

## 连翘挥发油化学成分及其药理作用研究进展

田丁<sup>1\*</sup>, 史梦琪<sup>1</sup>, 王贇<sup>2</sup><sup>1</sup>中国科学院成都文献情报中心, 成都 610041; <sup>2</sup>昆明医科大学药学院暨云南省天然药物药理重点实验室, 昆明 650500

**摘要:**连翘挥发油具有广谱的抑菌、抗氧化、解热抗炎等药理活性,是连翘发挥药理作用的主要物质基础之一。连翘挥发油在食品行业具有潜在的应用价值。本文对连翘不同部位以及配伍中挥发油成分及其药理作用进行综述,为连翘挥发油深度开发与综合利用提供参考。

**关键词:**连翘挥发油;化学成分;活性成分;药理作用

中图分类号:R284;Q946

文献标识码:A

DOI:10.16333/j.1001-6880.2018.10.029

## Volatile Oil from *Forsythia suspense*: Chemical Constituents and Pharmacological Effects

TIAN Ding<sup>1\*</sup>, SHI Meng-qi<sup>1</sup>, WANG Yun<sup>2</sup><sup>1</sup>Chengdu Library and Information Center, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041, China;<sup>2</sup>School of Pharmacy and Yunnan Key Laboratory of Natural Medicine Pharmacology, Kunming Medical University, Kunming 650500, China

**Abstract:**The volatile oil from *Forsythia suspense* possesses antibacterial, anti-oxidant, antipyretic and anti-inflammatory activities. It is the major fraction responsible for the pharmacological effect of this plant. It has potential application value in the food industry. This review summarized the chemicals in the volatile oils from different parts of *F. suspense* and in compatibility drugs, and the pharmacological effects of these oils in order to provide reference for the deep development and comprehensive utilization of volatile oil from *Forsythia suspense*.

**Key words:***Forsythia suspense*; volatile oil; chemical constituents; active constituents; pharmacological effects

连翘 *Forsythia suspensa* (Thunb.) Vahl 为木犀科连翘属植物。连翘药材资源以野生为主,主要产于山西、河南、河北和陕西等地,其果实为传统中药,果壳为药典规定的药用部位,果实初熟时采收炮制称为“青翘”;果实熟透时采收炮制称为“老翘”。作为传统中药,连翘具有清热解毒、消肿散结的功效,常用于治疗发热、发炎、淋症、痢热及丹毒,有 114 种连翘中成药收录入药典<sup>[1]</sup>。近年销量均在千吨以上,年产值高达亿元<sup>[2]</sup>。连翘中含有挥发油类、苯乙醇苷类、木脂素类、有机酸类和萜类等化合物<sup>[3]</sup>,挥发性成分是连翘发挥药理作用的主要物质基础之一。连翘挥发油包含有烯类、烷类、醇类、醛类、酯类等化合物<sup>[4]</sup>。为寻找新的药源,除连翘壳外,对连翘不同部位挥发油的化学成分进行研究,结果表明,

果实、花、种子中也含有大量具有活性的挥发油成分<sup>[4-17]</sup>,连翘挥发油在其配伍中产生新的成分与功能作用<sup>[18-20]</sup>。本文综述了近年连翘不同部位以及配伍中挥发油成分及药理作用研究结果,为连翘挥发油以及连翘的深入研究与综合开发提供参考。

### 1 连翘挥发油的化学成分

#### 1.1 连翘果实挥发油成分

连翘的挥发油成分主要存在于果实中<sup>[4]</sup>,从样品采集地域、采收时间、处理方式、提取方法等方面对其成分进行了研究。吴彦等<sup>[5]</sup>运用硅胶柱层析和核磁共振方法分离连翘果实挥发油的化学成分,共鉴定出 18 种化合物,占总含量的 94.30%,主要成分为  $\alpha$ -蒎烯(63.72%)、 $\beta$ -乙酸松油酯(7.47%)、4-萜品醇(6.67%)、3-异丙基甲苯(3.54%)和  $\gamma$ -萜品烯(2.54%)。王书莉<sup>[6]</sup>利用 GC-MS 检出并鉴定了 118 种成分,占总组成的 96.1%,其中烯类化合物含量最高,占鉴定成分含量的 51.95%,醇类 30.55%、酮类 2.61%、烷类 2.04%、酯类 1.63%、醛

收稿日期:2018-08-20 接受日期:2018-09-30

基金项目:中国科学院文献情报能力专项子项目(Y7C0291001);昆明医科大学“百名中青年学术和技术骨干”培养计划(60117190410);云南省重点实验室培育计划(2017D G006)

\* 通信作者 Tel:86-28-85210304; E-mail:td@clas.ac.cn

类 1.11%、酸类 0.11%、杂环类 0.19%、环氧化物 0.27%。不同产地连翘果实挥发油成分相差较大,魏珊<sup>[7]</sup>采用水蒸气蒸馏法提取对山西、河南、河北、陕西四地 16 批连翘果实中的挥发油,主要成分是 $\beta$ -蒎烯和 $\alpha$ -蒎烯, $\beta$ -蒎烯、 $\alpha$ -蒎烯、月桂烯、对伞花烯、柠檬烯、 $\alpha$ -松油醇等主成分均为山西含量最高。采收期不同,主要成分也存在一定差异,张淑蓉等<sup>[8]</sup>研究发现不同采收期连翘挥发油 $\alpha$ -蒎烯和 $\beta$ -蒎烯的含量存在明显差异,以 7 月中下旬最高。孙迎娜等<sup>[9]</sup>研究发现青翘、老翘挥发油中 $\beta$ -蒎烯含量最高,其次为 $\alpha$ -蒎烯、 $\beta$ -水芹烯、松油烯-4-醇、松油烯,从青翘挥发油检出 $\alpha$ -水芹烯、罗勒烯、 $\alpha$ -松油醇、 $\alpha$ -松香芹酮、Z-薄荷醇、乙酸龙脑酯、 $\alpha$ -库比烯、大根香叶烯 D 8 种特有成分,从老翘挥发油检出 4-亚甲基-1-环己酮、3-环己烯-1-甲醇、对异丙基苯甲醛、香树烯、棕榈酸、肉豆蔻醛 6 种特有成分。连翘果实加工前后提取挥发油成分也存在异同,巩丽丽等<sup>[10]</sup>从连翘挥发油中检出 33 个组分,粉碎组 23 个成分、未粉碎组 28 个成分,两组挥发油主要成分均为 $\alpha$ -蒎烯和 $\beta$ -蒎烯,接近总成分的 80%。不同的提取方法成分含量也不同,Jiao 等<sup>[11]</sup>采用酶辅助微波水蒸气法(EAMHD)、微波水蒸气蒸馏(MHD)、水蒸气蒸馏法(HD)提取连翘挥发油鉴定出 21 种化合物,EAMHD 提取挥发油中芳樟醇等 6 种含氧单萜烯类化合物含量最高。

## 1.2 连翘花挥发油成分

花中的有效成分较果实低,吕金顺等<sup>[12]</sup>从连翘花中鉴定出含量 0.1% 以上化合物 48 个,占挥发油总量的 82.69%,其中有烃类(49.84%)、醛酮类(12.68%)、醇酚醚类(11.61%)、卤代烃(7.17%)、酯类(1.35%)等。花中花蕾与花的主要成分也不同,王金梅等<sup>[13]</sup>采用 HS-SPME-GC-MS 从连翘花蕾和花中共鉴定了 83 个化合物,40 个是共有化合物,花蕾挥发油主要成分是烃类(41.04%),花挥发油主要成分是醇、醛和酮类化合物(26.46%),酯类、酸类化合物在花蕾(8.11%、3.56%)和花(2.12%、5.18%)中含量不同,表明随着花蕾开放,酯类成分被水解为酸;在连翘花中检测到 2,6-二叔丁基对甲酚(1.21%)和 2,6-二叔丁基-4-(1-氧代丙基)苯酚(6.99%)抗氧化成分。不同产地连翘花挥发油在含量与主要成分也有明显差异,杨华等<sup>[14]</sup>从陕北延安产连翘花中鉴定出 52 种化合物,占连翘花挥发油总量的 70.29%,主成分有烯类、烷类、醇类、醛酮、

酸酯化合物等。延安与天水产连翘花挥发油的成分相比,含量较高的成分均为 $\beta$ -蒎烯、香叶醇、对伞花烯,但延安产连翘挥发油含有天水产未检出成分 $\beta$ -月桂烯、乙酸羽扇烯酸酯、双氧灵猫醇、视黄醛、 $\beta$ -3,12-二羟基-12-齐墩果烯等化学成分。

## 1.3 连翘种子挥发油成分

连翘种子占全果实质量的 35%~40%,种子中挥发油含量在 4% 以上<sup>[15]</sup>。近年来,对种子挥发油的研究相继开展。刘国声等<sup>[16]</sup>从市售连翘种子挥发油中共鉴定出 12 个成分,其中主要成分为 $\alpha$ -蒎烯(15.7%)、伞花烯(3.5%)、芳樟醇(6.0%),而陕西产连翘种子挥发油中以上成分含量分别为 16.17%、2.7%、2.99%。Gai 等<sup>[17]</sup>采用酶辅助水萃取法提取连翘种子挥发油,其脂肪酸与葵花籽油相似,由亚油酸(72.96%)、油酸(18.66%)、棕榈酸(5.59%)组成。魏希颖<sup>[15]</sup>从工业生产及陕西、河南、山东不同产地连翘种子挥发油中分别鉴定出 56、39、37、30 种化合物,其中萜类化合物均占 70% 以上,主要仍为 $\beta$ -蒎烯、 $\alpha$ -蒎烯,但成分和种类存在差异,山东产地 $\beta$ -蒎烯含量最高(49.97%),独含香桉烯;陕西和河南产地松油醇含量较高,如河南产地 4-松油醇和 $\alpha$ -松油醇总含量达 17.72%;工业生产种子挥发油中 $\beta$ -水芹烯的含量高达 14.91%,其它三产地 $\beta$ -水芹烯含量较少。 $\beta$ -蒎烯为连翘种子挥发油中的主要成分,平均含量达 522.8 mg/g,连翘种子挥发油可作为 $\beta$ -蒎烯生产的原料资源。

## 1.4 连翘配伍挥发油成分

王佳宇等<sup>[17]</sup>研究发现银翘复方挥发油配伍成分中萜类成分较多,主要为 $\beta$ -蒎烯,含量占挥发油总量近 50%,是复方挥发油主要成分。朱梅芳等<sup>[18]</sup>对连翘、荆芥、薄荷挥发油成分及其配伍成分的变化分析发表,连翘-荆芥、连翘-薄荷、连翘-荆芥-薄荷混合挥发油与连翘单味挥发油相比主要成分及含量均发生了变化。徐小娜等<sup>[19]</sup>利用 GC-MS 联用直观推导式演进特征投影法从连翘-金银花及单味连翘的挥发油中分别鉴定了 46、28 种化合物,占总挥发油的 96.84% 和 96.94%,药对与连翘共有挥发性组分 26 种,如 $\alpha$ -蒎烯、香芹草孟烯醇、 $\alpha$ -松油醇、2,4-癸二烯等,但含量有改变;单味药挥发油中有 6 种物质消失,含量较高的有反- $\alpha$ , $\alpha$ -5-三甲基-5-乙炔基四氢化-2-咪喃甲醇(6.32%)、环氧芳樟醇(4.67%)、2,6-二甲基-3,7-辛二烯-2,6-二醇(5.39%);药对中出现 19 种新的挥发油成分,其中

2,2,5,5-四甲基-3-环戊烯酮(2.68%)含量最高。同样从湖南产连翘及其栀子药对挥发油中分别鉴定了28、27种化合物,分别占总挥发油的96.94%和96.84%,药对与连翘共有挥发性组分23种,同样有物质新增与消失<sup>[20]</sup>。药对挥发油成分基本来自单味药,从化合物数目上看,药对连翘-金银花、连翘-栀子挥发油成分主要来自连翘,但各物质的含量发生了变化。

上述研究表明,连翘挥发油成分及含量因采集地域、采收期、部位不同有所差异,因提取方法、配伍组成的不同也会发生变化,主要特征化学成分及其含量见表1。单味或复方药效均为其所含物质协同作用的结果,成分的差异、消失以及新成分的出现,将引发药理药效的改变。

## 2 连翘挥发油的药理作用

### 2.1 抑菌作用

连翘挥发油对葡萄球菌、芽孢杆菌、大肠杆菌、绿脓杆菌、白色念珠菌、黑曲霉菌的MIC值为0.78~6.25 mg/mL,显示连翘挥发油具有广谱抗菌作用<sup>[11]</sup>。魏希颖<sup>[14]</sup>的研究表明,连翘种子挥发油对酿酒酵母等3种常见真菌和葡萄青霉等3种葡萄致病真菌同样有抑制作用,其抑菌机理可能是通过破坏大肠杆菌、金黄色葡萄球菌和酿酒酵母3种指示菌的细胞壁和细胞膜结构,导致细胞内容物的外漏,从而引起细胞的凋亡;破坏细菌生长过程中某些蛋白质或蛋白质合成酶,导致细胞生长周期的终断而死亡。Guo等<sup>[42]</sup>研究进一步表明连翘挥发油对大肠杆菌和葡萄球菌均具有较强的抑制作用,作用强弱与浓度、作用时间呈正相关,抑制作用是改变细菌的膜通透性,其机制可能是通过破坏大肠杆菌28 kDa蛋白质、葡萄球菌52 kDa蛋白质等细胞壁关键功能蛋白质,从而导致细胞内成分渗漏,特别是 $K^+$ 、 $Ca^{2+}$ 、 $Na^+$ 等电解质大量流失,使细胞死亡,微生物失活。

魏珊等<sup>[9]</sup>研究表明不同产地连翘挥发油对多种细菌均有抑制作用,抑菌活性与药材的产地、批次、贮存时间有关。Jiao等<sup>[11]</sup>采用水蒸气蒸馏法(HD)、微波水蒸气蒸馏法(MHD)及酶辅助微波水蒸气法(EAMHD)提取连翘果实的挥发油,发现EAMHD获得的挥发油活性最强,可能由于蒸馏时间较短,水解作用减少,含氧单萜类化合物与微波相互作用更易提取。朱梅芳等<sup>[18]</sup>抑菌实验表明单味

挥发油及单提混合挥发油对多种细菌的抑菌效果均优于配伍提取挥发油组。上述研究表明,连翘挥发油抑菌活性强弱受药材产地、贮存、提取方法及配伍等情况影响。

### 2.2 抗氧化作用

Jiao等<sup>[11]</sup>对连翘挥发油 $\beta$ -胡萝卜素/亚油酸检测结果为63.56%,说明其有一定的抗氧化活性。Gai等<sup>[43]</sup>利用DPPH和 $\beta$ -胡萝卜素/亚油酸体系测试连翘种子挥发油抗氧化活性,其 $IC_{50}$ 值分别为22.35、29.51 mg/mL。王金梅等<sup>[13]</sup>采用SPME技术在连翘花中检测到2,6-二叔丁基对甲酚(1.21%)和2,6-二叔丁基-4-(1-氧代丙基)苯酚(6.99%),2,6-二叔丁基对甲酚是目前使用范围最广、用量最大的抗氧化剂,俗称抗氧化剂264。魏希颖<sup>[15]</sup>采用DPPH和邻苯三酚自氧化法发现连翘种子挥发油对有机自由基(DPPH)和超氧阴离子自由基( $O_2^{\cdot-}$ )均有显著清除作用,清除率大于90%。上述研究表明连翘花与种子均具有作为天然抗氧化剂的开发潜质。

### 2.3 抗病毒作用

马振亚<sup>[43]</sup>实验采用鸡胚内、鸡胚外实验证实连翘种子挥发油对亚洲甲型流感病毒和I型副流感病毒具有显著的抑制作用。肖会敏等<sup>[44]</sup>以HepG2.2.15细胞为乙型肝炎病毒载体,在连翘挥发油(258.69  $\mu$ g/mL)、 $\alpha$ -蒎烯(258.69  $\mu$ g/mL)、 $\beta$ -蒎烯(192.45  $\mu$ g/mL)为最大无毒剂量时,均无抑制乙型肝炎病毒复制DNA和产生HBsAg、HBeAg的能力;在剂量均为192.5  $\mu$ g/mL时,连翘挥发油、 $\alpha$ -蒎烯、 $\beta$ -蒎烯均无抗甲、乙型流感病毒活性。这些结果表明连翘挥发油中其他成分发挥抗病毒作用现而不是所测试的化合物,或连翘挥发油激活小鼠体内其他途径抑制流感病毒而不是直接的作用。

### 2.4 解热、抗炎作用

党珏等<sup>[45]</sup>采用大鼠发热模型,给药大鼠体温和下丘脑cAMP和PGE2含量变化表明,连翘挥发油可显著降低酵母致热大鼠的体温( $P < 0.01$ 或 $P < 0.05$ ),能显著降低下丘脑中cAMP( $P < 0.05$ )含量,而对PGE2含量无改变,可针对性用于临床治疗。罗林等<sup>[46]</sup>采用足皮下注射角叉菜胶、鸡蛋清大鼠足肿胀模型以及大鼠棉球肉芽肿模型研究发现连翘挥发油可抑制脂多糖和干酵母所致发热,降低角叉菜胶和鸡蛋清所诱导的大鼠足肿胀,且可显著抑制肉芽组织的增生。由于连翘挥发油解热、抗炎作用已得到广泛应用,其解热抗炎药效的机理研究为其进一步开发提供科学依据。

## 2.5 抗肿瘤作用

仝立国等<sup>[47]</sup>采用 S<sub>180</sub> 瘤株肿瘤模型,优选白术、莪术、连翘三种挥发油联用抗肿瘤,其最佳比例为白术挥发油 500 mg/kg、莪术挥发油 100 mg/kg、连翘挥发油 25 mg/kg,低剂量、中剂量、高剂量对肿瘤抑制率分别为 29.08%、41.15%、58.20%,连翘与莪术、白术三者合用具有一定的抗肿瘤作用,其作用机制可能与环磷酰胺相似。研究结果表明连翘挥发油在配伍中具有协同增效作用,无论是挥发油原油还是分离后的组分,药效较好的均含有较高的蒎烯成分。

## 2.6 杀虫、保鲜作用

植物挥发油因其安全、可靠已被广泛应用在粮食贮存驱虫剂、食品防腐保鲜剂的开发研究。吴彦等<sup>[5]</sup>检测连翘挥发油对烟草甲和赤拟谷盗的熏蒸、触杀活性(LC<sub>50</sub>分别为 8.94、7.68 mg/L,LD<sub>50</sub>值分别为 23.66、30.13 μg/头),其中 4-萜品醇对烟草甲的熏蒸和触杀毒性最强(LC<sub>50</sub> 6.90 mg/L,LD<sub>50</sub> 8.62 μg/头),α-蒎烯、γ-萜品烯和 4-萜品醇对两种仓储害虫均具有较好的熏蒸和触杀活性。吴子龙等<sup>[49]</sup>对圣女果的保鲜效果研究表明,连翘挥发油对金黄色葡萄球菌和大肠杆菌均具有明显的抑制作用,对金黄色葡萄球菌的抑菌能力最强,2.0%连翘挥发油溶液处理,可显著降低了圣女果的烂果率;以多种浓度连翘挥发油对“鸡毛”小白菜保鲜效果研究发现,0.5%连翘挥发油保鲜液效果明显,此浓度下,熏蒸比喷洒、涂抹抑菌保鲜效果佳<sup>[49]</sup>。顾仁勇<sup>[50]</sup>以 0.9%连翘、牛至、丁香、山苍子和肉桂等植物挥发油混合 20%乙醇制成复合保鲜剂,可有效延长冷却猪肉的保鲜时间。

## 3 讨论

连翘挥发油成分因不同地域、不同部位化学成

分有所不同,这可能是受各地气候条件、土壤成分等环境生长因素影响;植物采收时间、处理方式不同也可能导致其挥发油成分组成及含量存在差异;同时,因提取方法、配伍组成不同也会影响结果发生变化。单味或复方药效均为其所含物质协同作用的结果,成分及含量的变化必定引起药理药效的改变。为了确保挥发油具有稳定的化学成分和生物活性,在对其开发应用时应充分考虑上述因素,以避免因植物生长、采摘及加工等环节影响其研究与应用。

目前,对连翘挥发油的药理作用研究仍集中在抗菌、抗氧化等功能的评价,仅抗菌、抗炎解热作用机制研究取得进展。另外,连翘挥发油配伍在抗癌研究也有初步探索,为连翘挥发油开发新的药效功能提供了思路。由表 1 可知,连翘含有大量具有活性的挥发油特征成分,当前应用有限,未得到相应的开发利用。因此,有必要在 4 个方面开展进一步的研究工作:(1)开展有关连翘挥发油及其单体化合物药理作用及作用机理研究,解析内部有效组分群及单个组分的药效功能;(2)因连翘挥发油在配伍中的协同增效作用,运用中药功效成分组学研究方法,研究单味、药对或复方药组分、含量的变化与变化机制以及由此产生的药理药效新作用;(3)因植物挥发油相对安全、可靠、高效,开展连翘挥发油在食品领域的应用研究,合理选择挥发油种类进行配伍用于天然香料、天然防腐保鲜剂的开发,是香辛料与复合保鲜剂研究的发展方向;(4)鉴于产地、部位与方法不同,连翘挥发油成分存在明显差异,开展药材的种植规范、药材标准及安全性研究,建立科学评价方法,指导不同领域的合理利用,以促进连翘挥发油以及连翘药材资源深度的开发研究、综合应用与产业化发展。

表 1 连翘挥发油主要特征化学成分及其含量

Table 1 The main characteristic compounds and contents in *Forsythia suspensa* volatile oil

化学成分 Chemical compounds	分子式 Molecular formula	相对含量 Relative contents (%)					功能作用 Function
		果实 Fruit			花 Flower	种子 Seed	
		产地 Fields	采收期 Harvest periods	配伍 Compatibility			
α-蒎烯 alpha-Pinene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	63.72 <sup>a</sup> [5] (河北) 16.99、16.07 <sup>[10]</sup> (山东,果实、碎果) 13.01 <sup>[19]</sup> (湖南)	-	10.23 <sup>[19]</sup> (金银花) 9.19 <sup>[20]</sup> (梔子)	15.68 <sup>[11]</sup> 15.63 <sup>b</sup> [11] 14.83 <sup>c</sup> [11]	-	天然香料、增效 剂、引诱剂 等合成 原料 <sup>[21]</sup> ; 杀虫;抗真 菌;抗病毒; 抗肝癌 <sup>[22]</sup>

续表 1 (Continued Tab. 1)

化学成分 Chemical compounds	分子式 Molecular formula	相对含量 Relative contents (%)						功能作用 Function
		果实 Fruit				花 Flower	种子 Seed	
		产地 Fields	采收期 Harvest periods	配伍 Compatibility	其他 Others			
$\beta$ -蒎烯 beta-Pinene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	61.71, 62.89 <sup>[10]</sup> (山东, 果实, 碎果)	-	-	37.02 <sup>[11]</sup> 37.08 <sup>[11] b</sup> 36.12 <sup>[11] c</sup>	6.58 <sup>d</sup> <sup>[14]</sup> (陕西)	43.47 <sup>[15]</sup> (河南) 41.39 <sup>[15]</sup> (陕西) 49.97 <sup>[15]</sup> (山东) 47.78 <sup>[15]</sup> (工业)	抑菌、 抗肿瘤 <sup>[23]</sup>
马鞭草烯酮 Verbenone	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub> O	0.14 <sup>a</sup> <sup>[5]</sup> (河北)	-	-	-	-	-	杀虫 <sup>[24]</sup>
桃金娘烯醛 (-)-Myrtenal	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub> O	0.73 <sup>a</sup> <sup>[5]</sup> (河北) 0.13, 0.09 <sup>[10]</sup> (山东, 果实, 碎果)	-	-	-	-	-	杀虫 <sup>[25]</sup>
b-乙酸松油酯 b-Terpinyl acetate	C <sub>12</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>	7.47 <sup>a</sup> <sup>[5]</sup> (河北)	-	-	-	-	-	-
3-异丙基甲苯 p-Isopropyltoluene	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub>	3.54 <sup>a</sup> <sup>[5]</sup> (河北)	-	-	-	-	-	-
$\gamma$ -萜品烯 gamma-Terpinene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	2.54 <sup>a</sup> <sup>[5]</sup> (河北) 2.87 <sup>[19]</sup> (湖南)	-	2.55 <sup>[20]</sup> (栀子)	0.24 <sup>[11]</sup> 0.34 <sup>b</sup> <sup>[11]</sup> 0.22 <sup>c</sup> <sup>[11]</sup>	-	3.89 <sup>[15]</sup> (河南) 3.23 <sup>[15]</sup> (陕西) 1.92 <sup>[15]</sup> (山东)	-
$\beta$ -水芹烯 beta.-Phellandrene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	1.08 <sup>[19]</sup> (湖南)	12.17 <sup>[9]</sup> (青翘) 12.17 <sup>[9]</sup> (老翘)	0.93 <sup>[20]</sup> (栀子)	0.33 <sup>[11]</sup> 0.28 <sup>b</sup> <sup>[11]</sup> 0.18 <sup>c</sup> <sup>[11]</sup>	-	1.39 <sup>[15]</sup> (河南) 5.47 <sup>[15]</sup> (陕西) 1.32 <sup>[15]</sup> (山东)	-
$\alpha$ -萜品烯 alpha-Terpinene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	1.39, 1.57 <sup>[10]</sup> (山东, 果实, 碎果) 2.08 <sup>[19]</sup> (湖南)	-	1.58 <sup>[19]</sup> (金银花) 2.48 <sup>[20]</sup> (栀子)	3.47 <sup>[11]</sup> 3.10 <sup>b</sup> <sup>[11]</sup> 2.36 <sup>c</sup> <sup>[11]</sup>	-	-	氧化损伤 <sup>[27]</sup>
$\alpha$ -水芹烯 alpha-Phellandrene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	0.09, 0.15 <sup>[10]</sup> (山东, 果实, 碎果) 0.28 <sup>[19]</sup> (湖南)	0.24 <sup>[9]</sup> (青翘)	0.00 <sup>[20]</sup> (栀子)	3.43 <sup>[11]</sup> 3.06 <sup>b</sup> <sup>[11]</sup> 2.23 <sup>c</sup> <sup>[11]</sup> 1.62 <sup>[11]</sup>	-	-	抗真菌 <sup>[28]</sup>
松油烯-4-醇 Terpinen-4-ol	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	6.66 <sup>a</sup> <sup>[5]</sup> (河北)	1.34 <sup>[9]</sup> (青翘) 1.54 <sup>[9]</sup> (老翘)	-	2.96 <sup>b</sup> <sup>[11]</sup> 3.68 <sup>c</sup> <sup>[11]</sup>	-	11.72 <sup>[15]</sup> (河南) 10.33 <sup>[15]</sup> (陕西) 4.51 <sup>[15]</sup> (山东)	杀虫 <sup>[5]</sup> ; 抗真菌 <sup>[29]</sup> ; 抗肿瘤 <sup>[30]</sup>
松油烯 Terpinene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	-	3.71 <sup>[9]</sup> (青翘) 3.07 <sup>[9]</sup> (老翘)	-	-	-	-	-
罗勒烯 Ocimene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	-	0.09 <sup>[9]</sup> (青翘)	-	-	-	-	提高植物抗性 <sup>[31]</sup>
$\alpha$ -松油醇 a-Terpinenol	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	0.83, 0.79 <sup>[10]</sup> (山东, 果实, 碎果) 2.38 <sup>[19]</sup> (湖南)	1.34 <sup>[9]</sup> (青翘) 1.54 <sup>[9]</sup> (老翘)	2.24 <sup>[19]</sup> (金银花) 5.17 <sup>[20]</sup> (栀子)	4.35 <sup>[11]</sup> 5.57 <sup>d</sup> <sup>[11]</sup> 6.18 <sup>c</sup> <sup>[11]</sup>	-	6.00 <sup>[15]</sup> (河南) 1.40 <sup>[15]</sup> (陕西) 0.29 <sup>[15]</sup> (山东)	-
棕榈酸 Palmitic acid	C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	1.50 <sup>[19]</sup> (湖南)	0.67 <sup>[9]</sup> (老翘)	1.90 <sup>[19]</sup> (金银花) 4.55 <sup>[20]</sup> (栀子)	5.06 <sup>[4]</sup>	2.62 <sup>e</sup> <sup>[13]</sup> (河南) 0.57 <sup>e</sup> <sup>[13]</sup> (花蕾, 河南)	-	-
香芹草孟烯醇 4-Carvomenthenol	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	9.79 <sup>[19]</sup> (湖南)	-	8.02 <sup>[19]</sup> (金银花) 9.04 <sup>[20]</sup> (栀子)	-	-	-	-
柠檬烯 Limonene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	-	-	-	7.86 <sup>[11]</sup> 6.88 <sup>b</sup> <sup>[11]</sup> 7.19 <sup>c</sup> <sup>[11]</sup>	-	-	抑菌、防腐、 抗肿瘤 <sup>[32]</sup>
芳樟醇 Linalool	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	-	-	-	4.92 <sup>[11]</sup> 7.36 <sup>b</sup> <sup>[11]</sup> 8.99 <sup>c</sup> <sup>[11]</sup>	0.39 <sup>f</sup> <sup>[14]</sup> (陕西)	-	镇痛、抗焦虑、 镇静催眠、 抗炎、抗肿瘤、 抗菌、 香料及工业生 产的中间体 <sup>[33]</sup>

续表 1 (Continued Tab. 1)

化学成分 Chemical compounds	分子式 Molecular formula	相对含量 Relative contents (%)						功能作用 Function
		果实 Fruit				花 Flower	种子 Seed	
		产地 Fields	采收期 Harvest periods	配伍 Compatibility	其他 Others			
樟脑 Camphor	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O	-	-	-	3.95 <sup>[11]</sup> 4.74 <sup>b</sup> [11] 5.65 <sup>c</sup> [11]	-	-	-
2,6-二叔丁基 对甲酚 2,6-Di-tert-butyl- 4-methylphenol	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub> O	-	-	-	-	1.21 <sup>e</sup> [13] (河南)	-	抗氧化 <sup>[13]</sup> ; 抗肿瘤 <sup>[34]</sup>
2,6-二叔丁基-4- (1-氧代 丙基) 苯酚 2,6-Bis(1,1- dimethylethyl)- 4-(1-oxopropyl) phenol	C <sub>17</sub> H <sub>26</sub> O <sub>2</sub>	-	-	-	-	6.99 <sup>e</sup> [13] (河南)	-	抗氧化 <sup>[13]</sup>
石竹烯 Caryophyllene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	-	-	-	-	1.02 <sup>e</sup> [13] (河南) 1.88 <sup>e</sup> [13] (花蕾,河南)	-	抗脑缺血 再灌注损 伤 <sup>[35]</sup> ; 杀虫、抗肿 瘤 <sup>[36]</sup> ; 抗焦虑、 抗抑郁、 局麻 <sup>[37]</sup> ; 抑菌 <sup>[38]</sup> ; 镇痛 <sup>[39]</sup> ; 抗肿瘤 <sup>[39]</sup> ; 祛痰、 抗炎 <sup>[12]</sup>
香叶醇 Geraniol	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	-	-	-	-	2.25 <sup>d</sup> [14] (陕西)	-	抑菌 <sup>[37]</sup> ; 镇痛 <sup>[38]</sup> ; 抗肿瘤 <sup>[39]</sup> ;
对伞花烃 p-Cymene	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub>	-	-	-	-	2.25 <sup>d</sup> [14] (陕西)	-	祛痰、 抗炎 <sup>[12]</sup>
$\beta$ -月桂烯 beta.-Myrcene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	-	-	-	-	1.71 <sup>d</sup> [14] (陕西)	1.80 <sup>[15]</sup> (河南) 1.57 <sup>[15]</sup> (陕西) 1.90 <sup>[15]</sup> (山东) 1.13 <sup>[15]</sup> (工业)	-
乙酸羽扇烯酸酯 Lupenylacetate	C <sub>32</sub> H <sub>52</sub> O <sub>2</sub>	-	-	-	-	5.68 <sup>d</sup> [14] (陕西)	-	-
壬醛 Nonanal	C <sub>9</sub> H <sub>18</sub> O	0.00 <sup>[19]</sup> (湖南)	-	0.35 <sup>[19]</sup> (金银花)	-	2.80 <sup>e</sup> [13] (河南) 4.41 <sup>e</sup> [13] (花蕾,河南)	-	抗真菌 <sup>[28]</sup>
3-甲基-1,2-环 戊烷二酮 3-methyl-1,2- Cyclopentanedione	C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	-	-	-	-	3.84 <sup>e</sup> [13] (河南)	-	-
十五烷 Pentadecane	C <sub>15</sub> H <sub>32</sub>	-	-	-	-	7.52 <sup>e</sup> [13] (河南) 14.07 <sup>e</sup> [13] (花蕾,河南)	-	-
十六烷 Hexadecane	C <sub>16</sub> H <sub>34</sub>	-	-	-	-	4.07 <sup>e</sup> [13] (河南) 2.71 <sup>e</sup> [13] (花蕾,河南)	-	-
肉豆蔻酸 Tetradecanoic acid	C <sub>14</sub> H <sub>28</sub> O <sub>2</sub>	-	-	-	-	2.13 <sup>e</sup> [13] (河南) 1.78 <sup>e</sup> [13] (花蕾,河南)	-	抑菌 <sup>[40]</sup>
6,10,14-三甲基- 2-十五烷酮 6,10,14-trimethyl- 2-Pentadecanone	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O	-	-	-	-	4.41 <sup>e</sup> [13] (河南) 6.69 <sup>e</sup> [13] (花蕾,河南)	-	-
二十三烷 Tricosane	C <sub>23</sub> H <sub>48</sub>	-	-	-	-	2.77 <sup>e</sup> [13] (河南) 1.56 <sup>e</sup> [13] (花蕾,河南)	-	-

续表 1 (Continued Tab. 1)

化学成分 Chemical compounds	分子式 Molecular formula	相对含量 Relative contents (%)						功能作用 Function
		果实 Fruit				花 Flower	种子 Seed	
产地 Fields	采收期 Harvest periods	配伍 Compatibility	其他 Others					
$\beta$ -伞花烃 beta-Cymene	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub>	-	-	-	-	-	4.03 <sup>[15]</sup> (河南) 2.04 <sup>[15]</sup> (陕西) 2.18 <sup>[15]</sup> (山东)	-
枞油烯 Sylvestrene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	-	-	-	-	-	3.78 <sup>[15]</sup> (河南) 2.62 <sup>[15]</sup> (山东)	-
香桉烯 Sabinene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	4.11 <sup>[19]</sup> (湖南)	-	3.15 <sup>[19]</sup> (金银花) 0.71 <sup>[20]</sup> (梔子)	-	-	16.04 <sup>[15]</sup> (山东) 1.57 <sup>[15]</sup> (陕西)	-
$\beta$ -月桂烯 beta.-Myrcene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	-	-	-	-	1.71 <sup>d</sup> <sup>[14]</sup> (陕西)	1.80 <sup>[15]</sup> (河南) 1.90 <sup>[15]</sup> (山东) 1.13 <sup>[15]</sup> (工业)	-
己醛 Heptanal	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O	5.52 <sup>[19]</sup> (湖南)	-	7.66 <sup>[19]</sup> (金银花) 4.42 <sup>[20]</sup> (梔子)	-	-	-	-
环己烷 Hexamethylene	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub>	11.04 <sup>[20]</sup> (湖南)	-	25.31 <sup>[20]</sup> (梔子)	-	-	-	-

注: a: 硅胶柱层析, 核磁共振; b: 微波水蒸气蒸馏法, GC-MS; c: 酶辅助微波水蒸气提取法, GC-MS; d: 超声协助水蒸气蒸馏法, GC-MS; e: 顶空固相微萃取法, GC-MS; 未提及的提取及检测方法均为水蒸气蒸馏法和 GC-MS。

Note: a: silica column chromatography, NMR; b: icrowave hydro-distillation, GC-MS; c: enzyme-assisted microwave hydro-distillation, GC-MS; d: ultrasonic assisted hydro-distillation, GC-MS; e: HS-SPME, GC-MS; the others all used steam distillation, GC-MS.

## 参考文献

- Chinese Pharmacopoeia Commission (国家药典委员会). Pharmacopoeia of the People's Republic of China: Vol I (中华人民共和国药典: 第一部) [M]. Beijing: China Medical Science Press, 2015.
- Ministry of Commerce, People's Republic of China. Statistics of market circulation of key Chinese medical materials [DB]. Shanghai: Wind, 2016.
- Wang ZY, et al. Phytochemistry, pharmacology, quality control and future research of *Forsythia suspensa* (Thunb.) vahl: A review [J]. *J Ethnopharmacol*, 2018, 210: 318-339.
- Sun QQ (孙倩倩), et al. Research progress on a natural preservative-*Forsythia suspensa* essential oil [J]. *China Food Add* (中国食品添加剂), 2012, 1: 222-226.
- Wu Y (吴彦), et al. Insecticidal activities of the *Forsythia suspensa* essential oil against two tobacco storage insects [J]. *Chin Tob Sci* (中国烟草科学), 2016, 37(3): 67-71.
- Wang SL (王书莉). Study on the origin processing technology and chemical component of *Forsythiae Fructus* [D]. Zhengzhou: Henan University of Chinese Medicine (河南中医药大学), 2017.
- Wei S (魏珊). Analysis of major components and antibacterial activity of volatile oil from *Forsythiae fructus* in different origins [J]. *Chin J Exerimental Tradit Med Formulae* (中国实验方剂学杂志), 2016, 22: 69-74.
- Zhang SR (张淑蓉), et al. Comparison of the contents of  $\alpha$ -pinene and  $\beta$ -pinene in volatile oil of *Forsythia suspensa* in different harvest periods [J]. *China Pharm* (中国药房), 2013, 24: 4469-4471.
- Sun YN (孙迎娜), et al. Comparative study on the chemical constitutions of volatile oil in *Forsythia suspensa* and old *F. suspensa* [J]. *China Pharm* (中国药房), 2016, 27: 2087-2090.
- Gong LL (巩丽丽), et al. Analysis of volatile constituents in *Forsythia suspensa* by gas chromatography-mass spectrometry [J]. *J Shandong Univ of Tcm* (山东中医药大学学报), 2015, 39: 256-257.
- Jiao J, et al. Enzyme-assisted microwave hydro-distillation essential oil from *Fructus forsythia*, chemical constituents, and its antimicrobial and antioxidant activities [J]. *Food Chem*, 2012, 134: 235-243.
- Lyu JS (吕金顺), et al. Study on chemical constituents of essential oil of flower of *Forsythia suspensa* (Thunb.) Vahl [J]. *Chin J Spectroscopy Laboratory* (光谱实验室), 2004, 21: 815-817.
- Wang JM (王金梅), et al. Volatiles in buds and flowers of *Forsythia suspensa* [J]. *Nat Prod Res Dev* (天然产物研究与开发), 2011, 23: 458-463.
- Yang H (杨华), et al. Analysis on volatile oil from *Forsythia* flower growing in north of Shanxi provice [J]. *Guangdong*

- Agric Sci* (广东农业科学), 2011, (16): 90-91.
- 15 Wei XY (魏希颖). Study on chemical composition, biological activity and self-emulsifying drug delivery system of essential oil from *Forsythia suspense* seeds [D]. Xi'an; Shanxi Normal University (陕西师范大学), 2010.
  - 16 Liu GS (刘国声), et al. Chemical study on the essential oil from the seeds of *Forsythia suspensa* vahl [J]. *Acta Botanica Sinica* (植物学报), 1984, 26: 672-674.
  - 17 Wang JY (王佳宇), et al. Study on stability of volatile oil extracted from yinqiaosan decoction [J]. *Chin J Inf Tradit Chin Med* (中国中医药信息杂志), 2015, 22(10): 81-85.
  - 18 Zhu MF (朱梅芳) 等, et al. Effects of different extraction methods on composition and antibacterial activity of volatile oil from *Forsythiae Fructus*, *Schinzonepetae Herba* and *Menthae Haplocalycis Herba* [J]. *Chin Tradit Herb Drugs* (中草药), 2018, 49: 2845-2854.
  - 19 Xu XN (徐小娜), et al. Analysis of volatile components in drug pair fructus gardeniae-fructus forsythiae and its single herbs based on GC-MS and help method [J]. *J Nanchang Inst Technol* (南昌工程学院学报), 2016, 35: 6-10.
  - 20 Xu XN (徐小娜), et al. Analysis of volatile oil components in drug pair Fructus Gardeniae-Fructus Forsythiae and its single herb by GC-MS and HELP [J]. *Chin J Health Lab Tec* (中国卫生检验杂志), 2016, 26: 1843-1846.
  - 21 Hu JH (胡建华), et al. Synthesis and comprehensive utilization of  $\alpha$ -pinene derivatives [J]. *Shandong Chem Ind* (山东化工), 2014, 43(6): 64-68.
  - 22 Yang JB (杨杰波), et al. Advances in research on biological activity of  $\alpha$ -pinene and its derivatives [J]. *J China Prescrip Drug* (中国处方药), 2015, 13(9): 12-13.
  - 23 Gao YQ (高艳清). Antibacterial and antitumor activity of synthesized  $\beta$ -pinene derivatives [J]. *Biomass Chem Eng* (生物质化学工程), 2013, 47, 6: 53.
  - 24 Sun D (孙东), et al. Preliminary study on synergistic effect of verbenone and 3-carene on the attraction to dendroctonus valens [J]. *J Shanxi Agri Sci* (山西农业科学), 2011, 39: 266-269.
  - 25 Peng L (彭莉), et al. Synthesis and bioactivity determination of myrtenal [J]. *Chem Bioeng* (化学与生物工程), 2013, 30: 50-52.
  - 26 Lu K (卢奎), et al. Synthesis of natural insecticide  $\beta$ -phellandrene [J]. *Nat Prod Res Dev* (天然产物研究与开发), 1996, 8: 28-31.
  - 27 Wang YN (王亚男), et al. Effect of  $\alpha$ -terpinene and 1-isopropyl-4-methylbenzene on oxidative damage induced by volatile oil from *Chenopodium ambrosioides* L. [J]. *Southwest China J Agri Sci* (西南农业学报), 2016, 29: 1302-1306.
  - 28 Sun HL (孙和龙). Studies of  $\alpha$ -phellandrene and nonanal's inhibition effect on penicillium and botrytis cinerea [D]. Xiangtan; Xiangtan University (湘潭大学), 2017.
  - 29 Zhou J (周静), et al. Antimicrobial activity of terpinen-4-ol against *Propionibacterium acnes* and *Staphylococcus aureus* in vitro [J]. *J Pathoegn Bio* (中国病原生物学杂志), 2018, 13: 160-163 + 167.
  - 30 Tu YH (涂云华), et al. Effects of terpinen-4-ol on proliferation and apoptosis of human melanoma WM35 cells [J]. *J Prac Med* (实用医学杂志), 2016, 32: 1584-1587.
  - 31 Gui Q (桂茜). Preliminary study on the mechanism of ocimene promoting plant insect resistance [D]. Changsha; Hunan Agricultural University (湖南农业大学), 2017.
  - 32 Jiang Y (蒋莹), et al. Research progress in the development and utilization of limonene [J]. *China Food Safety Mag* (食品安全导刊), 2018, 9: 133.
  - 33 Jiang DM (姜冬梅), et al. Advances in research of pharmacological effects and formulation studies of linalool [J]. *Chin J Chin Mater Med* (中国中药杂志), 2015, 40: 3530-3533.
  - 34 Zhuang X (庄勋), et al. Butylhydroxytoluene induce apoptosis to pulmonary macrophage in rat lung [J]. *J Toxicol* (毒理学杂志), 2006, 6: 360-363.
  - 35 Yang M (杨梅), et al.  $\beta$ -caryophyllene mitigates cerebral ischemia reperfusion injury in mice by inhibiting HMGB1/TLR4/NF-KB pathway [J]. *Chin J Immun* (中国免疫学杂志), 2017, 33: 1009-1013.
  - 36 Liu XY (刘晓宇), et al. Research progress in bioactivity and synthesis of  $\beta$ -caryophyllene and its derivatives [J]. *Chem Ind Fore Prod* (林产化学与工业), 2012, 32: 104-110.
  - 37 Sun FH (孙丰慧), et al. In vitro antibacterial activity of geraniol against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* [J]. *Chin J Antibio* (中国抗生素杂志), 2018, 43: 921-926.
  - 38 Xing ZL (邢自立), et al. Abirritation of geraniol on neuropathic pain model rat and possible mechanism [J]. *Chin Pharmacol Bull* (中国药理学通报), 2017, 33: 535-541.
  - 39 Xu H (徐慧), et al. Effect of geraniol on proliferation and TGF- $\beta$ 1 signaling pathway of human hepatocellular carcinoma cell line Huh7 [J]. *J Hunan Normal Uni: Med Sc Edi* (湖南师范大学学报: 医学版), 2017, 14(6): 12-15.
  - 40 Bai B (白兵). Study on the activity and mechanism of myristic acid against *Listeria monocytogenes* [D]. Changchun; Jilin University (吉林大学), 2017.
  - 41 Guo N, et al. Antibacterial activity of *Fructus forsythia* essential oil and the application of EO-loaded nanoparticles to food-borne pathogens [J]. *Foods*, 2016, 5(4): 73.
  - 42 Gai YQ, et al. Enzyme-assisted aqueous extraction of oil from *Forsythia suspense* seed and its physicochemical property and



- antioxidant activity[J]. *Ind Crop Prod*, 2013, 51:274-278.
- 43 Ma ZY(马振亚). The effect of essential oil of forsythium seeds on pathogenic microorganism such as influenza virus[J]. *J Shanxi Med*(陕西新医药), 1980, 9(11):51-52.
- 44 Xiao HM(肖会敏), et al. Component analysis of forsythia essential oil and study on their anti-viral activity[J]. *China Med Herald*(中国医药导报), 2011, 8(8):31-33.
- 45 Dang J(党珏), et al. Antipyretic effect of *Forsythia suspense* extract and forsythia oil on yeast-induced fever rats and its mechanism[J]. *Nat Prod Res Dev*(天然产物研究与开发), 2017, 29:1542-1545.
- 46 Luo L(罗林), et al. Antipyretic and anti-inflammatory effects of *Forsythia suspense* volatile oil in different rats models[J]. *Nat Prod Res Dev*(天然产物研究与开发), 2018, 30:207-211.
- 47 Tong LG(仝立国), et al. Study on the antitumor effect dosage optimization of Rhizome zedoariae, *Atractylodes*, *Forsythia* volatile oil[J]. *Lishizhen Med Mater Med Res*(时珍国医国药), 2016, 27:1871-1873.
- 48 Wu ZL(吴子龙), et al. The preservative effect of *Forsythia* essential oil on *Brassica chinensis* L. [J]. *Food Sci Tech*(食品科技), 2017, 42(8):49-53.
- 49 Wu ZL(吴子龙), et al. Extraction of essential and its effect on antibacterial preservation of *Forsythia suspensa* [J]. *Nor Hortical*(北方园艺), 2016, 11:131-134.
- 50 Gu RY(顾仁勇). Study on the extraction of five kinds of five spices essential oil and applying to preservation of refrigeration pork[D]. Hunan:Hunan Agriculture University, 2007.
- 
- (上接第 1792 页)
- 21 Zou Y(邹云), Xie HB(谢红兵), Yu QF(禹琪芳), et al. Effects of plant polysaccharides on lymphocyte proliferation and cytokine secretion in weanling piglets[J]. *Acta Zoonutrim Sinica*(动物营养学报), 2014, 26:210-218.
- 22 Tan BK, Vanitha J. Immunomodulatory and antimicrobial effects of some traditional Chinese medicinal herbs; a review[J]. *Curr Med Chem*, 2004, 11:1423.
- 23 Spelman K, Burns J, Nichols D, et al. Modulation of cytokine expression by traditional medicines; a review of herbal immunomodulators[J]. *Alterne Med Rev A J Clini Therap*, 2006, 11:128.
- 24 Li JP(李建平), Shan AS(单安山), Xu QY(徐奇友), et al. Effects of different acidifiers on gastric acid secretion, Immunology and antioxidation of early weaned piglets[J]. *J Northt Agric Univ*(东北农业大学学报), 2009, 40(4):69-73.
- 25 Yu F(余飞), Yuan LL(袁聪俐), Yang ZB(杨志彪), et al. Advances in research on erythrocyte immunity[J]. *Progr Veter Med*(动物医学进展), 2007, 28(6):82-85.
- 26 Tian CL(田春雷), Yuan W(袁威), Ren ZH(任志华), et al. The effect of composite antibacterial peptide "Taikanglibao" on the immune fuctionof erythrocytes in weaning piglets[J]. *Chin J Veter Sci*(中国兽医学报), 2015, 35:795-798.
- 27 Ma YF(马玉芳), Zhang ZQ(张中桥), Yao JS(姚金水), et al. Effects of Chinese herb additives on immune function in weaned piglets[J]. *Acta Agric Univ Jiangxiensis*(江西农业大学学报), 2008, 30:399-404.
- 28 Zhang F(张飞), Xu JB(许静波), Mu T(牟藤), et al. Effects of Astragalus polysaccharides on blood physiological Index and growth performance of early weaned[J]. *Feed Ind*(饲料工业), 2011, 32(13):16-18.