

构树皮化学成分鉴定及其抗菌活性研究

李知敏¹ 陈纪军^{2,3} 闫孟红³ (1. 江西科技师范学院药学院, 江西南昌 330013; 2. 中国科学院西南基地抗病毒天然药物联合实验室, 云南昆明 650204; 3. 中国科学院昆明植物研究所植物化学与西部植物资源持续利用国家重点实验室, 云南昆明 650204)

摘要 [目的] 研究桑科构树属植物构树(*Broussonetia papyrifera*)皮中的化学成分。[方法] 干燥的构树皮用95%乙醇提取, 依次用石油醚、乙酸乙酯、正丁醇萃取, 对乙酸乙酯部分采用硅胶、Sephadex LH-20柱色谱进行分离纯化, 通过波谱数据分析(¹H-NMR, ¹³C-NMR)进行结构鉴定。[结果] 从乙酸乙酯部分分离鉴定了9个化合物。其中6个黄酮类化合物分别为: kazinol B(1) 7,4'-二羟基-3'-prenylflavan(2), 7,3'-二羟基-4'-methoxyflavan(3), kazinol A(4), 3'-(3-methylbut-2-enyl)-3',4',7-trihydroxyflavane(5)和 Broussoschalcone A(6); 2个三萜分别为: 齐墩果酸(7)和 augustic acid(8); 胡萝卜苷(9)。抗菌试验显示, 化合物1, 2, 5, 7对口腔微变异链球菌(*S. m* ATCC25175)、放线菌(*A. n* ATCC12104)、牙龈卟啉单胞菌(*P. g* ATCC33277)和厌氧具核梭菌(*F. n* ATCC10953)均具有较好的抑制作用。

[结论] 化合物3, 7, 8为首次从构树皮中分离得到。

关键词 构树; 黄酮; 三萜; 抗口腔微生物活性

中图分类号 R284.1 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2010)14-07288-03

Studies on Chemical Constituents of Cortex of *Broussonetia papyrifera*

LI Zhi-min et al (Joint-Laboratory of Anti-Virus Natural Medicines, Kunming Branch, the Chinese Academy of Science, Kunming, Yunnan 650204)

Abstract [Objective] To investigate the chemical constituents from the cortex of *Broussonetia papyrifera*. [Method] The cortex of *Broussonetia papyrifera* were extracted with 95% ethanol. The EtOH extract was dispersed in H₂O and extracted with petroleum EtOAc and BuOH successively. The EtOAc fraction was isolated and purified by column chromatography on silica gel and Sephadex. The compounds were identified on the basis of spectral analyses (including MS, ¹H-NMR, ¹³C-NMR). [Result] Nine compounds were isolated from the cortex of *Broussonetia papyrifera* and structures were characterized as kazinol B(1), 7,4'-dihydroxy-3'-prenylflavan(2), 7,3'-dihydroxy-4'-methoxyflavan(3), kazinol A(4), 3'-(3-methylbut-2-enyl)-3',4',7-trihydroxyflavane(5), Broussoschalcone A(6), oleanolic acid(7), 2',3β-dihydroxy-12-oleanen-28-oic acid(8), daucosterol(9). [Conclusion] 3, 7, 8 were obtained from the cortex of *Broussonetia papyrifera* for the first time. The antibacterial test showed that compound 1, 2, 5, 7 had better inhibition on *S. m* ATCC25175, *A. n* ATCC12104, *P. g* ATCC33277 and *F. n* ATCC10953.

Key words *Broussonetia papyrifera*; Flavones; Triterpenes; Antimicrobial activity

构树(*Broussonetia papyrifera*)为桑科构树属植物, 又名沙纸树、楮桃树、谷树和壳树, 生于海拔200~2800m的低、中山林缘和村边, 多见于长江和珠江流域各省区。构树的药用价值很高, 根、皮、叶、浆、果实和种子均可入药, 具有敛肺止咳、清热、强壮、明目、健胃及治疗水肿、腰膝无力、黄疸、急慢性支气管炎等功效。国外学者对构树进行了较为充分的研究, 从中分离出大量的黄酮、萜丙烷和生物碱类化合物, 但国内对构树化学成分的研究较少。为了寻找其抗口腔微生物的活性成分, 笔者对构树皮的化学成分进行了研究。

1 材料与与方法

1.1 材料

1.1.1 研究对象。 构树皮采自云南省鹤庆县, 经中国科学院昆明植物研究所雷立公副研究员鉴定为桑科构树属构树(*Broussonetia papyrifera*)。

1.1.2 受试菌。 口腔微变异链球菌(*S. m* ATCC25175)、放线菌(*A. n* ATCC12104)、牙龈卟啉单胞菌(*P. g* ATCC33277)、厌氧具核梭菌(*F. n* ATCC10953)均来自美国菌种保存中心。

1.1.3 主要仪器。 Bruker AM 400和DRX 500核磁共振光谱仪; 柱色谱硅胶(200~300目)和GF254薄层色谱硅胶均由青岛海洋化工厂生产; Sephadex LH-20为Pharmacia公司产品; ELx 808酶标仪(Biotek); 生物安全柜; Memmert INCO₂/108二氧化碳培养箱; 厌氧操作箱或厌氧培养系统。

1.2 方法

1.2.1 化学成分提取与分离。 称取干燥构树皮6.5kg, 粉碎

后用95%乙醇回流提取3次, 每次2.5h, 滤液浓缩至浸膏。所得浸膏加水配制成混悬液, 依次用石油醚、乙酸乙酯、正丁醇萃取, 回收溶剂后得石油醚部分、乙酸乙酯部分、正丁醇部分和水部分。其中, 乙酸乙酯部分经硅胶柱色谱, 以氯仿-甲醇(1:0, 95:5, 9:1, 8:2)梯度洗脱, 得到F₁~F₁₃共13组馏分。对各组馏分经硅胶柱色谱, 分别用氯仿-甲醇、氯仿-丙酮、石油醚-丙酮和石油醚-乙酸乙酯系统反复洗脱, 以Sephadex LH-20纯化得到各化学成分。

1.2.2 抗菌试验。 用DMSO作溶剂, 以玉洁纯(triclosan)为阳性对照, 配制1%(W/V)的待测化合物溶液。用已灭菌的生长培养基稀释每一个待测化合物溶液、阳性对照和用于配制待测活性物质的溶剂(DMSO), 供试品分别倍比稀释, 每个浓度设2个复孔。将100μl浓度为1×10⁸cfu/ml的菌悬液添加到已加入待测化合物、阳性对照、阴性对照的96孔板中, 然后将96孔板置于培养箱中培养22h, 后用酶标仪测定各孔的吸光值。

2 结果与分析

2.1 化学成分分离纯化结果 回收溶剂后得石油醚部分、乙酸乙酯部分、正丁醇部分和水部分的质量分别为89、110、150、111g; 乙酸乙酯部分进行分离纯化后得到9种化合物, 记为化合物1~9, 其质量分别为278、20、207、152、35、64、15、12、321mg。

2.2 化学成分鉴定结果

2.2.1 化合物1。 淡红色粉末, EI-MS(*m/z*): 392[M]⁺(52), 270(17), 123(100)。¹H-NMR(500MHz, CDCl₃) δ: 6.95(1H, d, *J*=8.9Hz, H-5), 6.75(1H, s, H-6'), 6.39(1H, d, *J*=2.5Hz, H-8), 6.39(1H, dd, *J*=5.9, 2.5Hz, H-6), 6.31(1H,

作者简介 李知敏(1980-)女, 重庆人, 讲师, 从事天然药物的研究与开发工作。

收稿日期 2010-02-22

d $J=9.8$ Hz, H-14) 5.58(1H br s, OH) 5.58(1H d , $J=9.8$ Hz, H-15) 5.15(1H t , $J=6.5$ Hz, H-10) 5.09(1H dd , $J=10.7$ 1.4 Hz, H-2) 3.43(1H dd , $J=15.7$ 7.7 Hz, H-9) 3.43(1H dd , $J=15.7$ 7.7 Hz, H-9) 2.9(1H m , H-4) 2.75(1H, m , H-4) 2.11(1H m , H-3) 2.00(1H m , H-3) 1.73 1.68, 1.47 1.44(12H s , $CH_3 \times 4$)。 ^{13}C -NMR (125 MHz, $CDCl_3$) δ : 74.4(d, C-2) 24.7(t, C-3) 29.8(t, C-4) 129.9(d, C-5), 107.8(d, C-6) 154.7(s, C-7) 103.6(d, C-8) 156.3(s, C-8a) 114.2(s, C-4a) 131.6(s, C-1') 125.7(s, C-2') 142.1(s, C-3') 138.6(s, C-4') 119.0(s, C-5') 122.7(d, C-6') 25.3(t, C-9) 122.7(d, C-10) 132.1(s, C-11) 25.7(q, C-12) 17.9(q, C-13) 115.0(d, C-14) 130.2(d, C-15) 76.8(s, C-16) 28.1(q, C-17) 28.3(q, C-18)。与文献 [1] 对照, 鉴定为 kazinol B。

2.2.2 化合物 2。白色粉末, EI-MS (m/z): 310 [M]⁺ (100), 188(92), 123(36)。 1H -NMR (500 MHz, pyridine- d_6) δ : 7.51(1H d , $J=1.8$ Hz, H-2') 7.33(1H dd , $J=8.8$ 2.0 Hz, H-6') 7.18(1H d , $J=8.5$ Hz, H-5) 7.07(1H d , $J=8.0$ Hz, H-5') 6.94(1H d , $J=2.3$ Hz, H-8) 6.86(1H dd , $J=8.5$ 2.4 Hz, H-6) 5.64(1H t , $J=6.8$ Hz, H-2'') 5.07(1H dd , $J=3.9$ 8.5 Hz, H-2) 3.70(1H d , $J=7.0$ Hz, H-1'') 2.86(1H, m , H-4) 2.68(1H m , H-4) 2.11(1H m , H-3) 1.73 1.67(6H s , $CH_3 \times 2$)。 ^{13}C -NMR (125 MHz, pyridine- d_6) δ : 78.4(d, C-2) 30.5(t, C-3) 25.0(t, C-4) 130.7(d, C-5) 109.3(d, C-6) 158.4(s, C-7) 104.3(d, C-8) 157.0(s, C-9) 113.1(s, C-10) 135.4(s, C-1') 128.6(d, C-2') 129.0(s, C-3') 156.3(s, C-4') 115.5(d, C-5') 125.5(d, C-6') 39.4(t, C-1'') 123.9(d, C-2'') 133.1(s, C-3'') 17.9(q, C-4'') 25.9(q, C-5'')。与文献 [2] 对照, 鉴定为 7,4'-dihydroxy-3'-prenylflavan。

2.2.3 化合物 3。淡黄色粉末, EI-MS (m/z): 272 [M]⁺ (83), 150(100)。 1H -NMR (500 MHz, pyridine- d_6) δ : 11.38, 11.12(2H br s, OH $\times 2$) 7.43(1H d , $J=1.5$ Hz, H-2') 7.04(1H dd , $J=8.0$ 1.5 Hz, H-6') 7.02(1H d , $J=8.5$ Hz, H-5) 6.96(1H dd , $J=8.5$ 2.3 Hz, H-6) 6.92(1H d , $J=2.4$ Hz, H-8) 6.83(1H d , $J=8.5$ Hz, H-5') 5.06(1H d , $J=5.1$ Hz, H-2) 3.72(1H s , OCH₃) 2.81(1H m , H-4) 2.64(1H d , $J=15.5$ Hz, H-4) 2.08(1H m , H-3) 2.04(1H m , H-3)。 ^{13}C -NMR (125 MHz, pyridine- d_6) δ : 78.0(d, C-2) 24.7(t, C-3) 30.5(t, C-4) 130.7(d, C-5) 109.3(d, C-6) 156.8(s, C-7) 104.3(d, C-8) 158.4(s, C-9) 113.1(s, C-10) 135.8(s, C-1') 112.4(d, C-2') 148.3(s, C-3') 148.4(s, C-4') 114.9(d, C-5') 117.5(d, C-6') 56.0(q, OCH₃)。与文献 [3] 对照, 鉴定为 7,3'-dihydroxy-4'-methoxyflavan。

2.2.4 化合物 4。黄色油状, EI-MS (m/z): 394 [M]⁺ (81), 272(29)。 1H -NMR (400 MHz, $CDCl_3$) δ : 6.93(1H d , $J=8.0$ Hz, H-5) 6.82(1H s , H-6') 6.38(1H dd , $J=8.0$ 2.4 Hz, H-6) 6.37(1H d , $J=2.4$ Hz, H-8) 5.53(2H br s, OH $\times 2$) 5.32(1H, t , $J=7.2$ Hz, H-15) 5.17(1H t , $J=6.6$ Hz, H-10) 5.08(1H dd , $J=10.4$ 2.4 Hz, H-2) 5.03(1H br s, OH) 3.42(2H d , $J=6.7$ Hz, H-9) 3.34(2H d , $J=7.2$ Hz, H-14) 2.88(1H m , H-4) 2.75(1H,

m , H-4) 2.11(1H m , H-3) 2.04(1H m , H-3) 1.76(6H s , $CH_3 \times 2$) 1.75 1.71(6H s , $CH_3 \times 2$)。 ^{13}C -NMR (100 MHz, $CDCl_3$) δ : 75.2(d, C-2) 25.6(t, C-3) 29.6(t, C-4) 114.1(s, C-4a) 130.1(d, C-5) 107.8(d, C-6) 154.7(s, C-7) 103.5(d, C-8) 156.1(s, C-8a) 131.1(s, C-1') 124.8(s, C-2') 142.3(s, C-3') 141.8(s, C-4') 123.4(s, C-5') 118.8(d, C-6') 25.0(t, C-9) 121.9(d, C-10) 133.4(s, C-11) 25.7(q, C-12) 17.8(q, C-13) 29.3(t, C-14) 122.3(d, C-15) 134.5(s, C-16) 25.6(q, C-17) 17.8(q, C-18)。与文献 [1] 对照, 鉴定为 kazinol A。

2.2.5 化合物 5。浅黄色油状, EI-MS (m/z): 326 [M]⁺ (100)。 1H -NMR (500 MHz, pyridine- d_6) δ : 11.65, 11.39, 10.45(3H br s, OH $\times 3$) 7.18(1H d , $J=2.5$ Hz, H-2') 7.16(1H d , $J=2.5$ Hz, H-6') 7.10(1H d , $J=8.2$ Hz, H-5) 6.95(1H, d , $J=1.9$ Hz, H-8) 6.86(1H dd , $J=8.2$ 1.9 Hz, H-6) 5.53(1H t , $J=6.0$ Hz, H-2'') 5.42(1H dd , $J=10.3$ 2.3 Hz, H-2) 3.88(2H d , $J=6.8$ Hz, H-1'') 2.95(1H m , H-3) 2.73(1H m , H-3) 2.18(2H m , H-4) 1.75 1.59(6H s , $CH_3 \times 2$)。 ^{13}C -NMR (100 MHz, pyridine- d_6) δ : 75.6(d, C-2) 30.5(t, C-3) 25.6(t, C-4) 130.8(d, C-5) 109.2(d, C-6) 158.4(s, C-7) 104.3(d, C-8) 157.4(s, C-9) 113.2(s, C-10) 130.5(s, C-1') 117.7(d, C-2') 127.4(s, C-3') 145.2(s, C-4') 146.1(s, C-5') 113.9(d, C-6') 25.7(t, C-1'') 124.9(d, C-2'') 132.2(s, C-3'') 18.0(q, C-4'') 25.8(q, C-5'')。与文献 [4] 对照, 鉴定为 3'-(3-methylbut-2-enyl)-3',4',7-trihydroxyflavane。

2.2.6 化合物 6。黄色粉末, EI-MS (m/z): 340 [M]⁺ (100), 231(15), 205(96), 204(13), 161(16), 149(87)。 1H -NMR (500 MHz, pyridine- d_6) δ : 8.25(1H d , $J=15.5$ Hz, H- β) 8.18(1H s , H-5') 7.99(1H d , $J=15.5$ Hz, H- β) 7.77(1H s , H-2) 7.34(1H dd , $J=8.0$ 2.0 Hz, H-6) 7.23(1H d , $J=8.0$ Hz, H-5) 6.86(1H s , H-3') 5.60(1H t , $J=7.2$ Hz, H-8') 3.60(2H d , $J=7.0$ Hz, H-6') 1.74 1.70(6H s , $CH_3 \times 2$)。 ^{13}C -NMR (125 MHz, pyridine- d_6) δ : 127.5(s, C-1) 116.8(d, C-2) 147.8(s, C-3) 151.0(s, C-4) 116.6(d, C-5) 122.8(d, C-6) 113.9(s, C-1') 164.6(s, C-2') 103.4(d, C-3') 165.9(s, C-4') 121.6(s, C-5') 131.8(d, C-6') 29.0(t, C-7') 124.1(d, C-8') 131.9(s, C-9') 25.8(q, C-10') 17.9(q, C-11') 117.9(d, C- β) 145.4(d, C- β) 192.3(s, C=O)。与文献 [5] 对照, 鉴定为 Brousochalcone A。

2.2.7 化合物 7。白色粉末, EI-MS (m/z): 456 [M]⁺ (2), 248(100), 207(20), 203(70), 190(10), 189(13)。 1H -NMR (400 MHz, $CDCl_3$) δ : 5.28(1H d , $J=3.3$ Hz, H-12) 3.22(1H dd , $J=11.0$ 4.4 Hz, H-3) 1.13 0.98 0.92 0.91 0.90 0.77 0.75(21H s , $CH_3 \times 7$)。 ^{13}C -NMR (100 MHz, $CDCl_3$) δ : 38.4(t, C-1) 27.1(t, C-2) 79.0(d, C-3) 38.7(s, C-4) 55.2(d, C-5) 18.3(t, C-6) 32.6(t, C-7) 39.3(s, C-8) 47.6(d, C-9) 37.0(s, C-10) 23.1(t, C-11) 122.6(t, C-12) 143.6(s, C-13) 41.6(s, C-14) 27.6(t, C-15) 23.4(t, C-16) 46.6(s, C-17) 40.9(d, C-18) 45.8(t, C-19) 30.7(s, C-20) 33.8(t, C-21) 32.4(t, C-22) 28.1(q, C-23) 15.5(q, C-24) 15.3(q, C-25),

17.1(q,C-26) 25.9(q,C-27) 183.1(s,C-28) 33.0(q,C-29) 23.5(q,C-30)。与文献 [6-7] 对照 鉴定为齐墩果酸。

2.2.8 化合物 8。白色粉末 EI-MS(m/z):472 [M]⁺(1), 248(100) 223(5) 206(5) 205(10) 203(81)。¹H-NMR(400 MHz,CDCl₃)δ:5.46(1H,br s,H-12) 1.26,1.25,1.07,1.00,0.99,0.97,0.93(21H,s,CH₃×7)。¹³C-NMR(100 MHz,CDCl₃)δ:47.8(t,C-1) 68.6(d,C-2) 83.8(d,C-3) 39.8(s,C-4) 55.9(d,C-5) 18.9(t,C-6) 33.2(t,C-7) 39.9(s,C-8) 48.2(d,C-9) 38.6(s,C-10) 23.7(t,C-11) 122.5(d,C-12) 144.9(s,C-13) 42.2(s,C-14) 28.3(t,C-15) 23.9(t,C-16) 46.7(s,C-17) 42.0(d,C-18) 46.7(t,C-19) 31.0(s,C-20) 34.3(t,C-21) 33.2(t,C-22) 29.4(q,C-23) 16.9(q,C-24) 17.5(q,C-25) 17.7(q,C-26) 26.2(q,C-27) 180.2(s,C-28) 33.3(q,C-29) 23.8(q,C-30)。与文献 [8] 对照 鉴定为 augustic acid。

2.2.9 化合物 9。白色颗粒 熔点 >300 °C 用不同的展开剂展开 R_f 值均与胡萝卜苷的对照品一致 鉴定该化合物为胡萝卜苷。

表 1 构树皮中化学成分对抗口腔微生物活性测试结果

Table 1 Anti-microbial activities of components from cortex of *Broussonetia papyrifera* μg/ml

测试样品	S. m	A. n	P. g	F. n
Test samples	ATCC25175	ATCC12104	ATCC33277	ATCC10953
化合物 1	15.60	1.96	7.80	15.60
化合物 2	7.80	1.95	3.90	7.80
化合物 5	31.25	3.90	7.80	7.80
化合物 7	7.80	1.95	1.95	1.90
阴性对照	>250.00	>250.00	>250.00	>250.00
阳性对照	3.90	3.90	7.80	7.80

(上接第 7267 页)

平行试验 结果见表 1。茄尼醇平均提取率为 0.043 5% R. S. D. 为 1.86%。证明了该方法可靠性好 有较好的重复性 可为工业化扩大生产提供可靠的依据。

表 1 微波辅助萃取茄尼醇稳定性试验

Table 1 Stability test of solanesol by microwave-assisted extraction %

序号	茄尼醇提取率	平均值	RSD	浸膏得率
No.	Extraction rate of solanesol	Mean		Extract yield
1	0.042 8	0.043 5	1.86	5.77
2	0.044 1			5.62
3	0.044 4			5.67
4	0.043 5			5.57
5	0.042 9			5.63

3 结论

运用微波辅助萃取茄子叶中的茄尼醇 具有萃取速度快 溶剂用量少 萃取效率高的优点 有较好的开发应用前景 可应用于工业化生产中。通过不同因素设计确定最佳萃取工艺为:采用 95% 乙醇为萃取溶剂 料液比为 1:14 辐射时

2.3 抗菌试验结果 由表 1 可知 化合物 1、2、5、7 对 S. m ATCC25175、A. n ATCC12104、P. g ATCC33277 和 F. n ATCC10953 均具有较好的抑制作用。其中 化合物 1、2、7 对 A. n ATCC12104 的抑制活性优于阳性对照;化合物 2、7 对 P. g ATCC33277 的抑制活性优于阳性对照;化合物 7 对 F. n ATCC10953 的抑制活性优于阳性对照。

3 结论与讨论

该研究从构树皮中分离得到 9 种化合物 其中包括 6 种黄酮类化合物 2 种三萜和胡萝卜苷。进一步的抗菌试验表明 化合物 1、2、5、7 对口腔微生物 S. m ATCC25175、A. n ATCC12104、P. g ATCC33277 和 F. n ATCC10953 均具有较好的抑制作用。因此 化合物 1、2、5、7 均具有开发成保护牙齿、治疗牙病的保健品或药品的潜力 有必要进一步进行深入研究。

参考文献

[1] IKUTA J HANO Y NOMURA T. Structures of two new isoprenylated flavans kanzinol A and B [J] Heterocycles 1985 23(11):2835-2842.

[2] LEE D BHAT K P FONG H H et al. Aromatase inhibitors from *Broussonetia papyrifera* [J] J Nat Prod 2001 64(10):1286-1293.

[3] MASAOUD M RIPPERGER H PORZEL A et al. Flavonoids of dragon's blood from *Dracaena cinnabari* [J] Phytochemistry 1995 38(3):745-749.

[4] CHEN R M HU L H AN T Y et al. Natural PTP1B inhibitors from *Broussonetia papyrifera* [J] Bioorg Med Chem Lett 2002 12:3387-3390.

[5] MATSUMOTO J FUJIMOTO T TAKINO C et al. Components of *Broussonetia Papyrifera* (L.) Vent. I. Structures of two new isoprenylated flavonols and two chalcone derivatives [J] Chem Pharm Bull 1985 33(8) 3250-3256.

[6] 薛芊 郭美丽 张戈. 青箱子化学成分研究 [J] 药学服务与研究 2006 6(5):345-347.

[7] 龚运淮 丁力生. 天然产物核磁共振碳谱分析 [M] 云南:云南科学技术出版社 2006:307.

[8] ALAM M S CHOPRA N ALI M et al. Oleanen and stigmasterol derivatives from *Ambroma augusta* [J] Phytochemistry 1996 41(4):1197-1200.

间为 25 min 萃取温度为 50 °C 辐射功率为 500 W 可获得理想的结果。在微波萃取的最佳工艺下 得到的浸膏通过 HPLC 检测其中茄尼醇的含量 其质量分数为 0.78% 为后续的茄尼醇纯化过程奠定良好的基础。

参考文献

[1] HAMAMURA K YAMATSU I MINAMI N et al. Synthesis of β-14C coenzyme Q₁₀ [J] J Label Comp Radiopharmaceut 2002 45:823-829.

[2] 孙心齐 赵瑾 王超杰. 从废次烟叶中提取茄尼醇的研究 [J] 河南大学学报:自然科学版 1995 25(2):37-39.

[3] 陈桐 孙学刚 张继. 柱色谱法纯化马铃薯叶中茄尼醇的研究 [J] 精细化工 2009 26(1):63-66.

[4] 张德玉. 用霉烟或碎烟末制备茄尼醇:CN 1056486A [P] 1991.

[5] ASAHA M KATO H FUKAWA H. Process for the manufacture of solanesol: US #013731 [P] 1977.

[6] 姚文 武荣成 栾和林. SOT 溶剂体系从烟渣中萃取茄尼醇的研究 [J] 矿冶 1995 4(4):93-96.

[7] 张歆 倪晋仁 黄文. 超临界 CO₂ 萃取烟草中茄尼醇 [J] 精细化工 2006 23(5):481-482.

[8] 张泽生 冯旭. 超声波辅助提取烟叶中的茄尼醇 [J] 食品与生物技术学报 2007 26(1):51-53.

[9] 张征 武永昆 杨睿. 微波辅助萃取废烟叶中茄尼醇工艺研究 [J] 云南化工 2005 32(1):7-10.

[10] 王青豪 张熊祿 叶晨. 微波辐射从烟草下脚料中提取茄尼醇 [J] 化学时刊 2006 20(10):3-5.