

# 橐叶花椒树皮精油化学成分及其抗氧化活性

任永权<sup>1</sup>, 陶光林<sup>2</sup>, 周江菊<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>凯里学院环境与生命科学学院, 凯里 556011; <sup>2</sup>剑河县林业局林科所, 剑河 556400

**摘要:** 采用水蒸气蒸馏法提取橐叶花椒树皮精油, 气相色谱-质谱联用法分离并分析鉴定其成分及相对含量, 并研究了精油的抗氧化活性。结果表明, 在橐叶花椒树皮精油中共鉴定出 54 个化合物, 橐叶花椒树皮中精油的主要成分为 (-)-松油烯醇 (17.64%)、桉叶醇 (13.82%)、香桉烯 (11.73%)、 $\gamma$ -萜品烯 (10.88%)、 $\alpha$ -萜烯 (8.00%)、芳樟醇 (6.93%)、萜品油烯 (5.86%)、 $\alpha$ -萜品醇 (4.44%)、(-)- $\alpha$ -水芹烯 (2.25%) 等; 400 ppm 的橐叶花椒树皮中精油对超氧阴离子自由基 ( $O_2^{\cdot -}$ )、羟基自由基 ( $\cdot OH$ )、有机自由基 (DPPH $\cdot$ ) 以及体外模拟胃液中亚硝酸根离子 ( $NO_2^-$ ) 的清除率分别达到 17.4%、49.1%、48.7% 和 50.8%。

**关键词:** 橐叶花椒; 精油; 化学成分; 抗氧化活性; GC-MS

中图分类号: R284.1

文献标识码: A

## Chemical Composition and Antioxidant Activities of the Essential Oil from Twigs Bark of *Zanthoxylum ailanthoides*

REN Yong-quan<sup>1</sup>, TAO Guang-lin<sup>2</sup>, ZHOU Jiang-ju<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Institute of Environment and Life Science, Kaili University, Kaili Guizhou 556011, China;

<sup>2</sup>Institute of Forestry, Jianhe Forestry Bureau, Jianhe Guizhou 556400, China

**Abstract:** The chemical composition of the steam distilled essential oil obtained from twigs bark of *Zanthoxylum ailanthoides* was analyzed by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS), and antioxidant activities of the essential oil were analyzed. GC-MS analysis of the oil resulted in determination of 54 compounds. (-)-terpinen-4-ol (17.64%), eucalyptol (13.82%), sabinene (11.73%),  $\gamma$ -terpinene (10.88%),  $\alpha$ -carene (8.00%), linalool (6.93%), terpinolene (5.86%),  $\alpha$ -terpineol (4.44%) and (-)- $\alpha$ -phellandrene (2.25%) were determined as the major components. The inhibition percentages of superoxide anion free radical ( $O_2^{\cdot -}$ ), hydroxyl free radical ( $\cdot OH$ ), DPPH radical and eliminating  $NO_2^-$  (scavenging activity) of the essential oil (400 ppm) were 17.4%, 49.1%, 48.7% and 50.8%, respectively.

**Key words:** *Zanthoxylum ailanthoides*; essential oil; chemical composition; antioxidant activities; GC-MS

植物精油是一类天然植物次生代谢物, 具有增香、杀菌、抗病毒和抗氧化等生物活性, 在香料、化妆品、食品、制药及农业害虫防治等方面得到了广泛应用。橐叶花椒 (*Zanthoxylum ailanthoides* Sieb. et Zucc.) 别名椿叶花椒、食茱萸、木满天星, 为芸香科花椒属落叶乔木, 广泛分布在韩国、日本、菲律宾和中国的东南和西南部<sup>[1]</sup>。橐叶花椒为常用的中草药, 以根、树皮、果实和叶入药, 具有祛风通络、活血散瘀、温中健胃等诸多功效<sup>[2]</sup>。对橐叶花椒各药用部位化学成分的研究有较多文献报道<sup>[3-6]</sup>, 但其中针对精油的提取及其抗氧化活性研究报道则较少。吴

刚等<sup>[7]</sup>对产自安徽芜湖的橐叶花椒叶的挥发油的化学成分进行了研究, 张云等<sup>[8]</sup>研究了产自湖南的橐叶花椒的新鲜果实精油对蚊虫的生物活性及其化学成分。本研究提取了产自贵州剑河的橐叶花椒嫩枝树皮中的精油, 采用气相色谱-质谱联用技术对其化学成分进行详细研究, 并分析了其精油的抗氧化活性, 为该药用植物精油的开发应用提供参考。

## 1 仪器与材料

Agilent GC6890/MS5975 气相色谱-质谱联用仪 (美国, Agilent 公司), 722/722S 型光栅分光光度计 (上海精密仪表仪器有限公司), 植物精油提取装置, 2,2-二苯基-1-苦味肼基自由基 (DPPH $\cdot$ ), 纯度大于 90%, 美国 Sigma-Aldrich 公司产品; 邻苯三酚, 邻二氮菲, 对氨基苯磺酸, N-(1-萘基)乙二胺盐

酸,亚硝酸钠,三羟甲基氨基甲烷,磷酸氢二钠,磷酸二氢钠,柠檬酸,柠檬酸钠,盐酸,硫酸亚铁,无水乙醚,无水硫酸镁,均为分析纯,国药集团化学试剂有限公司;高纯氩(纯度为99.999%)。桉叶花椒于2012年7月采于贵州省剑河县,由凯里学院环境与生命科学学院周江菊教授鉴定。

## 2 实验方法

### 2.1 桉叶花椒叶精油的提取

新鲜的桉叶花椒树枝在室内阴干5 d,剥皮,将皮剪碎,取碎末300 g放入三口烧瓶中,加入适量蒸馏水,按中华人民共和国药典(2010版)挥发油提取法提取精油,得到具有特殊气味的浅黄色透明的油状液体3.46 g,作GC-MS分析。

### 2.2 桉叶花椒树枝皮精油化学成分分析

GC-MS分析测试条件:色谱柱DB-5MS(0.25 mm×30 m,0.25 μm),载气为氦气,流速5.6 mL/min;程序升温:柱初温40℃,保持3 min后,以15℃/min上升到100℃,再以8℃/min升温至260℃,保温4 min;进样口温度250℃;柱内载气流量为0.5 mL/min。进样量1 μL,采用分流进样,分流比为150:1;质谱条件为:接口温度280℃,离子源(EI)温度230℃,质量扫描范围30~400 AMU,电离电压70 eV,溶剂延迟时间2.0 min。化合物的相对含量(质量分数)确定为面积归一化法,化合物定性分析是根据GC-MS联用所得质谱信息,经计算机用标准NIST08,WILEY275图库检索与标准谱图对照解析。

### 2.3 桉叶花椒树枝皮精油抗氧化活性测定

#### 2.3.1 超氧阴离子自由基(O<sub>2</sub><sup>·-</sup>)清除活性的测定

采用邻苯三酚自氧化法测定桉叶花椒树枝皮精油对超氧阴离子自由基的清除活性。取0.05 mol/L Tris-HCl缓冲溶液(pH=8.2)4.5 mL,置于25℃水浴中预热25 min,分别加入1 mL不同浓度(100 ppm,200 ppm,400 ppm,V/V)的精油溶液和0.4 mL25 mmol/L邻苯三酚溶液,混匀后在25℃水浴中反应5 min,加入1 mL8 mol/L的HCl终止反应,299 nm处测定吸光度A。空白组以相同体积的(1 mL)无水乙醇代替精油样品,对照组以相同体积(1 mL)相同浓度的抗坏血酸的乙醇溶液代替桉叶花椒树枝皮精油样品。精油对O<sub>2</sub><sup>·-</sup>的抑制作用以清除率E(%)表示: $E(%) = (A_0 - A_1)/A_0 \times 100\%$ ,其中,A<sub>0</sub>:空白吸光度,A<sub>1</sub>:样品吸光度。

#### 2.3.2 羟基自由基(·OH)清除活性测定

取1.0 mL0.75 mmol/L的邻二氮菲无水乙醇溶液于试管中,依次加入2.0 mL0.2 mol/L的磷酸盐缓冲液(pH7.4)和0.5 mL无水乙醇,加入1.0 mL新配制0.75 mmol/L的FeSO<sub>4</sub>溶液。混匀后,加入1.0 mL新配制的0.01% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>,于37℃水浴加热1 h后,在536 nm波长处测定吸光度为A<sub>损伤</sub>。样品管以0.5 mL不同浓度(100 ppm,200 ppm,400 ppm,V/V)的精油溶液,代替损伤管中的0.5 mL无水乙醇在536 nm处测吸光度A<sub>样品</sub>。未损伤管以1 mL蒸馏水代替损伤管中的0.01% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>,操作方法同损伤管,可测得536 nm处未损伤管的吸光度值A<sub>未损伤</sub>。对照组以0.5 mL相同浓度的抗坏血酸溶液代替精油溶液。清除率(%) =  $(A_{\text{样品}} - A_{\text{损伤}}) / (A_{\text{未损伤}} - A_{\text{损伤}})$ 。

#### 2.3.3 有机自由基(DPPH)清除活性的测定

DPPH溶于少量甲醇后,以50%的乙醇配制为120 μmol/L的溶液。反应时加0.2 mL不同浓度(100 ppm,200 ppm,400 ppm,V/V)的精油溶液和3.8 mL DPPH溶液,室温下静止20 min后测定在525 nm下的吸光度。对照组以0.2 mL相同浓度的抗坏血酸溶液代替精油溶液。精油对DPPH的清除活性用清除率E(%)表示: $E(%) = [(A_0 - A)/A_0] \times 100\%$ ,其中,A<sub>0</sub>为未加样的DPPH(0.2 mL50%乙醇+3.8 mL DPPH)的吸光度,A为样品与DPPH反应后的吸光度。

#### 2.3.4 体外模拟胃液的NO<sub>2</sub>清除反应

取四支25 mL比色管分别记为a、b、c、d,准确吸取2 mL5 mg/L亚硝酸钠标准溶液两份,分别加入a和c管中,吸取5 mL一定浓度(100 ppm,200 ppm,400 ppm,V/V)的精油溶液两份,分别加入a管和b管中,四支管中均用柠檬酸缓冲溶液调至pH=3,混匀后具塞置于37℃恒温水浴中闭光反应30 min,准时取出各管。在四支管中分别加入0.4%的对氨基苯磺酸溶液2 mL,摇匀,反应5 min,再都加入0.2%的N-1-萘基乙二胺盐酸盐溶液1.0 mL,摇匀,反应15 min后在最大吸收波长538 nm处以b管为参比测得a管的吸光度为A,以d管为参比测得c管的吸光度为A<sub>0</sub>。对照组以0.2 mL相同浓度的抗坏血酸溶液代替精油溶液。精油溶液对NO<sub>2</sub>的清除能力用清除率E(%)表示: $E(%) = [(A_0 - A)/A_0] \times 100\%$ 。

### 3 结果与讨论

#### 3.1 桉叶花椒树枝皮精油化学成分

图1为桉叶花椒树枝皮精油总离子流图,共分离出62个峰,鉴定出其中54个化合物成分,占精油总量的99.3%,鉴定结果如表1所示。鉴定出的化合物中有11个单萜化合物及11个单萜醇类衍生物和1个单萜酯类衍生物,13个半倍萜化合物及9个半倍萜含氧衍生物,1个二萜类含氧衍生物化合物,1个芳香族醇类化合物,1个酮类化合物,1个醛类化合物,2个羧酸类化合物,1个芳香化合物,1个烷烃和1个环烷烃。桉叶花椒树枝皮中精油的主要成分为(-)-松油烯醇(17.64%)、桉叶醇(13.82%)、香桉烯(11.73%)、 $\gamma$ -萜品烯(10.88%)、 $\alpha$ -葑烯(8.00%)、

$\alpha$ -芳樟醇(6.93%)、萜品油烯(5.86%)、 $\alpha$ -萜品醇(4.44%)、(-)- $\alpha$ -水芹烯(2.25%)、(+)- $\alpha$ -水芹烯(1.81%)、2-侧柏烯(1.52%)、(+)- $\alpha$ -蒎烯(1.947%)、反-p-2-蒎-1-醇(1.35%)、(Z)-p-2-蒎-1-醇(1.14%)和(-)- $\alpha$ -蒎烯(1.08%)。

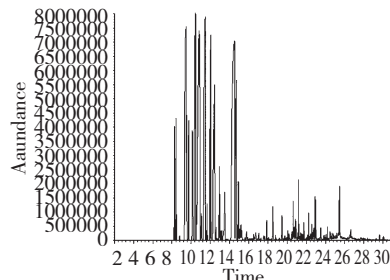


图1 桉叶花椒树枝皮精油总离子流图

Fig. 1 Total ion current curve of essential oil from twigs bark of *Zanthoxylum ailanthoides*

表1 桉叶花椒树枝皮精油化学成分分析结果

Table 1 Analytical results of chemical constituents of essential oil from twigs bark of *Zanthoxylum ailanthoides*

序号 Serial No.	化合物 Compound	保留时间 Retention time (min)	分子式 Molecular formula	相似度 Similarity (%)	相对含量 Relative content (%)
1	2-侧柏烯 2-Thujene	8.264	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	96	1.52
2	(+)- $\alpha$ -蒎烯 (+)- $\alpha$ -Pinene	8.430	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	96	1.47
3	香桉烯 Sabinene	9.482	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	95	11.73
4	(-)- $\alpha$ -蒎烯 (-)- $\alpha$ -Pinene	9.551	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	94	1.08
5	(+)- $\alpha$ -水芹烯 (+)- $\alpha$ -Phellandrene	9.740	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	91	1.81
6	(-)- $\alpha$ -水芹烯 (-)- $\alpha$ -Phellandrene	10.123	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	93	2.25
7	$\alpha$ -葑烯 $\alpha$ -Carene	10.449	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	95	8.00
8	桉叶醇 Eucalyptol	10.827	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	91	13.82
9	顺- $\alpha$ -罗勒烯 $\alpha$ -cis-Ocimene	11.045	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	97	0.66
10	$\gamma$ -萜品烯 $\gamma$ -Terpinene	11.474	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	96	10.88
11	顺- $\beta$ -萜品醇 cis- $\beta$ -Terpineol	11.651	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	94	0.39
12	萜品油烯 Terpinolene	12.034	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	96	5.86
13	芳樟醇 Linalool	12.441	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	93	6.93
14	反-对蒎-2-烯-1-醇 trans-p-2-Menthen-1-ol	12.944	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	96	1.35
15	1,3,8-p-薄荷三烯 1,3,8-p-Menthatriene	13.202	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub>	95	0.11
16	(Z)-对蒎-2-烯-1-醇 (Z)-p-Menth-2-en-1-ol	13.505	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	96	1.14
17	(-)-松油烯醇 (-)-Terpinen-4-ol	14.501	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	95	17.64
18	$\alpha$ -萜品醇 $\alpha$ -Terpineol	14.707	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	96	4.44
19	反-对蒎-1-烯-3-醇 trans-p-Menth-1-en-3-ol	14.913	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	94	0.76
20	$\alpha$ ,4-二甲基-3-环己烯-1-乙醛 $\alpha$ ,4-Dimethyl-3-cyclohexene-1-acetaldehyde	15.079	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O	95	0.22
21	(R)-(+)- $\alpha$ -香茅醇 (R)-(+)- $\alpha$ -Citronellol	15.210	C <sub>10</sub> H <sub>20</sub> O	97	0.46
22	反式-香叶醇 trans-Geraniol	15.765	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	92	0.18

23	乙酸冰片酯 Bornyl ester acetic acid	16.520	$C_{12}H_{20}O_2$	98	0.06
24	桔萜醇 p-Cymen-7-ol	16.726	$C_{10}H_{14}O$	95	0.16
25	(-)-顺式-萹烷 (-)-cis-Carane	17.877	$C_{10}H_{18}$	98	0.24
26	古巴烯 Copaene	18.523	$C_{15}H_{24}$	98	0.44
27	$\alpha$ -榄香烯 $\alpha$ -Elemene	18.798	$C_{15}H_{24}$	99	0.06
28	丁香油烯 Caryophyllene	19.479	$C_{15}H_{24}$	99	0.37
29	(Z)- $\alpha$ -金合欢烯 (Z)- $\alpha$ -Farnesene	20.062	$C_{15}H_{24}$	96	0.10
30	$\alpha$ -石竹烯 $\alpha$ -Caryophyllene	20.200	$C_{15}H_{24}$	95	0.16
31	$\gamma$ -衣兰油烯 $\gamma$ -Muurolene	20.509	$C_{15}H_{24}$	98	0.17
32	$\alpha$ -毕澄茄烯 $\alpha$ -Cubebene	20.640	$C_{15}H_{24}$	96	0.42
33	$\alpha$ -绿叶烯 $\alpha$ -Patchoulene	20.715	$C_{15}H_{24}$	96	0.11
34	雅榄蓝烯 Eremophilene	20.783	$C_{15}H_{24}$	97	0.18
35	$\gamma$ -古芸烯 $\gamma$ -Gurjunene	20.875	$C_{15}H_{24}$	92	0.29
36	$\alpha$ -金合欢烯 $\alpha$ -Farnesene	20.949	$C_{15}H_{24}$	91	0.13
37	毕澄茄-3,9-二烯 Cadina-3,9-diene	21.195	$C_{15}H_{24}$	95	0.63
38	$\alpha$ -古芸烯 $\alpha$ -Gurjunene	21.407	$C_{15}H_{24}$	96	0.06
39	1(10),3,8-卡达三烯 Cadala-1(10),3,8-triene	21.539	$C_{15}H_{22}$	87	0.06
40	反式-橙花叔醇 trans-Nerolidol	21.756	$C_{15}H_{26}O$	96	0.16
41	蓝桉醇 Globulol	22.139	$C_{15}H_{26}O$	98	0.07
42	愈创木醇 Guaiol	22.248	$C_{15}H_{26}O$	99	0.21
43	雪松醇 Cedrol	22.443	$C_{15}H_{26}O$	95	0.08
44	$\gamma$ -桉叶油醇 $\gamma$ -Eudesmol	22.580	$C_{15}H_{26}O$	94	0.17
45	榧烯醇 Torreyol	22.786	$C_{15}H_{26}O$	94	0.20
46	$\alpha$ -桉叶油醇 $\alpha$ -Eudesmol	22.935	$C_{15}H_{26}O$	96	0.48
47	异愈创木醇 Bulnesol	23.021	$C_{15}H_{26}O$	91	0.09
48	(E,E)-金合欢醇 (E,E)-Farnesol	23.501	$C_{15}H_{26}O$	93	0.22
49	菲 Phenanthrene	24.176	$C_{14}H_{10}$	96	0.12
50	(E,E)-金合欢醇乙酸酯 (E,E)-Farnesyl acetate	24.468	$C_{20}H_{34}O$	93	0.10
51	六氢法呢基丙酮 Hexahydrofarnesyl acetone	24.537	$C_{18}H_{36}O$	90	0.05
52	正二十七烷 Heptacosane	25.344	$C_{27}H_{56}$	94	0.18
53	棕榈酸 n-Hexadecanoic acid	25.452	$C_{16}H_{32}O_2$	95	0.72
54	亚油酸 (Z,Z)-9,12-Octadecadienoic acid	26.631	$C_{18}H_{32}O_2$	94	0.12

### 3.2 桉叶花椒叶精油的抗氧化活性

表2为桉叶花椒树枝皮中精油对超氧阴离子自由基( $O_2^{\cdot-}$ )、羟基自由基( $\cdot OH$ )、有机自由基(DPPH $\cdot$ )和亚硝酸根离子( $NO_2^{\cdot}$ )的清除活性的测定结果。结果表明精油对超氧阴离子自由基( $O_2^{\cdot-}$ )、羟基自由基( $\cdot OH$ )、有机自由基(DPPH $\cdot$ )均有清除活性。精油浓度为100 ppm时,精油对三种自由基的清除率分别为16.7%、32.2%和12.6%;精油浓度为200 ppm时,对三种自由基的清除率分别为

17.3%、40.8%和29.8%;而精油浓度为400 ppm时对三种自由基的清除率分别可以达到17.4%、49.1%和48.7%。桉叶花椒枝皮中精油对超氧阴离子自由基( $O_2^{\cdot-}$ )和有机自由基(DPPH $\cdot$ )的清除活性远低于抗坏血酸的清除活性,而对羟基自由基( $\cdot OH$ )的清除率比抗坏血酸的活性略高,其原因还有待进一步研究。精油浓度对超氧阴离子自由基( $O_2^{\cdot-}$ )和亚硝酸根离子( $NO_2^{\cdot}$ )的清除活性影响不大,而对另外2种自由基的清除活性随浓度的增加而增加。

表2 檫叶花椒树皮精油的抗氧化活性

Table 2 Antioxidant activities of essential oil from twigs bark of *Zanthoxylum ailanthoides*

浓度 Concentration (ppm)	O <sub>2</sub> <sup>-</sup> 清除率 Clearance ratio of O <sub>2</sub> <sup>-</sup> (%)		·OH 清除率 Clearance ratio of ·OH (%)		DPPH· 清除率 Clearance ratio of DPPH· (%)		NO <sub>2</sub> 清除率 Clearance ratio of NO <sub>2</sub> (%)	
	精油 Essential oil	抗坏血酸 Ascorbic acid	精油 Essential oil	抗坏血酸 Ascorbic acid	精油 Essential oil	抗坏血酸 Ascorbic acid	精油 Essential oil	抗坏血酸 Ascorbic acid
	100	16.7	74.3	32.2	6.7	12.6	88.5	41.7
200	17.3	91.7	40.8	35.6	29.8	93.9	47.8	94.2
400	17.4	92.9	49.1	47.1	48.7	94.4	50.8	95.7

Tepe 等<sup>[9]</sup>研究表明含有单萜氧化物或者倍半萜的精油一般都具有较好的抗氧化活性。如表 1 所示, 檫叶花椒树枝皮中精油中含有较丰富的单萜氧化物, 如 (-)-松油烯醇、桉叶醇、 $\alpha$ -芳樟醇、 $\alpha$ -萜品醇、反-p-2-蒎-1-醇和 (Z)-p-2-蒎-1-醇等的相对含量较高, 这些组分可能作为自由基清除剂。Ruberto 等<sup>[10]</sup>研究认为, 单萜烯类化合物中含有活泼的亚甲基基团而具有抗氧化活性。香桉烯、萜品油烯、 $\alpha$ -蒎烯、 $\gamma$ -萜品烯和  $\alpha$ -萜烯等单萜在檫叶花椒枝皮中精油中含量较高。檫叶花椒树枝皮中精油的抗氧化活性可能是这些化合物的协同效应。

#### 参考文献

- Zhang DX, Hartley TG, Mabberley DJ. Rutaceae. In: Wu ZY, Raven PH (eds.), Flora of China. Beijing: Science Press; St. Louis: Missouri Botanical Garden Press, 2010. Vol. 11, 61.
- State Administration of Medicine and Drug of PRC (Compilation Committee of Zhonghua Bencao) (国家医药管理局《中华本草》编委会). Zhonghua Bencao (中华本草). Shanghai: Shanghai science and technology press, 1999. Vol. 4, 968.
- Cheng MJ, Tsai IL, Chen IS. Chemical constituents from the root bark of Formosan *Zanthoxylum Ailanthoides*. *J Chin Chem Soc*, 2003, 50:1241-1246.
- Ishii H, Ishikawa T, Mihara M, et al. Studies on the chemical

constituents of Rutaceous plants. XVIII. The chemical constituents of *Zanthoxylum ailanthoides* Sieb. Et Zucc. [*Fagara ailanthoides* (Sieb. et Zucc.) Engl.]. Isolation of the chemical constituents of the bark. *J Pharm Soc J*, 1983, 103:279-292.

- Sheen WS, Tsai IL, Teng CM, et al. Nor-neolignan and Phenyl Propanoid from *Zanthoxylum ailanthoides*. *Phytochemistry*, 1994, 36:213-215.
- Yasuda I, Takeya K, Itokawa H. Two new pungent principles isolated from the pericarps of *Zanthoxylum ailanthoides*. *Chem Pharm Bull*, 1981, 29:1791-1793.
- Wu G (吴刚), Qin MJ (秦民坚), Zhang W (张伟), et al. Chemical constituents of the volatile oil from the leaves of *Zanthoxylum ailanthoides* Sieb. et Zucc. *Chin Wild Plant Resour* (中国野生植物资源), 2011, 30(3):60-63.
- Zhang Y (张云), Peng YH (彭映辉), Chen FF (陈飞飞), et al. Bioactivity and components of essential oil from *Zanthoxylum ailanthoides* fructification against two mosquito species. *Acta Ent Sin* (昆虫学报), 2009, 52:1028-1033.
- Tepe B, Donmez E, Unlu M, et al. Antibacterial and antioxidative activities of the essential oils and methanol extracts of *Salvia cryptantha* (Montbret et Aucher ex Benth.) and *Salvia multicaulis* (Vahl). *Food Chem*, 2004, 84:519-525.
- Ruberto G, Baratta M. Antioxidant activity of selected essential oil components in two lipid model systems. *Food Chem*, 2000, 69:167-174.