

## 多蕊商陆的化学成分

熊江<sup>1</sup>, 周俊<sup>1\*</sup>, 戴好富<sup>1</sup>, 谭宁华<sup>1</sup>, 丁中涛<sup>2</sup>

(1 中国科学院昆明植物研究所植物化学与西部植物资源国家重点实验室, 云南昆明 650204;

2 云南大学化学系, 云南昆明 650091)

**摘要:** 从多蕊商陆 (*Phytolacca polyantra*) 根的乙醇提取物中分到一个新的环二肽、两个已知的环二肽的混合物以及两个甾体化合物。根据化学和光谱数据, 它们的化学结构分别确定为: 环(脯氨酸-酪氨酸) (1)、环(丙氨酸-亮氨酸) (2)、环(丙氨酸-异亮氨酸) (3)、 $\alpha$ -菠甾醇 (4) 和  $\alpha$ -菠甾醇吡喃葡萄糖甙 (5)。在商陆科植物中, 环肽成分是首次被发现。

**关键词:** 商陆科; 多蕊商陆; 环二肽; 环(脯氨酸-酪氨酸)

**中图分类号:** Q 946 **文献标识码:** A **文章编号:** 0253-2700(2002)03-0401-05

Chemical Constituents from *Phytolacca polyantra*XIONG Jiang<sup>1</sup>, ZHOU Jun<sup>1\*</sup>, DAI Hao-Fu<sup>1</sup>, TAN Ning-Hua<sup>1</sup>, DING Zhong-Tao<sup>2</sup>

(1 Laboratory of Phytochemistry, Kunming Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650204, China;

(2 Department of Chemistry, Yunnan University, Kunming 650091, China)

**Abstract:** There are four species in the genus *Phytolacca* in China. The roots of *P. acinosa* and *P. americana* have been used as a Chinese medicine for the treatment of edema, bronchitis and tumors. A new cyclic dipeptide and a mixture of other two cyclic dipeptide were isolated together with  $\alpha$ -spinasterol and  $\alpha$ -spinasteryl 3-O- $\beta$ -D-glucopyranoside from the ethanol extract of the roots of *Phytolacca polyantra*. On the basis of chemical and spectral evidences, their chemical structures were determined as cyclo (-Pro-Tyr-) (1), cyclo (-Ala<sup>1</sup>-Leu-) (2) and cyclo (-Ala<sup>2</sup>-Ile) (3) respectively. Cyclic dipeptides are isolated for the first time from Phytolaccaceae.

**Key words:** Phytolaccaceae; *Phytolacca polyantra*; Cyclic dipeptides; Cyclo (-Pro-Tyr-)

商陆科商陆属 (*Phytolacca* L.) 植物约 35 种, 分布于热带至温带地区, 绝大部分产南美洲, 少数产非洲和亚洲。我国有 4 种。该属植物商陆 (*P. acinosa* Roxb.) 和美洲商陆 (*P. americana* L.) 的干燥根被用作传统中药, 其性味苦寒、有毒。用于治疗水肿胀满、二便不通和痈肿疮毒等症。该属植物富含具有多种生理活性的三萜及其配糖体 (Spengel, 1996; Nielsen 等, 1995; Susanne 等, 1993; 易杨华等, 1990; Harker 等, 1984), 亦含有抗真菌和抗病毒蛋白 (Kataoka 等, 1992; 陶应双等, 1991) 以及具有增强免疫活性的商陆多糖 (Wang, 1995; 王洪斌等, 1993)。同属植物多蕊商陆 (*P. polyantra* Batalin) 系多年生

收稿日期: 2001-08-10, 2001-12-13 接受发表

作者简介: 熊江 (1961-) 女, 云南人, 助研, 主要从事植物化学研究。

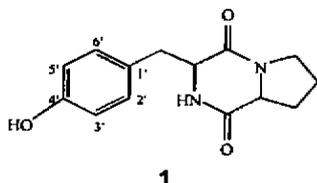
草本, 分布于甘肃、广西、四川、贵州和云南等地, 在部分地区被不同程度地用作中药商陆的代用品。曾报道从中分到两个新的三萜皂甙多蕊商陆皂甙甲和乙 (polyandraside A 和 B) (Yi 等, 1995)。我们对采自昆明的多蕊商陆进行了研究, 从中分到 3 个环二肽 (1-3) 和两个甾体化合物 (4-5)。这些成分均首次从该植物中获得, 而环肽类成分则是首次在商陆科植物中发现。环二肽环 (脯氨酸-酪氨酸) (1) 是一新化合物; 环 (丙氨酸-亮氨酸) (2) 和环 (丙氨酸-异亮氨酸) (3) 是以混合物的形式获得, 由于含量甚低, 未再进一步分离。这一混合物曾在石竹科金铁锁 (*Psammosilene tunicoides* W. C. Wu et C. Y. Wu) 中发现 (丁中涛等, 2000)。其余两个甾体化合物分别是  $\alpha$ -菠甾醇和  $\alpha$ -菠甾醇葡萄糖甙。

表 1 化合物 1 的  $^1\text{H}$  和  $^{13}\text{C}$  NMR 数据 ( $\text{C}_5\text{D}_5\text{N}$ )Table 1  $^1\text{H}$  and  $^{13}\text{C}$  NMR Data for 1 (in  $\text{C}_5\text{D}_5\text{N}$ )

No.	$\delta_c$	$\delta_H$ (mult, $J = \text{Hz}$ )	COSY	HMBC
<b>Tyrosine</b>				
CO	166.2s			Tyr-NH, Tyr- $\alpha\text{H}$ , Tyr- $\beta\text{H}_{ab}$
$\alpha$	57.1d	4.54 (1H, m)	Tyr- $\beta\text{H}_a$ , Tyr- $\beta\text{H}_b$	Tyr- $\beta\text{H}_a$ , Tyr- $\beta\text{H}_b$ , Tyr-NH
$\beta$	36.3t	3.60 (1H, m) (a) 3.35 (1H, m) (b)	Tyr- $\alpha\text{H}$ , Tyr- $\beta\text{H}_b$ Tyr- $\alpha\text{H}$ , Tyr- $\beta\text{H}_a$	Tyr- $\alpha\text{H}$ , Tyr-2' H, Tyr-6' H
1'	127.8s			Tyr- $\alpha\text{H}$ , Tyr- $\beta\text{H}_{ab}$ , Tyr-3', 5' H
2', 6'	131.4d	7.42 (2H, d, 8.5)	Tyr-3' H, Tyr-5' H	Tyr- $\beta\text{H}_a$ , Tyr- $\beta\text{H}_b$ , Tyr-2', 6' H
3', 5'	116.3d	7.12 (2H, d, 8.5)	Tyr-2' H, Tyr-6' H	Tyr-3', 5' H
4'	157.9s			Tyr-2', 6' H, Tyr-3', 5' H
NH		8.58 (1H, s)		
<b>Proline</b>				
CO	170.0s			Pro- $\alpha\text{H}$
$\alpha$	59.5d	4.14 (1H, m)	Pro- $\beta\text{H}_a$ , Pro- $\beta\text{H}_b$	Pro- $\beta\text{H}_b$ , Tyr-NH
$\beta$	28.8t	2.16 (1H, m) (a) 1.80 (1H, m) (b)	Pro- $\alpha\text{H}$ , Pro- $\beta\text{H}_b$ , Pro- $\gamma\text{H}$ Pro- $\alpha\text{H}$ , Pro- $\beta\text{H}_a$ , Pro- $\gamma\text{H}$	Pro- $\alpha\text{H}$ , Pro- $\gamma\text{H}$ , Pro- $\delta\text{H}_{ab}$
$\gamma$	22.6t	1.58 (2H, m)	Pro- $\beta\text{H}_{ab}$ , Pro- $\delta\text{H}_{ab}$	Pro- $\beta\text{H}_a$ , Pro- $\delta\text{H}_{ab}$
$\delta$	45.4t	3.60 (1H, m) (a) 3.35 (1H, m) (b)	Pro- $\gamma\text{H}$ , Pro- $\delta\text{H}_b$ Pro- $\gamma\text{H}$ , Pro- $\delta\text{H}_a$	Pro- $\beta\text{H}_b$ , Pro- $\gamma\text{H}$

表 2 化合物 2 和 3 的  $^1\text{H}$  和  $^{13}\text{C}$  NMR 数据 ( $\text{C}_5\text{D}_5\text{N}$ )Table 2  $^1\text{H}$  and  $^{13}\text{C}$  NMR Data for 2 and 3 (in  $\text{C}_5\text{D}_5\text{N}$ )

2			3		
No.	$\delta_c$	$\delta_H$ (mult, $J = \text{Hz}$ )	No.	$\delta_c$	$\delta_H$ (mult, $J = \text{Hz}$ )
<b>Alanine<sup>1</sup></b>			<b>Alanine<sup>2</sup></b>		
CO	170.3s		CO	170.0s	
$\alpha$	51.4d	4.35 (1H, m)	$\alpha$	51.2d	4.35 (1H, m)
$\beta$	20.8q	1.69 (3H, d, 6.9)	$\beta$	21.1q	1.70 (3H, d, 6.7)
NH		9.30 (1H, s)	NH		9.28 (1H, s)
<b>Leucine</b>			<b>Isoleucine</b>		
CO	169.7s		CO	168.2s	
$\alpha$	54.1d	4.26 (1H, m)	$\alpha$	60.4d	4.18 (1H, m)
$\beta$	44.2t	2.06, 1.83 (each 1H, m)	$\beta$	39.3d	2.28 (1H, m)
$\gamma$	24.6d	2.07 (1H, m)	$\gamma_1$	15.7q	1.13 (3H, d, 7.1)
$\delta_1$	23.4q	0.92 (3H, d, 6.4)	$\gamma_2$	24.8t	2.06, 1.71 (each 1H, m)
$\delta_2$	21.9q	0.94 (3H, d, 6.3)	$\delta$	12.2q	0.86 (3H, t, 7.4)
NH		9.25 (1H, m)	NH		9.02 (1H, s)



## 结果与讨论

化合物 **1** 为白色粉末, 对茚三酮呈负反应, 但用 6 mol/L 盐酸水解后显红色, 反应为阳性 (Zhou 等, 2000)。其红外光谱 ( $\nu_{\text{max}}^{\text{KBr}}$ : 3418, 1704, 1600, 1513, 1444, 1370  $\text{cm}^{-1}$ ) 指出分子中有胺基、羰基及苯环存在, 故初步推定该化合物为环肽。

在正离子 FAB-MS 中, 出现准分子离子峰:  $m/z = 261 [M + 1]^+$  (基峰), 结合  $^{13}\text{C}$  NMR 谱, 确定其分子式为  $\text{C}_{14}\text{H}_{16}\text{N}_2\text{O}_3$ 。在  $^1\text{H}$  和  $^{13}\text{C}$  NMR 谱中, 低场区出现 2 个肽键  $\text{C}=\text{O}$  信号 ( $\delta_{\text{c}}$ : 170.0 和 166.2), 1 个肽键 NH 信号 ( $\delta_{\text{H}}$ : 8.58), 提示该化合物可能是环二肽, 且其中一个肽键胺基不含质子。由  $^{13}\text{C}$  NMR DEPT 谱可知, 分子中还出现 4 个亚甲基信号 ( $\delta_{\text{c}}$ : 36.3t, 28.8t, 22.6t, 45.4t), 6 个次甲基信号 ( $\delta_{\text{c}}$ : 57.1d, 131.4d, 131.4d, 116.3d, 116.3d, 59.2d) 及 2 个季碳原子信号 ( $\delta_{\text{c}}$ : 127.8s 和 157.9s)。 $^1\text{H}$  NMR 谱指出分子中存在对位二取代的苯环 [ $\delta_{\text{H}}$ : 7.42 (2H, d,  $J = 8.5$  Hz), 7.12 (2H, d,  $J = 8.5$  Hz)]。COSY 指出存在下列基团:  $p\text{-C}_6\text{H}_4\text{-}$  ( $\text{A}_2\text{B}_2$  自旋体系)、 $-\text{CH}_2\text{-CH}$  (XYZ 自旋体系) 及  $-\text{CH-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-}$ 。这些事实指出分子中存在酪氨酸和脯氨酸残基。在 HMBC 谱中, 观察到  $\text{Pro-}\alpha\text{C}$  与  $\text{Tyr-NH}$  和  $\text{Pro-}\beta\text{H}_n$ ,  $\text{Tyr-}\alpha\text{C}$  与  $\text{Tyr-NH}$ 、 $\text{Tyr-}\beta\text{H}_n$  和  $\text{Tyr-}\beta\text{H}_n$  的 C-H 远程偶合相关。因此推定化合物 **1** 的结构为环 (脯氨酸-酪氨酸)。

化合物 **2** 和 **3** 是一混合物, 其比例约为 2:1, 对茚三酮不显色, 但用 6 mol/L 盐酸水解后呈正反应 (Zhou 等, 2000); 正离子 FAB-MS 谱中出现  $m/z$  为 369  $[2M + 1]^+$  和 184  $[M]^+$  的峰, 结合  $^{13}\text{C}$  NMR DEPT 谱, 确定其分子式为  $\text{C}_9\text{H}_{10}\text{N}_2\text{O}_2$ 。 $^1\text{H}$  和  $^{13}\text{C}$  NMR 分别指出有 4 个肽键 NH ( $\delta_{\text{H}}$ : 9.30, 9.28, 9.25 和 9.02) 及 4 个肽键  $\text{C}=\text{O}$  ( $\delta_{\text{c}}$ : 170.3, 170.0, 169.7 和 168.2)。利用 2D-NMR 包括 COSY, HMBC, HMQC 进一步分析, 发现存在 1 个亮氨酸、1 个异亮氨酸及 2 个丙氨酸残基; 在 HMBC 谱中, 可观察到  $\text{Ala}^1\text{-CO}$  与  $\text{Leu-NH}$ 、 $\text{Ala}^2\text{-CO}$  与  $\text{Ile-}\alpha\text{H}$  的 C-H 远程偶合相关。因此, 化合物 **2** 和 **3** 的结构分别推定为环 (丙氨酸<sup>1</sup>-亮氨酸) 和环 (丙氨酸<sup>2</sup>-异亮氨酸)。

## 实验部分

IR 用 Bio-rad FTS-135 仪以 KBr 压片测定; UV 用 UV210A 仪测定; NMR 用 Bruker AM-400 和 Bruker DRX-500 仪测定, TMS 为内标; MS 用 VG Auto Spec 3000 仪测定。各项光谱数据均由昆明植物研究所物理分析仪器组测定。薄层层析硅胶和柱层析硅胶为青岛海洋化工厂产品。多蕊商陆 (*Phytolacca polyandra* Batalin) 采自云南昆明, 由昆明植物研究所龚洵副研究员鉴定。

多蕊商陆的新鲜根 72 kg 切碎后用乙醇冷浸, 减压蒸去乙醇, 再加入适量水, 分别用乙酸乙酯和正丁醇萃取, 得乙酸乙酯和正丁醇提取物各 135 g 和 404 g。正丁醇提取物经硅胶柱层, 以甲醇-三氯甲烷梯度洗脱 (2% - 20%), 从馏分 (8 - 12) (2% 甲醇-三氯甲烷洗脱) 中得化合物 **4** (0.42 g)。将盐酸水解茚三酮显色的馏分 (16 - 26) 1.5 g (2% 甲醇-三氯甲烷洗脱) 用硅胶柱分离, 以甲醇-三氯甲烷 (2% - 5%) 洗脱; 再将盐酸水解后茚三酮显色的部分 (9 - 11) 反复分离, 以石油醚-乙酸乙酯 (1:1) 及乙酸乙酯洗脱, 得化合物 **1** (10 mg), 化合物 **2** 和 **3** 的混合物 10 mg。乙酸乙酯提取物经反复硅胶柱层析, 以丙酮-石油醚和甲醇-三氯甲烷梯度洗脱, 分得 8 个化合物, 鉴定了其中的两个化合物 **4** 和 **5**。

环 (酪氨酸-脯氨酸) [cyclo-(-Pro-Tyr), **1**]: 白色粉末,  $\text{C}_{14}\text{H}_{16}\text{N}_2\text{O}_3$ , FAB-MS (positive)  $m/z$  (%):

261 [M+1]<sup>+</sup> (100), 233 (16), 208 (63), 194 (12), 154 (17), 141 (48), 107 (4), 85 (27), 70 (13); IR<sub>max</sub><sup>ABr</sup> cm<sup>-1</sup>: 3418, 1704, 1600, 1513, 1444, 1370, 1302, 1270, 1233。<sup>1</sup>H和<sup>13</sup>C NMR见表1。

环(丙氨酸-亮氨酸 [cyclo-(-Ala-Leu-), 2]: C<sub>9</sub>H<sub>16</sub>N<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, FAB-MS (positive) m/z (%): 184 [M]<sup>+</sup> (83), 169 (36), 157 (21), 147 (73), 128 (43), 114 (18), 98 (19), 86 (87), 69 (16); IR<sub>max</sub><sup>ABr</sup> cm<sup>-1</sup>: 3198, 3084, 2954, 1686, 1448, 1377, 1323, 819, 769。<sup>1</sup>H和<sup>13</sup>C NMR见表2。以上数据与文献一致(丁中涛等, 2000)。

环(丙氨酸-异亮氨酸) [cyclo-(-Ala-Ile-), 3]: C<sub>9</sub>H<sub>16</sub>N<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, FAB-MS (positive) m/z (%): 184 [M]<sup>+</sup> (83), 169 (36), 157 (21), 147 (73), 128 (43), 114 (18), 98 (19), 86 (87), 69 (16); IR<sub>max</sub><sup>ABr</sup> cm<sup>-1</sup>: 3198, 3084, 2954, 1686, 1448, 1377, 1323, 819, 769。<sup>1</sup>H和<sup>13</sup>C NMR数据见表3。以上数据与文献一致(丁中涛等, 2000)。

α-菠甾醇 (α-spinaterol, 4): 无色针状或片状结晶(丙酮-石油醚), C<sub>29</sub>H<sub>48</sub>O, FAB-MS (positive) m/z (%): 412 [M]<sup>+</sup> (53), 411 (44), 395 (57), 391 (40), 271 (38), 255 (11), 149 (14), 113 (10), 83 (100), 69 (46), 55 (55); IR<sub>max</sub><sup>KBr</sup> cm<sup>-1</sup>: 3340, 1664, 1469, 1449, 1381, 1372, 1042, 971; <sup>1</sup>H NMR (400 MHz, C<sub>5</sub>D<sub>5</sub>N) δ: 0.52 (3H, s, CH<sub>3</sub>), 0.78-0.80 (9H, m, 3×CH<sub>3</sub>), 0.82 (3H, d, 6.2, CH<sub>3</sub>), 1.00 (3H, d, 6.6, CH<sub>3</sub>), 3.57 (1H, m, 3-αH), 5.00 (1H, dd, 15.1, 8, 6, C=CH), 5.16-5.10 (2H, m, C=CH); <sup>13</sup>C NMR (100 MHz, C<sub>5</sub>D<sub>5</sub>N) δ: 37.2t (1-C), 31.2t (2-C), 71.1d (3-C), 38.1 (4-C), 40.3d (5-C), 29.7t (6-C), 117.5d (7-C), 139.6s (8-C), 49.5d (9-C), 34.3s (10-C), 21.6t (11-C), 39.5t (12-C), 43.3s (13-C), 55.2d (14-C), 23.0t (15-C), 28.5t (16-C), 56.0d (17-C), 12.1q (18-C), 13.0q (19-C), 40.8d (20-C), 21.1q (21-C), 138.1d (22-C), 129.5d (23-C), 51.3d (24-C), 31.9d (25-C), 21.4q (26-C), 19.0q (27-C), 25.4t (28-C), 12.2q (29-C)。以上数据与文献一致(Ishii等, 1980)。

α-菠甾醇 β-D-吡喃葡萄糖甙 (α-spinasteryl β-D-glucopyranoside, 5): 无色片状结晶(甲醇-氯仿), C<sub>35</sub>H<sub>56</sub>O<sub>6</sub>, EI-MS (%): 575 [M+1]<sup>+</sup> (5), 412 (20), 395 (14), 299 (10), 271 (32), 255 (27), 147 (17), 81 (47), 69 (64), 43 (100); IR<sub>max</sub><sup>ABr</sup> cm<sup>-1</sup>: 3390, 1662, 1447, 1369, 1075, 1031; <sup>1</sup>H NMR (400 MHz, C<sub>5</sub>D<sub>5</sub>N) δ: 0.58, 0.71 (各3H, s, 2×CH<sub>3</sub>), 0.84-0.93 (6H, m, 2×CH<sub>3</sub>), 0.98 (3H, d, 6.5, CH<sub>3</sub>), 1.1 (3H, d, 6.5, CH<sub>3</sub>), 4.0 (1H, m, 3-αH), 4.0 (1H, m, glc-H), 4.0 (1H, t, 8.1, glc-H), 4.32-4.24 (2H, m, glc-H), 4.41 (1H, dd, 11.7, 5.3, glc-6-H<sub>a</sub>), 4.58 (1H, dd, 11.7, 1.6, glc-6-H<sub>b</sub>), 5.03 (1H, d, 7.9, glc-1-H), 5.05 (1H, dd, 15.1, 8.8, C=CH), 5.07-5.23 (2H, m, C=CH); <sup>13</sup>C NMR (100 MHz, C<sub>5</sub>D<sub>5</sub>N) δ: 37.4t (1-C), 30.1t (2-C), 78.4d (3-C), 34.8t (4-C), 40.3d (5-C), 30.1t (6-C), 117.9d (7-C), 139.6s (8-C), 49.7d (9-C), 34.6s (10-C), 21.8t (11-C), 39.9t (12-C), 43.7s (13-C), 55.4d (14-C), 23.4t (15-C), 28.3t (16-C), 56.2d (17-C), 12.1q (18-C), 13.1q (19-C), 41.1d (20-C), 21.3q (21-C), 138.7d (22-C), 129.8d (23-C), 51.5d (24-C), 32.2d (25-C), 21.7q (26-C), 19.3q (27-C), 25.7t (28-C), 12.3q (29-C), 102.4d (glc-1-C), 75.4d (glc-2-C), 77.3d (glc-3-C), 71.9d (glc-4-C), 78.7d (glc-5-C), 63.1t (glc-6-C)。以上数据与文献一致(Ishii等, 1980)。

### [参 考 文 献]

- Ding ZT (丁中涛), Zhou J (周俊), Tan NH (谭宁华) *et al.*, 2000. Cyclic dipeptides from the Root of *Psaraleiosolen tunicoides* [J]. *Chinese Traditional and Herbal Drugs* (中草药), 31 (11): 803-805
- Harker S, Razdan TK, Waight ES, 1984. Further Triterpenoids and <sup>13</sup>C NMR Spectra of Oleanane Derivatives from *Phytolacca acino-*

- sa [J]. *Phytochemistry*, **23** (12): 2893—2898
- Ishii H, Nakanura M, Seo S, *et al*, 1980. Isolation, Characterization, and Nuclear Magnetic Resonance Spectra of New Saponins from the Roots of *Bupleurum falcatum* L [J]. *Chem Pharm Bull*, **28** (8): 2367—2383
- Kataoka J, Noriyuki H, Chikara M, *et al*, 1992. Isolation and Analysis of a Genomic Clone Encoding a Pokeweed Protein [J]. *Plant Mol Biol*, **20**: 879—885
- Nielsen SE, Anthoni U, Christophersen C, *et al*, 1995. Triterpenoid Saponins from *Phytolacca rivinoides* and *Phytolacca bogotensis* [J]. *Phytochemistry*, **39** (3): 635—630
- Spengel SM, 1996. Two Pentacyclic Triterpenes from *Phytolacca dodecandra* Roots [J]. *Phytochemistry*, **43** (1): 179—182
- Tao YS (陶应双), Hu Z (胡忠), 1991. Isolation and Characterization of antifungal Proteins from the Roots of *Phytolacca americana* (Pokeweed) [J]. *Acta Botanica Yunnanica* (云南植物研究), **13** (4): 417—424
- Thillborg ST, Christensen SB, Cornett C, *et al*, 1993. Molluscicidal Saponins from *Phytolacca Dodecandra* [J]. *Phytochemistry*, **32** (5): 1167—1171
- Wang HB (王洪斌), Zheng QY (郑钦秋), Ju DW (鞠田文) *et al*, 1993. Effects of *Phytolacca acinosa* Polysaccharide on Splenic Lymphocyte Proliferation and Cytokine Secretion from Splenic Lymphocyte and Macrophage [J]. *Acta Pharmaceutica Sinica* (药学报), **28** (10): 732—737
- Wang HB, Chen WZ, Bao EJ, *et al*, 1995. Effects of *Phytolacca acinosa* Polysaccharides 1 Combined with Interleukin - 2 on the Cytotoxicity of Murine Splenocytes Against Tumor Cell [J]. *Acta Pharmaceutica Sinica* (药学报), **30** (6): 401—407
- Yi YH (易杨华), Huang X (黄翔), 1990. Isolation and Identification of Three New Saponins from *Phytolacca esculenta* [J]. *Acta Pharmaceutica Sinica* (药学报), **25** (10): 745—749
- Yi YH, Zhang JM, Zheng HC, *et al*, 1995. New Saponins from the Roots of *Phytolacca polyandra* [J]. *Journal of Natural Products*, **58** (12): 1880—1882
- Zhou J, Tan NH, 2000. Application of a New TLC Chemical Method for Detection of Cyclopeptides in Plants [J]. *Chinese Science Bulletin*, **45** (20): 1825—1831