提供了一定的理论研究。

基金项目

山西省特色冷凉蔬菜贮运保鲜技术研究(201703D211006)；山西省大学生创新创业项目；晋中学院大学生创新创业项目(DC201715)。

参考文献

- [1] 冯武. 植物精油对果蔬采后病害的防治及其防治机理的研究[D]: [博士学位论文]. 杭州: 浙江大学, 2006.
- [2] 李鹏霞. 两种植物精油对采后水果的保鲜作用研究[D]: [博士学位论文]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2006.
- [3] Li, Y., Hou, B.B. and Zhao, J. (2011) The Study of Antibacterial Activity of the Citrus Essential Oil. *Food Research and Development*, **35**, 190-192.
- [4] Yimamu, M., Xiong, Y., Ayiguli, *et al.* (2011) Study on Antimicrobial Activity of the Three Plant Essential Oils. *Xinjiang Agricultural Sciences*, **48**, 1044-1048.
- [5] 葛永红, 李灿婴, 吕静祎, 等. 植物精油在果蔬采后病害控制中的研究进展[J]. 食品工业科技, 2017, 38(2): 370-374.
- [6] 李亚茹, 周林燕, 李淑荣, 等. 植物精油对果蔬中微生物的抑菌效果及作用机理研究进展[J]. 食品科学, 2014, 35(11): 325-330.
- [7] Shao, X., Wang, H., Xu, F. and Cheng, S. (2013) Effects and Possible Mechanisms of Tea Tree Oil Vapor Treatment on the Main Disease in Postharvest Strawberry Fruit. *Postharvest Biology and Technology*, **77**, 94-101. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2012.11.010>
- [8] Sellamuthu, P.S., Sivakumar, D., Soundy, P. and Korsten, L. (2013) Essential oil Vapours Suppress the Development of Anthracnose and Enhance Defence Related and Antioxidant Enzyme Activities in Avocado Fruit. *Postharvest Biology and Technology*, **81**, 66-72. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2013.02.007>
- [9] 解淑慧, 邵兴锋, 王可, 等. 柑橘采后腐烂主要致病菌的分离鉴定及丁香精油对其抑制作用研究[J]. 果树学报, 2013, 30(1): 134-139.
- [10] Xing, Y.G., Li, X.H., Xu, Q.L., *et al.* (2010) Antifungal Activities of Cinnamon Oil against *Rhizopus nigricans*, *Aspergillus flavus* and *Penicillium Expansum* in *Vitro* and in *Vivo* Fruit Test. *International Journal of Food Science and Technology*, **45**, 1837-1842. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02342.x>
- [11] Combrinck, S., Regnier, T. and Kamatou, G.P.P. (2011) *In Vitro* Activity of Eighteen Essential Oils and Some Major Components against Common Postharvest Fungal Pathogens of Fruit. *Industrial Crops and Products*, **33**, 344-349. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2010.11.011>
- [12] 罗曼, 姜辣, 陈成花, 等. 丁香精油对扩展青霉生长和毒素分泌的影响[J]. 食品工业科技, 2015, 36(21): 162-166.
- [13] Aguilar-González, A.E., Palou, E. and López-Malo, A. (2015) Antifungal Activity of Essential Oils of Clove (*Syzygium aromaticum*) and/or Mustard (*Brassica nigra*) in Vapor Phase against Gray Mold (*Botrytis cinerea*) in Strawberries. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, **32**, 181-185. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2015.09.003>
- [14] 黄丹, 刘达玉. 紫苏提取物抑菌特性研究[J]. 食品工业, 2007(3): 11-12.
- [15] 王媛, 袁亚宏, 杨丽霞, 等. 多酚及植物精油对扩展青霉生长及展青霉素生成的抑菌作用研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2015, 6(7): 3-7.

知网检索的两种方式：

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2327-0810，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：amb@hanspub.org