

的主要有效成分为黄酮类化合物,其主要药理作用为抗菌,抗病毒,抗炎,抑制炎性介质产生、释放,抑制组胺释放,因此具有改善食管上皮增生的作用。本次实验证明,舒尔通合剂组可明显减少硫酸铜所致家鸽呕吐次数,延长呕吐潜伏期;通过胃食管返流模型,也证明了舒尔通合剂具有改善食管上皮增生的作用。其止吐和对食管上皮增生作用的具体机制有待进一步研究。

REFERENCES

- [1] HOU X Z, ZHANG Z Q, YOU C X, et al. Determination of six constituents in *scutellaria baicalensis* georgi by HPLC [J].

Chin J Mod Appl Pharm(中国现代应用药理学), 2012, 29(11): 1010-1014.

- [2] ZHANG Z K, FENG R X, BAI J L, et al. Pharmacodynamic study of Liansuzhiou capsule on anti-vomiting due to chemotherapy [J]. Chin Tradit Pat Med(中成药), 2003, 25(9): 740-743.
- [3] YU Q, YUAN H X, CUI N Q. Improved technique for the rat model of acid reflux esophagitis [J]. Chin J Integr Tradit West Med Dig(中国中西医结合消化杂志), 2002, 10(2): 74-75,78.
- [4] LI C T, SHEN S J, DU B, et al. Effect of liver-soothing and spleen-strengthening decoction on esophageal pathology and proliferating cell nuclear antigen expression in rats with reflux esophagitis [J]. World Chin J Dig(世界华人消化杂志), 2007, 15(7): 733-736.

收稿日期: 2012-03-19

芒果树皮的化学成分研究

余晓霞¹, 刘春霞¹, 李国成¹, 徐祖疆², 王定勇^{2*} (1.中山大学孙逸仙纪念医院药理学部, 广州 510120; 2.广东药学院药科学院, 广州 510006)

摘要: 目的 对芒果(*Mangifera indica* L.)树皮的化学成分进行研究。方法 用色谱法分离,并用波谱法对化合物的结构进行鉴定。结果 从芒果树皮中分离鉴定了7个化合物,分别为芒果苷(1)、西瑞香素(2)、杨梅素(3)、杨梅苷(4)、芦丁(5)、槲皮素(6)和 β -谷甾醇(7)。结论 芒果苷为芒果树皮的主要化学成分;杨梅素和杨梅苷为首次从该植物中分离得到。

关键词: 芒果; 芒果苷; 杨梅素

中图分类号: R284.1

文献标志码: B

文章编号: 1007-7693(2013)03-0257-04

Chemical Constituents of the Bark of *Mangifera indica* L.

YU Xiaoxia¹, LIU Chunxia¹, LI Guocheng¹, XU Zujiang², WANG Dingyong^{2*} (1.Department of Pharmacy, Sun Yat-sen Memorial Hospital, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510120, China; 2.School of Pharmacy, Guangdong Pharmaceutical University, Guangzhou 510006, China)

ABSTRACT: OBJECTIVE To study the chemical constituents of the bark of *Mangifera indica* L. **METHODS** The constituents were separated and purified by different methods of chromatography, and their structures were elucidated by IR, MS and NMR. **RESULTS** Seven compounds were isolated from the bark of *M. indica*, which were identified as mangiferin(1), daphnoretin(2), myricetin(3), myricitrin(4), rutin(5), quercetin(6) and β -sitosterol(7). **CONCLUSION** Mangiferin was the main constituent in the bark of *M. indica*. Myricetin and myricitrin were obtained from the bark of *M. indica* for the first time.

KEY WORDS: *Mangifera indica*; mangiferin; myricetin

芒果(*Mangifera indica* L.)系漆树科芒果属植物,常绿乔木,广泛分布于我国南方各省,资源非常丰富。现代药理学研究表明,芒果叶提取物具有平喘、止咳、祛痰、抗炎、镇痛、抗菌、抗病毒、抗肿瘤等作用^[1]。临床应用表明,芒果叶提取物对呼吸道炎症及感冒咳嗽有很好的疗效^[1];芒

果果实具有抗癌作用。芒果皮提取物具有的止咳化痰和抗炎作用已得到确证^[2],芒果植物的相关研究再次受到人们的广泛关注^[3]。Schieber等^[4]采用HPLC-ESI-MS分析辨认来自芒果树皮的黄酮醇和酮糖苷,在被分析的化合物中,发现了7个槲黄素O-糖苷,1个山奈酚O-糖苷和4个酮C-糖苷,

基金项目: 广东省中医药局科研课题(2010101)

作者简介: 余晓霞,女,硕士,主管药师 Tel: (020)81332427
授, 硕士 Tel: (020)39352213 E-mail: wdingyong@163.com

E-mail: xiaoxiao1979@21cn.com *通信作者: 王定勇,男,博士,教

后者被确认为芒果苷、异构芒果苷和它们各自的酰化衍生物; Nunez Selles 等^[5]研究了芒果树皮萃取物的植物化学成分, 他们分离出 7 个多酚类化合物, 发现芒果苷是其中一种突出的成分。但国内至今未见芒果树皮化学成分的研究报道。本实验对采自广东省广州市的芒果树皮进行了化学成分的初步研究, 从该树皮的乙醇提取物中分离得到 7 个化合物, 分别为芒果苷(1)、西瑞香素(2)、杨梅素(3)、杨梅苷(4)、芦丁(5)、槲皮素(6)和 β -谷甾醇(7), 其中杨梅素和杨梅苷为首次从该植物中分离得到。

1 仪器与材料

X-6 型显微熔点测定仪(未校正, 北京泰克仪器有限公司); Bruker AM-500 型核磁共振仪(TMS 为内标, 瑞士 Bruker 公司); Nicolet PROTÉGÉ460 红外光谱仪(KBr 压片, 美国 Nicolet 公司); Agilent 6120 型质谱仪(美国 Agilent 公司)。柱色谱用硅胶(200~300 目)、薄层色谱用硅胶(10~40 μm)均为青岛海洋化工厂产品; 聚酰胺粉(30~60 目, 浙江台州市路桥四甲生化塑料厂); 有机溶剂均为分析纯(天津市富宇精细化工有限公司)。摇摆式高速中药粉碎机(大德中药机械有限公司); RE-52CS 旋转蒸发器(河南省巩义市英峪予华仪器厂)。

芒果树皮于 2006 年 9 月采自广东省广州市, 由广东药学院中药学院曾令杰教授鉴定为芒果 *Mangifera indica* L. 的树皮, 标本存放于广东药学院天然药物化学实验室。

2 提取与分离

取阴干的芒果树皮 15 kg, 粉碎至约 60 目, 用适量 85% 工业乙醇室温浸泡 3 次, 每次 7 d, 合并滤液并减压浓缩回收乙醇至无醇味, 再加少量甲醇, 依次用石油醚、氯仿、乙酸乙酯萃取, 各萃取液在 60 $^{\circ}\text{C}$ 以下减压浓缩、回收溶剂至浸膏状, 分别得到石油醚(155 g)、氯仿(209 g)、乙酸乙酯(568 g)的萃取物。

石油醚萃取物浸膏共 155 g, 取 50 g 的浸膏, 加入 50 g 硅胶拌匀, 取 200~300 目 800 g 硅胶进行硅胶柱层析(层析柱: 50 mm $\times$ 1 000 mm), 用石油醚-乙酸乙酯(100:1, 100:2, 100:3, 100:5, 100:7, 100:10, 100:15, 100:25, 100:30, 100:40, 2:1, 1:1, 0:100)进行梯度洗脱, 250 mL 为一流份, 共收集 289 份。以 TLC 硅胶 G 板检查, 合并相同流份。第 120~157 流份(石油醚-乙酸乙酯=100:25 洗脱)合并再进行硅胶柱层析,

环己烷-丙酮洗脱(10:1), 12~14 流份经丙酮反复处理, 重结晶得化合物 7(51 mg)。

氯仿萃取物 209 g, 取 105 g 的浸膏, 加入 100 g 硅胶拌匀, 取 200~300 目 1 000 g 硅胶进行硅胶柱层析(层析柱: 100 mm $\times$ 1 000 mm), 用石油醚-乙酸乙酯(50:1, 50:2, 50:3, 50:5, 50:7, 50:10, 50:15, 50:25, 50:30, 50:40, 1:1, 0:50)进行梯度洗脱, 500 mL 为一流份, 共收集 476 份。以 TLC 硅胶 G 板检查, 合并相同流份。第 226~249 流份(石油醚-乙酸乙酯=50:25 洗脱)合并后上硅胶柱层析, 石油醚-乙酸乙酯(10:1~10:2)不同比例洗脱, 15~17 流份经反复处理, 氯仿重结晶得化合物 2(385 mg)。

乙酸乙酯萃取物 568 g, 取 150 g 的浸膏, 加入 100 g 硅胶拌匀, 取 100~120 目 1000 g 聚酰胺粉进行柱层析(层析柱: 100 mm $\times$ 1 000 mm), 用氯仿-甲醇(100:1, 100:2, 100:3, 100:5, 100:7, 100:10, 100:15, 100:25, 100:30, 100:40, 2:1, 1:1, 0:100)进行梯度洗脱, 500 mL 为一流份, 共收集 476 份。以聚酰胺薄膜检查, 合并相同流份。第 96~110 流份(氯仿-甲醇=100:10 洗脱)合并后经硅胶柱层析, 石油醚-丙酮(20:1~10:1)不同比例洗脱, 19~21 份经石油醚-丙酮重结晶, 得化合物 6(88 mg)。第 185~197 流份(氯仿-甲醇=100:18 洗脱)合并后析出化合物 3(24 mg)。第 258~266 流份(氯仿-甲醇=100:30 洗脱)合并后经聚酰胺柱色谱, 氯仿-甲醇(10:1~10:3)不同比例洗脱, 24~28 流份氯仿-甲醇(2:1)重结晶得化合物 4(87 mg)。第 358~376 流份(氯仿-甲醇=100:40 洗脱)合并后经 C_{18} 硅胶柱色谱, 水-甲醇(10:1~10:5)不同比例洗脱, 13~15 份得化合物 1(22 mg)。第 398~416 流份(氯仿-甲醇=2:1 洗脱)合并后经 C_{18} 硅胶柱色谱, 水-甲醇(10:1~10:5)不同比例洗脱, 合并 18~23 流份, 再经制备甲醇-水(1:1)重结晶得化合物 5(105 mg)。

3 结构鉴定

化合物 1: 淡黄色针状晶体(MeOH), mp. 271.5~273.0 $^{\circ}\text{C}$ 。IR_{v_{max}}(KBr) cm^{-1} : 3 428, 2 938, 1 661, 1 614, 1 570, 1 509, 1 449, 1 045。¹H-NMR (500 MHz, DMSO- d_6): δ 13.76(1H, s, 1-OH), 10.59(3H, brs, 3, 6, 7-OH), 7.38(1H, s, H-8), 6.87(1H, s, H-5), 6.37(1H, s, H-4), 4.59(1H, d, $J=9.6$ Hz, H-1')。¹³C-NMR(125 MHz, DMSO- d_6): δ 179.6(C-9), 164.3(C-3), 162.2(C-1), 156.7(C-4a),

154.5(C-9a), 151.3(C-6), 144.2(C-7), 12.2(C-8a), 108.5(C-8), 108.1(C-2), 103.1(C-5), 101.8(C-10a), 93.8(C-4), 82.0(C-5'), 79.5(C-3'), 73.5(C-1'), 71.4(C-4'), 70.8(C-2'), 62.0(C-6')。ESI-MS m/z : 421.1 [M-H]⁻。以上数据与文献[6]报道的芒果苷数据一致。

化合物 **2**: 淡黄色针晶(MeOH), mp. 254.0~256.0 °C。ESI-MS m/z : 353.0 [M+H]⁺, 374.9 [M+Na]⁺; ESI-MS m/z : 351.1 [M-H]⁻。IR $\nu_{\max}$ (KBr) cm^{-1} : 3 410, 1 720, 1 615, 1 501, 1 275, 1 150, 1 130, 1 020, 910, 840。¹H-NMR(500 MHz, CDCl₃): δ 6.33(1H, d, $J=9.6$ Hz, H-3'), 7.67(1H, d, $J=9.6$ Hz, H-4'), 7.46(1H, d, $J=8.5$ Hz, H-5'), 7.00(1H, dd, $J=8.5, 2.1$ Hz, H-6'), 6.96(1H, d, $J=2.1$ Hz, H-8'), 7.42(1H, s, H-4), 6.98(1H, s, H-5), 6.84(1H, s, H-8), 6.15(1H, s, 7-OH), 3.97(3H, s, 6-OCH₃)。 ¹³C-NMR(125 MHz, CDCl₃): δ 160.5 (C-2), 129.3(C-3), 144.6(C-4), 147.8(C-5), 137.4 (C-6), 155.5(C-7), 114.9(C-8), 149.1(C-9), 107.2 (C-10), 160.5(C-2'), 113.9(C-3'), 143.6(C-4'), 114.8 (C-5'), 110.8(C-6'), 129.1(C-7'), 104.9(C-8'), 159.5 (C-9'), 103.2(C-10'), 56.5(6-OCH₃)。以上数据与文献[7]报道的西瑞香素数据一致。

化合物 **3**: 棕黄色针晶(MeOH), m.p. 324.0~326.0 °C。IR $\nu_{\max}$ (KBr) cm^{-1} : 3 350, 1 659, 1 609, 1 544, 1 515, 1 447, 1 317, 1 242, 1 204, 1 163, 1 113, 1 094, 1 026, 937, 832, 792, 766, 725, 707, 645。¹H-NMR(500 MHz, DMSO-d₆): δ 12.50(1H, s, 5-OH), 6.37(1H, d, $J=2.0$ Hz, H-6), 6.18(1H, d, $J=2.0$ Hz, H-8), 7.25(2H, s, H-2', 6')。 ¹³C-NMR(125 MHz, DMSO-d₆): δ 147.3 (C-2), 136.3(C-3), 176.2(C-4), 161.2(C-5), 98.6 (C-6), 164.4(C-7), 93.7(C-8), 156.6(C-8a), 103.4 (C-4a), 121.3(C-1'), 107.7(C-2'), 146.2(C-3'), 136.3 (C-4'), 146.2(C-5'), 107.7(C-6')。ESI-MS m/z : 319.3 [M+H]⁺, 317.1 [M-H]⁻。以上数据与文献[8]报道的杨梅素数据一致。

化合物 **4**: 浅黄色粉末状晶体(MeOH), mp. 182.0~185.0 °C。IR $\nu_{\max}$ (KBr) cm^{-1} : 3 401, 2 930, 1 656, 1 606, 1 551, 1 454, 1 346, 1 291, 1 200, 1 165, 1 074, 1 058, 1 040, 1021, 969, 917, 858, 716, 641。¹H-NMR(500 MHz, DMSO-d₆): δ 12.69(1H, s, 5-OH), 6.37(1H, d, $J=2.1$ Hz, H-6), 6.20(1H, d, $J=2.1$ Hz, H-8), 6.89(2H, s,

H-2', 6'), 5.20(1H, brs, rha-1-H), 0.84(3H, d, $J=6.2$ Hz, rha-6-H), 3.78(1H, brs, rha-2-H), 3.55 (1H, dd, $J=9.4, 2.9$ Hz, rha-3-H), 3.16(1H, t, $J=9.4$ Hz, rha-4-H), 3.99(1H, brs, rha-5-H)。 ¹³C-NMR(125 MHz, DMSO-d₆): δ 156.9(C-2), 134.7(C-3), 178.2(C-4), 161.8(C-5), 99.1(C-6), 164.6(C-7), 94.0(C-8), 158.0(C-8a), 104.5(C-4a), 121.1(C-1'), 108.3(C-2'), 146.2(C-3'), 136.9(C-4'), 146.2(C-5'), 108.3(C-6'), 102.4(rha-1-C), 70.8 (rha-2-C), 71.0(rha-3-C), 71.7(rha-4-C), 70.5 (rha-5-C), 18.0(rha-6-C)。ESI-MS m/z : 465.3 [M+H]⁺, 463.1 [M-H]⁻。以上数据与文献[9]报道的杨梅苷数据一致。

化合物 **5**: 黄色针状晶体(MeOH), mp. 190.0~192.0 °C。IR $\nu_{\max}$ (KBr) cm^{-1} : 3 450, 1 655, 1 601, 1 504, 1 295, 1 362, 1 204。¹H-NMR(500 MHz, DMSO-d₆): δ 12.59(1H, s, 5-OH), 6.18(1H, d, $J=1.5$ Hz, H-8), 6.38(1H, d, $J=1.5$ Hz, H-6), 6.84(1H, d, $J=8.0$ Hz, H-5'), 7.53(1H, d, $J=1.5$ Hz, H-2'), 7.55(1H, dd, $J=8.0, 1.5$ Hz, H-6'), 5.34(1H, d, $J=7.0$ Hz, glc-1-H), 4.38(1H, brs, rha-1-H), 0.99(3H, d, $J=6.5$ Hz, rha-6-H), 3.00-3.80 (10H, m, 糖上其余质子)。 ¹³C-NMR(125 MHz, DMSO-d₆): δ 156.4(C-2), 133.2(C-3), 177.3(C-4), 161.1(C-5), 98.6(C-6), 164.1(C-7), 93.5(C-8), 156.5 (C-8a), 103.9(C-4a), 121.1(C-1'), 115.0(C-2'), 144.7(C-3'), 148.4(C-4'), 115.2(C-5'), 121.5 (C-6'), 101.1(glc-1-C), 74.0(glc-2-C), 76.4 (glc-3-C), 69.9 (glc-4-C), 75.8(glc-5-C), 66.9 (glc-6-C), 100.7 (rha-1-C), 70.3(rha-2-C), 70.5 (rha-3-C), 71.8 (rha-4-C), 68.2(rha-5-C), 17.6 (rha-6-C)。ESI-MS m/z : 609.3 [M-H]⁻。以上数据与文献[10]报道的芦丁数据一致。

化合物 **6**: 黄色针状晶体(MeOH), mp. 312.0~313.6 °C。IR $\nu_{\max}$ (KBr) cm^{-1} : 3 306, 1 654, 1 600, 1 582, 1 506, 1 462, 1 359, 1 260。¹H-NMR(500 MHz, DMSO-d₆): δ 12.48(1H, s, 5-OH), 6.19(1H, d, $J=1.5$ Hz, H-8), 6.42(1H, d, $J=1.5$ Hz, H-6), 6.91(1H, d, $J=8.0$ Hz, H-5'), 7.67(1H, d, $J=1.5$ Hz, H-2'), 7.54(1H, dd, $J=8.0, 1.5$ Hz, H-6'), 10.79(1H, brs, OH), 9.59(1H, brs, OH), 9.33(2H, brs, 2 个 OH)。 ¹³C-NMR(125 MHz, DMSO-d₆): δ 156.6(C-2), 136.2(C-3), 176.3(C-4), 161.2(C-5), 98.7(C-6), 164.4(C-7), 93.9(C-8),

156.8(C-8a), 103.9(C-4a), 122.5(C-1'), 115.6 (C-2'), 145.5(C-3'), 147.3(C-4'), 116.0(C-5'), 120.5 (C-6')。以上数据与文献[11]报道的槲皮素数据一致。

化合物 7: 无色针状晶体(CHCl_3); mp. 140.0~142.5 $^{\circ}\text{C}$; $^1\text{H-NMR}$ (500 MHz, CDCl_3): δ 5.36 (1H, d, $J=5.1$ Hz, H-6), 3.53(1H, t, $J=4.5$ Hz, H-3), 2.31(1H, m, H-4b), 2.24(1H, m, H-4a), 2.01(1H, m, H-12b), 1.96(1H, m, H-7b), 1.83(1H, m, H-16b), 1.84(1H, m, H-1b), 1.86(1H, m, H-23b), 1.01(3H, s, H-18), 0.65(3H, s, H-19), 0.93(3H, d, $J=6.6$ Hz, H-21), 0.81(6H, d, $J=6.9$ Hz, H-26, 27), 0.85(3H, t, $J=7.3$ Hz, H-29); $^{13}\text{C-NMR}$ (125 MHz, CDCl_3): δ 37.3(C-1), 26.1 (C-2), 71.8(C-3), 42.3(C-4), 140.8(C-5), 121.7 (C-6), 31.9(C-7), 31.5(C-8), 50.1(C-9), 36.1(C-10), 21.1(C-11), 39.8(C-12), 42.3(C-13), 56.8(C-14), 24.3(C-15), 28.2(C-16), 56.1(C-17), 19.4(C-18), 11.9(C-19), 36.1(C-20), 18.8(C-21), 31.9(C-22), 28.2(C-23), 45.8(C-24), 31.6(C-25), 12.0(C-26), 19.8(C-27), 23.0(C-28), 12.3(C-29)。以上数据与文献[12]报道的 β -谷甾醇数据一致。

REFERENCES

- [1] DENG J G, ZENG C H. Survey of research on mangiferae leaf and mangiferin for 30 years [J]. J Guangxi Tradit Chin Med Univ(广西中医学院学报), 2003, 6(2): 44-49.
- [2] HUANG M Q, LIN Z W. Study on relieving cough, eliminating phlegm and anti-inflammatory effect of mango peel extract [J]. Chin Tradit Herb Drugs(中草药), 2007, 38 (8):

- 1233-1236.
- [3] GU C Z, CAO J X. Progress of chemistry and pharmacology of *Mangifera indica* L. [J]. Chin Tradit Pat Med(中成药), 2011, 33 (10): 1776-1781.
- [4] SCHIEBER A, BERARDINI N, CARLE R. Identification of flavonol and xanthone glycosides from Mango (*Mangifera indica* L. Cv. "Tommy Atkins") peels by high performance liquid chromatography-electrospray ionization mass spectrometry [J]. J Agric Food Chem, 2003, 51(17): 5006-5011.
- [5] NUNEZ SELLES A J, VELEZ CASTRO H T, AGUERO J, et al. Isolation and quantitative analysis of phenolic antioxidants, free sugars and polyols from mango (*Mangifera indica* L.) stem bark aqueous decoction used in Cuba as a nutritional supplement [J]. J Agric Food Chem, 2002, 50(4): 762-766.
- [6] RANCONA S, CHABOUD A, DARBOUR N, et al. A new C-glycosyl xanthone isolated from *Davallia solida* [J]. Phytochemistry, 1999, 52: 1677-1679.
- [7] YANG Z Y, GUO W, WU D Y, et al. Study on extraction, isolation and anti-tumor activity of daphnoretin from *Wikstroemia indica* [J]. Nat Prod Res De(天然产物研究与开发), 2008, 20(3): 522-526.
- [8] HE G X, FEI G, ZHOU T D, et al. Isolation and identification of the chemical constituents of myricetin from *Ampelopsis grossedetala* [J]. J Med Pharm Chin Minorities(中国民族医药杂志), 2001, 6 (1): 40-41.
- [9] GUO H Z, YUAN J R. Studies on the chemical constituents of Chinese Sealavender (*Limonium sinense*) [J]. Chin Tradit Herb Drugs (中草药), 1994, 25(8): 398-399.
- [10] VASAENGE M, LIU B L, WELCH C, et al. The flavonoid constituents (Calaguala) and their effect on the elastase release in human neutrophils [J]. Planta med, 1997, 63(6): 511-517.
- [11] DING X B, JIANG Y Q, ZHONG Y, et al. Studies on the chemical constituents of the leaves of *Crataegus pinnatifida* bge. var. major N. E. Br. [J]. China J Chin Mater Med(中国中药杂志), 1990, 15(5): 39-41.
- [12] QUAN X Y, LIU Y X, LING B B, et al. A new compound from *Gastrodia elata* Blume [J]. J. Asian Nat Prod Res, 2002, 4(1): 73-79.

收稿日期: 2012-07-21

运用近红外光谱法建立广藿香含叶量定量分析模型

蔡佳良, 黄洁燕, 李蕾蕾, 郭念欣, 姬生国* (广东药学院中药学院, 广州 510006)

摘要: 目的 建立广藿香药材中含叶量的近红外定量分析模型, 快速测定粉末药材或以粉末入药的广藿香制剂中的含叶量。方法 扫描并用 TQ 软件预处理广藿香近红外光谱图, 选择建模波段, 结合偏最小二乘法建立近红外定量分析模型。结果 建立的近红外校正模型, 其内部交叉验证相关系数达到 0.996 47, 校正均方差为 1.45, 预测均方差为 1.78, 内部交叉验证均方差为 3.258 05。结论 广藿香含叶量近红外定量模型稳定、精确, 可以用来预测未知样品的含叶量。

关键词: 近红外; 广藿香; 含叶量

中图分类号: R917.101

文献标志码: A

文章编号: 1007-7693(2013)03-0260-04

基金项目: 广东省科技计划项目(2009B030801044)

作者简介: 蔡佳良, 男, 硕士生 Tel: (020)39352327
(020)39352327 E-mail: shengguo_ji@yahoo.cn

E-mail: caijialiang@foxmail.com

*通信作者: 姬生国, 男, 博士, 教授 Tel: