

碧桃花、叶、茎、果实挥发油成分及抗油脂氧化、抑菌作用

卫 强* 彭喜悦

(安徽新华学院药学院 合肥 230088)

摘 要 采用超临界 CO₂ 萃取,应用气相色谱-质谱联用(GC-MS)法鉴定碧桃花、叶、茎、果实挥发油中化学成分和相对质量浓度,共鉴定 178 个化合物。其中花挥发油中主要成分有苯甲醛(11.42%)、 α -金合欢烯(9.18%)、十六烷酸(8.03%)。叶挥发油中主要成分有:苯甲醛(14.72%)、二十五烷(9.85%)、二十八烷(8.29%)、二十三烷(5.14%)。茎挥发油中主要成分有(*Z*)-3-己烯-1-醇(28.90%)、(*E*)-2-己烯醇(16.06%)、正己醇(6.86%)。果实挥发油中主要成分有:苯甲醛(20.46%)、十六烷酸(5.84%)、苯甲醇(5.01%)。在 10~40 d 贮藏期内,花、叶、茎、果实挥发油可明显降低花生油的过氧化值和酸值,其中以茎挥发油高剂量组降低作用最强。花和茎挥发油具有较强的抑菌作用,其最小抑菌浓度(MIC)值在 0.024~0.188 g/L 范围内。

关键词 碧桃;挥发油;化学成分;抗氧化;抑菌

中图分类号:O658

文献标识码:A

文章编号:1000-0518(2016)08-0945-06

DOI:10.11944/j.issn.1000-0518.2016.08.150455

碧桃(*Amygdalus persica* var. *persica* f. *duplex*)蔷薇科李亚科李属植物,又名千叶桃花。碧桃树干上分泌的胶质(桃胶)是一种聚糖类物质,可食用,也供药用,有益气之效^[1]。碧桃干为其未成熟果实,又名桃奴,性平味酸,可治疗儿童营养性贫血^[2]。由碧桃作为主要药物配制而成的碧桃咳喘饮用于防治慢性支气管炎^[3]。

花生油作为一种高端食用油,其氧化酸败受温度、光线、金属离子、水分、空气及细菌污染等因素的影响,改变其风味和色泽,甚至产生有毒物质。要延缓花生油变质程度,加入抗氧剂和抑菌剂是一种有效方法。挥发油可溶于油脂,具有芳香气味,其抗氧化和抑菌作用研究已成为热点,如在 14 d 贮藏期内添加 0.12%、0.18%、0.24% 肉豆蔻挥发油的花生油过氧化值(POV)和酸值(AV)极显著低于合成抗氧化剂二丁基羟基甲苯(BHT)组^[4];使用 0.2% 大蒜精油可使花生油在 20℃ 下的货架寿命由 4.2 个月延长至 24.3 个月^[5];在 45℃ 下 14 d 贮藏期内,花生油中添加质量分数为 0.001~0.002 g/g 的野菊花挥发油,其 POV 值极显著低于添加 0.0002 g/g BHT 的对照组^[6]。现代研究表明,碧桃花中主要成分金合欢烯^[7]、十六烷酸^[8]、丁香酚^[9-10]已被证实为抗菌有效成分。(Z)-3-己烯-1-醇具有强烈的新鲜叶草香气,用于香精配方、化妆品行、食品香料等^[11],与(*E*)-2-己烯醇同样具有显著的抗念珠菌作用^[12]。

近年来,BHT、叔丁基羟基茴香醚(BHA)作为抗氧剂因与肝损害、肝癌有关,已被限制或停止使用^[13]。天然抗氧化剂的开发,特别是挥发油的研究为替代化学抗氧化剂成为一种可能。本文研究碧桃花、叶、茎、果实中挥发油成分及抗油脂氧化、抑菌作用,为其应用于食品行业奠定基础。

1 实验部分

1.1 材料、试剂和仪器

碧桃花、叶、茎、果实于 2014 年 3 月采自安徽合肥大蜀山地区,经鉴定为红花绿叶碧桃(*Amygdalus persica* var. *persica* f. *duplex*)。伤寒沙门氏菌(*Salmonella typhimurium*)、大肠杆菌(*Escherichia coli*)、变形杆菌(*Proteus vulgaris*)、假丝酵母(*Candidasp*)、枯草杆菌(*Bacillus subtilis*)、白色念珠菌(*Canidia albicans*)、绿脓杆菌(*Pseudomonas aeruginosa*)、金黄色葡萄球菌(*Staphylococcus aureus*)购于中国菌种保

2015-12-22 收稿,2016-03-24 修回,2016-03-28 接受

安徽省质量工程项目(2014zy078)资助

通讯联系人:卫强,副教授;Tel:0551-65872078;Fax:0551-65872323;E-mail:weiqiang509@sina.com;研究方向:天然产物活性成分

藏中心。所用试剂为分析纯,均购自国药集团化学试剂有限公司。

HA221-50-01 型超临界萃取设备(江苏南通华安超临界有限公司);FA1004 型万分之一电子天平(上海民桥精密科学仪器有限公司);Agilent 6890-5973N 型气相色谱仪(美国安捷伦公司);HP-5 MS 石英毛细管柱(30 m×0.25 mm×0.25 μm),载气为高纯 He 气。

1.2 实验方法

1.2.1 挥发油的提取 以电子天平称取碧桃花、叶、茎、果实干燥粗粉各 200 g 装入料筒,放入超临界萃取装置萃取釜内,设置萃取压力 50 MPa,萃取温度 25 ℃,萃取流量 20 L/h,萃取 2 h 后,打开分离釜排料阀,收集萃取物。萃取物经减压蒸馏后分别以无水硫酸钠脱水,得到挥发油。3 次萃取,以油重/样品重得花、叶、茎、果实挥发油得率分别为 1.66%、0.79%、0.32%、0.50%。

1.2.2 色谱条件 进样量 1 μL,不分流;程序升温,柱起始温度为 40 ℃,保持 1 min 后,以 5 ℃/min,升温至 150 ℃,保持 2 min,再以 10 ℃/min,升温至 280 ℃,保持 7 min,再以 5 ℃/min,升温至 300 ℃,保持至完成分析。电子轰击能量 60 eV,扫描范围 m/z 25~550,离子源温度 220 ℃,接口温度 280 ℃,全离子扫描。通过面积归一化法测定鉴定化合物的相对含量,检索为 Nist2011 数据库。

1.2.3 对花生油的抗氧化作用 采用烘箱控温加速实验^[14]。分别配制含 BHA、碧桃花、叶、茎、果实挥发油高、低质量浓度(浓度为 0.02%、0.05%)的花生油样品,置于 50 mL 具塞三角烧瓶中,设置空白对照。置于 70 ℃的恒温培养箱中加速氧化 40 d,实验期间,每隔 6 h,振摇 1 次,每次 2 min。测定花生油样品的 AV 值(参照 GB/T5538-2005《碘量法》)和 POV 值(参照 GB/T 5530-998)。样品平行测定 6 次,取其平均值。

1.2.4 抗菌实验 以环丙沙星为对照,制备环丙沙星,碧桃花、叶、茎、果实挥发油肉膏平板培养基,质量浓度依次为 3.000、1.500、0.750、0.375、0.188、0.094、0.047、0.024 g/L。在以上培养基上分别接种伤寒沙门氏菌、大肠杆菌、变形杆菌、假丝酵母、枯草杆菌、白色念珠菌、绿脓杆菌、金黄色葡萄球菌,移入培养箱中 37 ℃培养 48 h,计算最小抑菌浓度(MIC)。

1.2.5 统计方法 除抑菌实验结果外,所有数据均以($\bar{x} \pm s$)表示,组间比较采用 Cochran & Cox 近似 t 检验。

2 结果与讨论

2.1 碧桃花、叶、茎、果实挥发油化学成分

碧桃花、叶、茎、果实挥发油气相色谱-质谱鉴定结果见图 1(辅助材料表 S1 列出了所有成分)所示。由表 S1 可知,碧桃花、叶、茎、果实挥发油共鉴定出 178 种成分,主要有烃类、酯类、苯类、醇类、醛类、酮类、酸类、醚类、酸酐类等。其成分数目,鉴定成分占挥发油质量浓度,主要成分类型及含量以及主要成分及含量情况见表 1。其中从碧桃花挥发油中共鉴定出 88 种挥发性成分,占总挥发性成分的 69.17%,包括醛类(11.82%)、烃类(20.68%)、醇类(13.81%)、酸类(8.59%)、苯类(5.67%)、酯类(4.91%)、酮类(3.69%)。含量较高的成分有苯甲醛(11.42%)、 α -金合欢烯(9.18%)、十六烷酸(8.03%)、丁香酚(4.30%)、橙花叔醇(3.85%)、二十七烷(3.31%)。从碧桃叶挥发油中共鉴定出 82 种挥发性成分,占总挥发性成分的 66.30%,包括烃类(26.14%)、醛类(15.47%)、醇类(8.03%)、酮类(3.18%)、苯类(2.70%)、酯类(4.28%)、酸类(6.5%)。其主要成分有:苯甲醛(14.72%)、二十五烷(9.85%)、二十八烷(8.29%)、二十三烷(5.14%)、十六烷酸(4.44%)。

在碧桃茎挥发油中共鉴定出 20 种挥发性成分,占总挥发性成分的 73.54%,包括醇类(61.74%)、烃类(4.50%)、酸类(2.94%)、酯类(2.22%)、醛类(1.16%)、酸酐(0.40%)、酮类(0.32%)、苯类(0.26%)。含量较高的成分有(*Z*)-3-己烯-1-醇(28.90%)、(*E*)-2-己烯醇(16.06%)、正己醇(6.86%)、叶绿醇(3.90%)、(*E*)-香叶醇(3.68%)。从碧桃果实挥发油中共鉴定出 61 种挥发性成分,占总挥发性成分的 76.01%,包括醛类(23.70%)、醇类(17.02%)、烃类(13.12%)、酸类(10.22%)、苯类(5.60%)、酯类(4.27%)、酮类(1.73%)、醚类(0.35%)。其主要成分有:苯甲醛(20.46%)、十六烷酸(5.84%)、苯甲醇(5.01%)、3,5-二(1,1-甲基乙基)-苯酚(4.47%)、(*E*)-2-己烯醇(3.69%)、1,1-二乙

氧基乙烷(3.50%)。

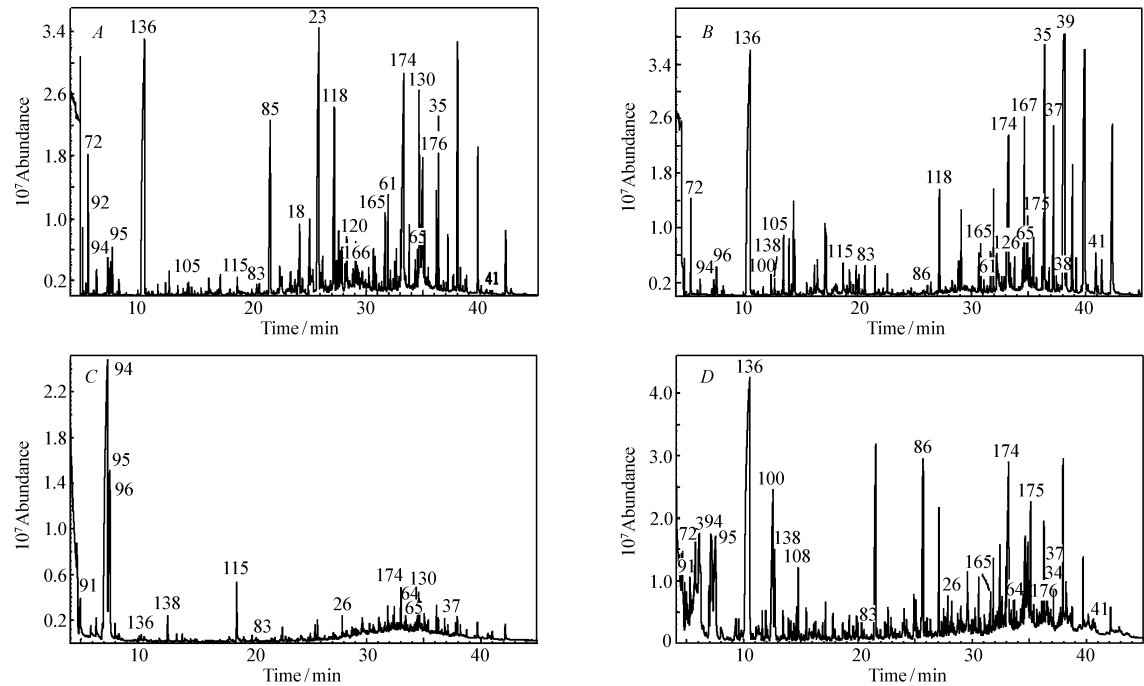


图 1 碧桃花(A)、叶(B)、茎(C)、果实(D)中挥发油总离子流

Fig. 1 Total ion chromatogram of volatile oils of the flower(A) , leaf(B) , stem(C) and fruit(D) from *Amygdalus persica* var. *persica* f. *duplex*

表 1 碧桃花、叶、茎、果实挥发油化学成分比较

Classification	Number of identified components	Mass fraction of identified components/%	Main omponents and their contents/%
Flower	88	69.17	Benzaldehyde(11.42%) , α -Farnesene(9.18%) , <i>n</i> -Hexadecanoic acid(8.03%) , Eugenol(4.30%) , (<i>E</i>)-3,7,11-trimethyl- 1,6,10-Dodecatrien-3-ol(3.85%) , Heptacosane(3.31%)
Leaf	82	66.30	Benzaldehyde(14.72%) , Pentacosane(9.85%) , Octacosane(8.29%) , Tricosane(5.14%) , <i>n</i> -Hexadecanoic acid(4.44%)
Stem	20	73.54	(<i>Z</i>)-3-Hexen-1-ol(28.90%) , (<i>E</i>)-2-Hexen-1-ol(16.06%) , 1-Hexanol(6.86%) , Phytol(3.90%) , (<i>E</i>)-3,7-dimethyl-2,6-Octadien-1-ol(3.68%)
Fruit	61	76.01	Benzaldehyde(20.46%) , <i>n</i> -Hexadecanoic acid(5.84%) , Benzyl alcohol(5.01%) , 3,5-bis(1,1-Dimethylethyl)-phenol(4.47%) , (<i>E</i>)-2-Hexen-1-ol(3.69%) , 1,1-Diethoxy-ethane(3.50%)

碧桃花、叶、茎、果实挥发油中共有成分有二十七烷、4-乙烯基-2-甲氧基苯酚、(*Z*)-3-己烯-1-醇、苯甲醛、十六烷酸。其中二十七烷在花和茎中含量较高,分别为3.31%、1.76%。(*Z*)-3-己烯-1-醇在茎、果实中含量较高,分别达到28.90%、2.91%。苯甲醛在花、叶、果实中含量较高,分别达到11.42%、14.72%、20.46%。十六烷酸在花、叶、茎、果实中含量较高,分别达到8.03%、4.44%、2.94%、5.84%。

2.2 对贮藏期花生油的抗氧化作用

结果见表 2 和表 3。由表 2、表 3 可知,与空白组比较,10 ~ 40 d 内,花、叶、茎、果实挥发油高、低剂

量组可明显降低花生油的 POV 值($P<0.01$)和 AV 值($P<0.01$)。与 BHA 组比较,除 10 d 后的茎低剂量组和果实高剂量组和 20 d 后的叶低剂量组外,花、叶、茎、果实挥发油高、低剂量组降低 POV、AV 均有极显著差异($P<0.01$)。其中以茎挥发油高剂量组降低效应最强。

表 2 花、叶、茎、果实挥发油对贮藏花生油过氧化值的影响($\bar{x}\pm s,n=10$)
Table 2 Effect of the volatile oils extracted from the flower, leaf, stem and fruit on the POV value of stored peanut oil($\bar{x}\pm s,n=10$)

Classification	Dose/%	POV/(mmol·kg ⁻¹)				
		0 d	10 d	20 d	30 d	40 d
Blank group	—	15.02±0.30	57.54±0.28	85.02±0.55	150.65±0.36	260.02±0.41
BHA group	0.02	15.02±0.30	40.16±0.33*	57.30±0.29*	88.28±0.50*	112.24±0.52*
Low-dose group(flower)	0.02	15.02±0.30	45.11±0.40*△△	65.00±0.37*△△	89.13±0.35*△△	117.82±0.22*△△
High-dose group(flower)	0.05	15.02±0.30	38.09±0.39*△△	50.17±0.26*△△	69.02±0.43*△△	97.58±0.30*△△
Low-dose group(leaf)	0.02	15.02±0.30	49.46±0.50*△△	75.26±0.60*△△	99.16±0.33*△△	160.34±0.26*△△
High-dose group(leaf)	0.05	15.02±0.30	41.23±0.24*△△	62.19±0.56*△△	72.25±0.55*△△	120.77±0.40*△△
Low-dose group(stem)	0.02	15.02±0.30	40.09±0.24*	52.17±0.19*△△	79.13±0.35*△△	100.18±0.38*△△
High-dose group(stem)	0.05	15.02±0.30	31.27±0.33*△△	45.56±0.25*△△	58.76±0.30*△△	73.10±0.27*△△
Low-dose group(fruit)	0.02	15.02±0.30	50.10±0.50*△△	80.15±0.55*△△	110.09±0.25*△△	171.15±0.55*△△
High-dose group(fruit)	0.05	15.02±0.30	40.28±0.24*	60.59±0.40*△△	91.16±0.33*△△	136.28±0.30*△△

Note: compared with blank group, * $P<0.01$; compared with BHA group, △△ $P<0.01$.

表 3 花、叶、茎、果实挥发油对贮藏花生油酸值的影响($\bar{x}\pm s,n=6$)
Table 3 Effect of the volatile oils extracted from the flower, leaf, stem and fruit on the AV value of stored peanut oil($\bar{x}\pm s,n=6$)

Classification	Dose/%	AV/(mg KOH·g ⁻¹)				
		0 d	10 d	20 d	30 d	40 d
Blank group	—	0.32±0.01	1.52±0.02	3.06±0.01	5.22±0.02	7.55±0.01
BHA group	0.02	0.32±0.01	1.30±0.01*	2.55±0.02*	4.18±0.01*	6.52±0.01*
Low-dose group(flower)	0.02	0.32±0.01	1.24±0.01*△△	2.11±0.03*△△	4.02±0.02*△△	6.36±0.03*△△
High-dose group(flower)	0.05	0.32±0.01	0.95±0.02*△△	1.72±0.02*△△	3.40±0.03*△△	5.52±0.01*△△
Low-dose group(leaf)	0.02	0.32±0.01	1.40±0.03*△△	2.58±0.02*△	4.66±0.01*△△	6.68±0.02*△△
High-dose group(leaf)	0.05	0.32±0.01	1.25±0.02*△△	1.90±0.02*△△	3.79±0.01*△△	6.00±0.01*△△
Low-dose group(stem)	0.02	0.32±0.01	1.07±0.01*△△	1.85±0.01*△△	3.78±0.03*△△	5.11±0.03*△△
High-dose group(stem)	0.05	0.32±0.01	0.65±0.03*△△	1.19±0.03*△△	2.80±0.01*△△	4.22±0.02*△△
Low-dose group(fruit)	0.02	0.32±0.01	1.46±0.01*△△	2.70±0.02*△△	4.90±0.02*△△	6.79±0.01*△△
High-dose group(fruit)	0.05	0.32±0.01	1.34±0.02*△△	1.98±0.01*△△	3.98±0.01*△△	6.06±0.01*△△

Note: compared with blank group, * $P<0.01$; compared with BHA group, △ $P<0.05$, △△ $P<0.01$.

2.3 抑菌作用

结果如表 4 所示。在天然产物抑菌效果中,一般最小抑菌浓度(MIC)值小于 7.81 g/L 为高度敏感

表 4 花、叶、茎、果实挥发油抗菌实验 MIC 值(g/L, $n=3$)
Table 4 Antimicrobial MIC of the essential oils extracted from the flower, leaf, stem and fruit from *Amygdalus persica* var. *persica* f. *duplex*(g/L, $n=3$)

Microbial strains	Essential oil of flower	Essential oil of leaf	Essential oil of stem	Essential oil of fruit	Ciprofloxacin
<i>Salmonella typhimurium</i>	0.094	1.500	0.024	0.094	0.024
<i>Escherichia coli</i>	0.047	0.188	0.047	0.188	0.047
<i>Proteus vulgaris</i>	0.188	0.375	0.188	0.375	0.094
<i>Candidasp</i>	0.047	0.188	0.047	0.750	0.375
<i>Bacillus subtilis</i>	0.024	0.094	0.188	0.188	0.094
<i>Canidia albicans</i>	0.047	0.375	0.094	0.375	0.188
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0.188	1.500	0.047	0.188	0.188
<i>Staphylococcus aureus</i>	0.047	0.375	0.024	1.500	0.047

药物^[15]。由表 4 可知,碧桃花、茎挥发油对伤寒沙门氏菌等 8 种致病菌具有明显抑制作用,其 MIC 值范围为 0.024 ~ 0.188 g/L,而叶、果实挥发油抑菌作用较弱,其 MIC 值范围为 0.094 ~ 1.500 g/L。

3 结 论

从碧桃花、叶、茎、果实挥发油中共鉴定出 178 种化学成分,其中花挥发油中主要成分有苯甲醛(11.42%)、 α -金合欢烯(9.18%)、十六烷酸(8.03%)。叶挥发油中主要成分有:苯甲醛(14.72%)、二十五烷(9.85%)、二十八烷(8.29%)、二十三烷(5.14%)。茎挥发油中主要成分有(*Z*)-3-己烯-1-醇(28.90%)、(*E*)-2-己烯醇(16.06%)、正己醇(6.86%)。果实挥发油中主要成分有:苯甲醛(20.46%)、十六烷酸(5.84%)、苯甲醇(5.01%)。花生油作为易变质食用油,餐饮行业已将花椒、茴香、桂皮、丁香、维生素 C 等抗氧化剂少许加入油中,以延缓氧化变质和发挥抑菌作用。本实验表明,在 10 ~ 40 d 贮藏期内,碧桃花、叶、茎、果实挥发油可明显降低花生油的过氧化值和酸值,其中以茎挥发油高剂量组降低作用最强,初步分析可能与其醇类、烃类成分含量较高有关。花和茎挥发油具有较强的抑菌作用,其 MIC 值在 0.024 ~ 0.188 g/L 范围内。

辅助材料(Supporting Information)[碧桃花、叶、茎、果实挥发油气相色谱-质谱鉴定成分]可以免费从本刊网站(<http://yyhx.ciac.jl.cn/>)下载。

参 考 文 献

[1] Chinese Academy of Sciences Editorial Board of Flora Reipublicae Popularis Sinicae. Flora Reipublicae Popularis Sinicae [M]. Beijing:Sci Press,1986,38:19(in Chinese).
中国科学院中国植物志编委会. 中国植物志[M]. 北京:科学出版社,1986,38:19.

[2] ZHANG Hongwei,ZHAO Lingshi,LIU Xuejun,*et al.* Efficiency Osvation on Children Suffering from Nutritional Anmia Tread with Bitaoan[J]. *J Weifang Med Coll*,1994,**16**(3):185-189(in Chinese).
张红为,赵令时,刘雪君,等. 碧桃干对儿童营养性贫血的疗效观察[J]. 潍坊医学院学报,1994,**16**(3):185-189.

[3] JIN Xueren,LU Hao,ZHU Xiaoguang. Clinical and Experimental Study of Bitao Liquid for Cough and Wheeze[J]. *Lishizhen J Tradit Chin Med Res*,1997,**8**(5):394-395(in Chinese).
金学仁,陆浩,祝晓光. 碧桃咳嗽饮的临床与实验研究[J]. 时珍国药研究,1997,**8**(5):394-395.

[4] HUANG Saijin,YIN Aiwu,GONG Deng. Antibacterial and Antioxidant Activities Peanut Oil of Volatile Oil from Nutmeg [J]. *J Chinese Cer Oils Assoc*,2015,**30**(5):58-61,66(in Chinese).
黄赛金,尹爱武,龚灯. 肉豆蔻挥发油抑菌及抗花生油氧化作用研究[J]. 中国粮油学报,2015,**30**(5):58-61,66.

[5] LIU Shucheng,LI Yuanrui,WANG Lihua,*et al.* Antioxidation Activity of Garlic Essential Oil in Peanut Oil[J]. *Food Sci*, 2002,**23**(1):128- 131(in Chinese).
刘书成,李元瑞,王丽华,等. 大蒜精油对食用油脂的抗氧化特性[J]. 食品科学,2002,**23**(1):128- 131.

[6] FANG Hailing,GUO Qiaosheng,SHEN Haijin. Study on Antioxidation Ability of Essential Oil from Dentranthema indicum Dry Flower in Five Edible Oils[J]. *J Plant Res Environ*,2010,**19**(2):54- 59(in Chinese).
房海灵,郭巧生,申海进. 在 5 种食用油中野菊花挥发油的抗氧化能力研究[J]. 植物资源与环境学报,2010,**19**(2):54- 59

[7] Eucl sio S,Carla P,Caroline Z S,*et al.* Chemical Composition and Antimicrobial Activity of the Essential Oil from *Aeolanthus Suaveolens* Mart. ex Spreng[J]. *Química Nova*,2007,**30**(8):1923-1925.

[8] ZHANG Xi,YANG Ming,SONG Fei,*et al.* Antimicrobial Activity of Selected Fatty Acids and Their Derivatives[J]. *J Zhejiang Univ(Agric Life Sci)*,2013,**39**(2):155-160(in Chinese).
张希,杨明,宋飞,等. 脂肪酸及其衍生物的抑菌活性[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版),2013,**39**(2):155-160

[9] LYU Shiming,CHEN Zhangliu,CHEN Jianxin,*et al.* Study on Antibacterial Activity of Eugenol *in vitro*[J]. *Food Sci*, 2008,**29**(9):122-124(in Chinese).
吕世明,陈杖榴,陈建新,等. 丁香酚体外抑菌作用研究[J]. 食品科学,2008,**29**(9):122- 124.

[10] TANG Xiaohui. The Chemical Structure and Antifungal Activities Relationship Study of Cinnamaldehyde, Eugenol and Their Analogues[D]. Xiangtan:Xiangtan University,2013(in Chinese).
唐小辉. 肉桂醛、丁香酚及其结构类似物的抑菌活性与化学结构的关系[D]. 湘潭:湘潭大学,2013

[11] Mcrae J F,Mainland J D,jaeger S R,*et al.* Genetic Variation in the Odorant Receptor OR_{2J3} Is Associated with the Ability to Detect the “Grassy” Smelling Odor, *cis*-3-Hexen-1-ol[J]. *Chem Senses*,2012,**37**(7):585-593.

- [12] Furletti V F ,Teixeira I P,Obando-Pereda G, *et al.* Action of *Coriandrum sativum* L. Essential Oil upon Oral Candida Albicans Biofilm Formation[J]. *Evid Based Compl Alternat Med*,2011,**2011**(1741/427X):1-9.
- [13] Karuppusamy S, Muthuraja G. Chemical Composition and Antioxidant Activity of Heracleum Sprengelianum (Wight and Arnott) Essential Oils Growing Wild in Peninsular India[J]. *Iran J Pharm Res*,2011,**10**(4):769-775.
- [14] ZHU Qingying, QIU Aiyong. Analysis of Oxidative Stability and Its Specificity of the Lard[J]. *J Cereals Oils*,2008,**15**(1):24-25 (in Chinese).
朱庆英, 裘爱泳. 猪油脂产品特性及其氧化稳定性研究[J]. 粮食与油脂,2008,**15**(1):24-25.
- [15] LIU Yang, CUI Lin, ZHAO Zhihui, *et al.* Antibacterial Activity on Different Extracts of 50 Chinese Medicines Against *Streptococcus Suis in vitro* [J]. *J Northeast Agric Univ*,2009,**40**(7):90-93 (in Chinese).
刘洋, 崔琳, 赵志慧, 等. 50 种中草药提取物对猪链球菌的体外抑菌试验[J]. 东北农业大学学报,2009,**40**(7):90-93

Chemical Components of Essential Oils of the Flower, Leaf, Stem and Fruit from *Amygdalus persica* var. *persica* f. *duplex* and Their Antioxidant, Antimicrobial Effects

WEI Qiang*, PENG Xiyue

(Pharmacy School, Anhui Xinhua University, Hefei 230088, China)

Abstract The volatile oils of the flower, leaf, stem and fruit from *Amygdalus persica* var. *persica* f. *duplex* extracted by supercritical carbon dioxide are analyzed by GC-MS. There are 178 components identified and their relative mass fractions are determined. The main constituents and mass concentration are benzaldehyde (11.42%), α -farnesene (9.18%) and *n*-hexadecanoic acid (8.03%) from the flower, benzaldehyde (14.72%), pentacosane (9.85%), octacosane (8.29%) and tricosane (5.14%) from the leaf, (*Z*)-3-hexen-1-ol (28.90%), (*E*)-2-hexen-1-ol (16.06%) and 1-hexanol (6.86%) from the stem, benzaldehyde (20.46%), *n*-hexadecanoic acid (5.84%) and benzyl alcohol (5.01%) from the fruit. The volatile oils of the flower, leaf, stem and fruit lower the contents of peroxides and acid value of peanut oil during 10 ~ 40 d storage period. The volatile oils of the flower and stem show significant antimicrobial activities with the minimum inhibitory concentration (MIC) of 0.024 ~ 0.188 g/L.

Keywords *Amygdalus persica* var. *persica* f. *duplex*; volatile oil; chemical components; antioxidation; antimicrobial activities