

# 利用三种方法合成偏诺皂甙类化合物

张守勤, 张劲松, 王长征

(吉林大学生物与农业工程学院, 长春 130025)

**摘要** 利用三种重要的糖苷化方法, 合成了6个偏诺皂甙类化合物(7~12). 在三种合成方法中, 分别选择了单糖及二糖的卤苷供体、三氯亚胺酯供体及硫苷供体(1~6)以考察它们与受体偏诺皂甙元的反应结果. 利用偏诺皂甙元在3位和17位羟基上的位阻差异, 使偏诺皂甙元17位羟基在不受保护的情况下与每种糖供体只在其3位羟基发生选择性反应.

**关键词** 偏诺皂甙; 偏诺皂甙元; 合成; 糖苷化; 选择性

中图分类号 O629

文献标识码 A

文章编号 0251-0790(2007)03-0462-05

偏诺皂甙类化合物属17-羟基甾体螺环化合物, 其含量极微且具有多种生物活性, 在临床上被广泛用于治疗各种出血性疾病, 促进子宫收缩<sup>[1]</sup>、消炎、抗癌等<sup>[2,3]</sup>. C-17羟基与具有显著抗肿瘤活性的Cephalostatines<sup>[4]</sup>和OSW-1<sup>[5]</sup>的C-17羟基甾体化合物的构效关系相似, 从而进一步证明这种结构上的特征可能是其生物活性所必需的. 研究结果证明, 糖苷配基的17位OH相对于没有此位羟基的相似物更能够增强对某些疾病的治疗作用<sup>[6]</sup>.

然而此类化合物自然含量极微且提取分离困难<sup>[6~9]</sup>, 影响了对其活性与应用的研究. 目前偏诺皂甙元的化学及生物合成已完成<sup>[10,11]</sup>, 而偏诺皂甙类化合物的合成还未见报道.

皂甙的合成实际上是在甙元的特定羟基与糖供体之间形成糖苷键, 而糖苷键的形成是通过糖苷化反应来实现的, 其本质就是在一个糖基的异头位与受体之间进行一次缩水反应, 因此如何脱出一分子H<sub>2</sub>O成为糖苷化反应的焦点. 合成中常用的糖供体有3种: 卤苷供体、三氯亚胺酯供体及硫苷供体<sup>[12]</sup>.

## 1 实验部分

### 1.1 仪器与试剂

Ema Optical Works型自动比旋光仪; Bruker AM-300型核磁共振仪(TMS为内标, Pyridine为溶剂); HP5989A型质谱仪, 裂解方式为电喷雾(ESI); Perkin-Elmer 2400 CHN型元素分析仪. 柱色谱所用硅胶(100~200目)和薄层色谱所用硅胶板(10 cm × 5 cm)均为青岛海洋化工厂分厂产品, TLC为硅胶G硬板; 用紫外线照射或质量分数为10%的浓硫酸/乙醇溶液浸润后加热显色.

所用催化试剂三氟甲磺酸银(AgOTf)、三甲基硅三氟甲磺酸酯(TMSOTf)及碘代丁二酰亚胺(NIS)购自北京丰特斯化学材料有限公司. 其它试剂均为北京化学试剂厂分析纯试剂, 部分试剂用前经常规处理.

### 1.2 Pennogenyl 2,3,4,6-tetra-O-benzoyl-β-D-glucopyranoside(7)的合成

将糖供体1<sup>[13]</sup>(99 mg, 0.15 mmol)与偏诺皂甙元(54 mg, 0.125 mmol)在-20℃及氩气保护下溶于无水CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>(5 mL)中, 加入33 mg新活化的4A分子筛, 搅拌后再加入30 mg AgOTf的干燥甲苯溶液(0.5 mL), 在此温度下保持4 h后用CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>(5 mL)稀释并过滤. 将滤液用盐水及饱和的NaHCO<sub>3</sub>溶液洗涤, 再用无水MgSO<sub>4</sub>干燥, 减压浓缩后经硅胶柱层析[V(石油醚):V(乙酸乙酯)=6:1]得到白色

收稿日期: 2006-04-17.

基金项目: 国家自然科学基金(批准号: 30472135)资助.

联系人简介: 张守勤(1946年出生), 男, 教授, 博士生导师, 主要从事中草药有效成分提取及化学合成. E-mail: jlzsq@163.com

固体, 产率 69%,  $[\alpha]_{\text{D}}^{20}$ :  $-10.31^\circ$  ( $c$  0.32,  $\text{CHCl}_3$ ),  $R_f = 0.28$  [ $V$ (石油醚): $V$ (乙酸乙酯) = 4:1].

### 1.3 Pennogenyl 2,3,4,6-tetra-*O*-acetyl- $\alpha$ -*D*-glucopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 4)-2,3,6-tri-*O*-acetyl-*D*-glucopyranoside (8) 的合成

将偏诺皂甙元(37 mg, 0.0868 mmol)和干燥后的  $\text{CdCO}_3$  (37 mg, 0.217 mmol) 加入到无水乙腈(2 mL)中, 在氩气保护下回流蒸出部分溶剂以确保体系内无水. 待反应恢复至室温后, 迅速加入糖供体 **2**<sup>[14]</sup> (122 mg, 0.174 mmol), 形成的混合物在氩气保护下于浴温 65  $^\circ\text{C}$  下反应 2~3 h. TLC 检测 Pennogenin 基本消失, 然后加入  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  稀释反应液, 经硅藻土过滤, 滤液经减压浓缩后用硅胶柱层析 [ $V$ (石油醚): $V$ (丙酮) = 4:1] 分离, 得到白色固体, 产率 83%,  $[\alpha]_{\text{D}}^{20}$ :  $+91.3^\circ$  ( $c$  0.28,  $\text{CHCl}_3$ ),  $R_f = 0.25$  [ $V$ (石油醚): $V$ (丙酮) = 3:1].

### 1.4 Pennogenyl 2,3,4,6-tetra-*O*-benzoyl- $\beta$ -*D*-galactopyranoside (9) 的合成

将偏诺皂甙元(37 mg, 0.0868 mmol)和三氯亚胺酯供体 **3**<sup>[15]</sup> (110 mg, 0.148 mmol, 1.7 equiv) 溶于 2 mL 无水  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  中, 加入 33 mg 新活化的 4A 分子筛, 在 Ar 气保护下于室温搅拌 30 min 后, 加入催化剂 TMSOTf 的  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  溶液(0.1 mol/L, 80  $\mu\text{L}$ , 0.09 equiv), 继续搅拌 1 h 后, TLC 检测反应已完全, 加入 10  $\mu\text{L}$  三乙胺淬灭反应, 浓缩, 柱层析 [ $V$ (石油醚): $V$ (乙酸乙酯) = 6:1] 得白色固体, 产率 93%,  $[\alpha]_{\text{D}}^{20}$ :  $+41.3^\circ$  ( $c$  0.31,  $\text{CHCl}_3$ ),  $R_f = 0.29$  [ $V$ (石油醚): $V$ (乙酸乙酯) = 4:1].

### 1.5 Pennogenyl 2,3,4,6-tetra-*O*- $\beta$ -*D*-galactopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 6)-2,3,4-tri-*O*-benzoyl- $\beta$ -*D*-galactopyranoside (10) 的合成

将偏诺皂甙元(37 mg, 0.0868 mmol)和三氯亚胺酯供体 **4**<sup>[16]</sup> (163 mg, 0.148 mmol, 1.7 equiv) 溶于 3 mL 无水  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  中, 按照合成化合物 **9** 的甙化方法操作, 分离得到白色固体, 产率 90%,  $[\alpha]_{\text{D}}^{20}$ :  $-49.4^\circ$  ( $c$  0.22,  $\text{CHCl}_3$ ),  $R_f = 0.31$  [ $V$ (甲苯)/ $V$ (乙酸乙酯) = 6:1].

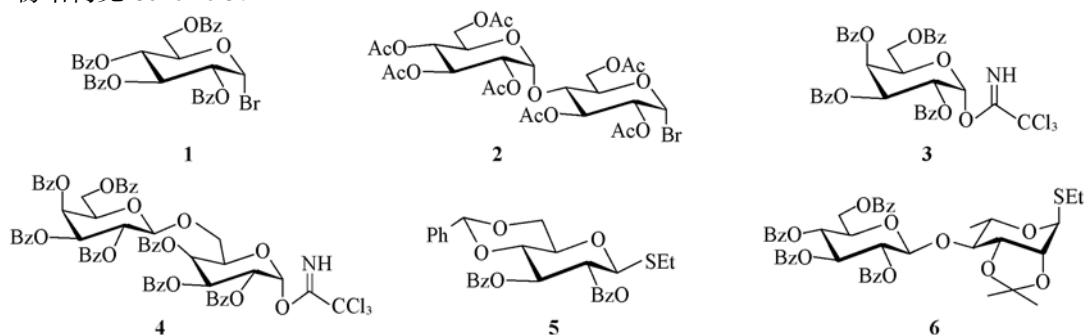
### 1.6 Pennogenyl 2,3-di-*O*-benzoyl-4,6-*O*-benzylidene- $\beta$ -*D*-glucopyranoside (11) 的合成

在氩气保护下, 将偏诺皂甙元(50 mg, 0.117 mmol)、硫苷供体 **5**<sup>[17]</sup> (73 mg, 0.14 mmol) 和新活化的 4AMS(50 mg) 溶于 2 mL 无水二氯甲烷中, 室温下搅拌 1 h, 冷却至  $-30^\circ\text{C}$ , 向体系中加入 NIS(40 mg, 0.176 mmol), 随后立即加入  $\text{AgOTf}$  (12 mg, 0.046 mmol) 的甲苯溶液. 继续搅拌 0.5 h 后, 加入  $\text{Et}_3\text{N}$  (0.1 mL) 淬灭反应. 过滤分子筛, 浓缩后得到的残留物经柱层析 [ $V$ (石油醚): $V$ (乙酸乙酯) = 6:1] 纯化得到白色固体, 产率 45%,  $[\alpha]_{\text{D}}^{20}$ :  $+8.3^\circ$  ( $c$  0.24,  $\text{CHCl}_3$ ),  $R_f = 0.35$  [ $V$ (石油醚): $V$ (乙酸乙酯) = 4:1].

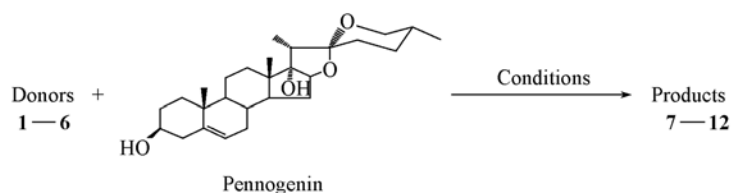
### 1.7 Pennogenyl 2,3,4,6-tetra-*O*-benzoyl- $\beta$ -*D*-glucopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 4)-2,3-*O*-isopropylidene- $\alpha$ -*L*-rhamnopyranoside (12) 的合成

在氩气保护下, 将偏诺皂甙元(37 mg, 0.0868 mmol)、硫苷供体 **6**<sup>[18]</sup> (217 mg, 0.1 mmol) 和新活化的 4A 分子筛(50 mg) 溶于 4 mL 无水二氯甲烷中, 按照合成化合物 **11** 的甙化方法操作, 分离得到白色固体, 产率 82%,  $[\alpha]_{\text{D}}^{20}$ :  $-39.2^\circ$  ( $c$  0.33,  $\text{CHCl}_3$ ),  $R_f = 0.38$  [ $V$ (石油醚): $V$ (乙酸乙酯) = 4:1].

以上反应中 3 种方法所选择的单糖及二糖供体结构见 Scheme 1; 反应路线及条件见 Scheme 2; 反应产物结构见 Scheme 3.

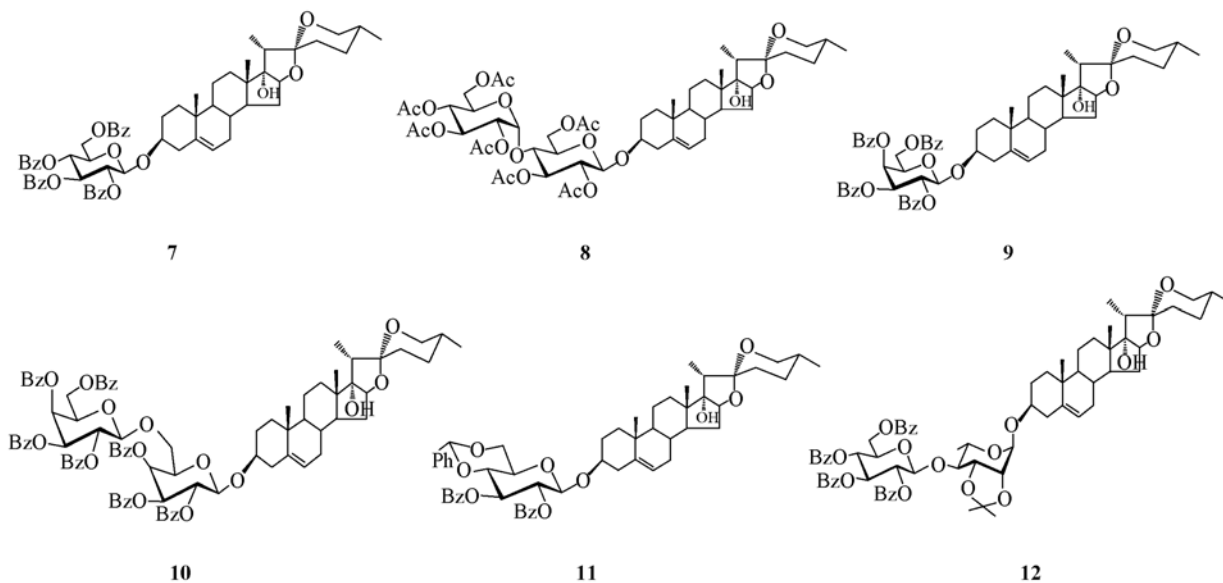


Scheme 1 Structures of three kinds of donors of monosaccharide(1,3,5) and disaccharide(2,4,6)



**Scheme 2** Synthesis route of pennogenyl saponins using three methods

Conditions: (1) AgOTf(1.1 equiv.), CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>, -20 °C → room temperature, 2 h; (2) CdCO<sub>3</sub>/CH<sub>3</sub>CN, CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>, 65 °C;  
(3) TMSOTf(0.05 equiv.), 4A MS, CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>, ambient temperature; (4) NIS, AgOTf, 4A MS, CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>, -30 °C.



**Scheme 3** Structures of the products of six pennogenyl saponins

## 2 结果与讨论

### 2.1 合成

在这三种合成方法的框架内, 每种方法都选择了有代表性的单糖及二糖供体与偏诺皂甙元反应, 研究此皂甙元与糖供体的反应特性. 由于偏诺皂甙元分子有两个羟基分别位于 C3 和 C17 位上, 我们希望反应只发生在 3 位羟基上, 所以在此类反应中涉及到两个羟基的反应选择性问题. 仔细观察后发现 17 位 OH 是叔羟基, 空间位阻很大, 大大降低了其反应活性. 因此本文反应中在不对偏诺皂甙元进行任何保护的情况下考察其反应结果.

结果表明, 利用 3 种方法进行的 Pennogenin 的糖苷化反应, 即使在没有官能团保护的情况下, 也可选择性地得到只在 3 位 OH 发生反应的皂甙产物, 这有力地证明了前面设想的正确, 即由于 17 位羟基是叔羟基且甙体皂甙元结构刚性很大, 使得 17 位羟基位阻很大, 降低了其反应活性. 同样此位羟基对绝大多数的羟基保护基的反应惰性也很大. 这一特性使得在偏诺皂甙的合成中免除了对甙元 17 位 OH 的保护性操作的同时而必须裸露 3 位 OH 带来的极大不便, 从而其本身就具备了极佳的与糖供体反应的选择性.

另外, 从反应结果还可以发现在 3 种糖苷化方法中三氯亚胺酯供体与甙元反应的产率最高, 条件最温和且速度最快, 是其中最好的方法, 这与文献[19]报道的结论相吻合. 对于同一类糖供体, 反应条件及催化剂不同, 产率会有较大不同, 所以选择适宜的反应条件是提高产率的又一关键.

### 2.2 谱图数据

化合物的物理性质及元素分析数据见表 1, <sup>1</sup>H NMR 谱数据见表 2.

**Table 1 Physical properties and elementary analyses and EISMS data of compounds 7—12**

Compd.	Formula	m. p. /°C	M(Calcd.)	Elemental analysis(% , Calcd.)		EISMS, <i>m/z</i>
				C	H	
7	C <sub>61</sub> H <sub>68</sub> O <sub>13</sub>	207—208	1009.2004	72.65(72.62)	6.68(6.75)	1032(M + Na)
8	C <sub>53</sub> H <sub>76</sub> O <sub>21</sub>	193—195	1049.1708	60.78(60.69)	7.33(7.25)	1072(M + Na)
9	C <sub>61</sub> H <sub>68</sub> O <sub>13</sub>	204—205	1009.2004	72.75(72.62)	6.68(6.75)	1032(M + Na)
10	C <sub>88</sub> H <sub>90</sub> O <sub>21</sub>	158—160	1483.6664	71.31(71.26)	5.99(6.07)	1506(M + Na)
11	C <sub>54</sub> H <sub>64</sub> O <sub>11</sub>	191—192	889.0930	73.01(72.97)	7.11(7.20)	912(M + Na)
12	C <sub>70</sub> H <sub>82</sub> O <sub>17</sub>	163—165	1195.4076	70.41(70.35)	6.95(6.87)	1218(M + Na)

**Table 2 <sup>1</sup>H NMR data of compounds 7—12**

Compd.	<sup>1</sup> H NMR(300 MHz, CDCl <sub>3</sub> ), δ
7	8.01—7.27(m, 20H, 5PhH), 5.88(t, 1H, <i>J</i> = 9.5 Hz, glc, H-3'), 5.61(t, 1H, <i>J</i> = 9.6 Hz, glc, H-4'), 5.49(t, 1H, <i>J</i> = 9.7 Hz, glc, H-2'), 5.22(s, 1H, H-6), 4.93(d, 1H, <i>J</i> = 7.9 Hz, glc, H-1'), 4.60—4.51(m, 2H, glc, H-6'a, b), 4.14(m, 1H, glc, H-5'), 3.96(t, 1H, H-16), 3.51—3.36(m, 3H, H-26a, b, H-3), 2.15(m, 2H), 0.91(s, 3H, 19-Me), 0.89(d, 3H, <i>J</i> = 7.0 Hz, 21-Me), 0.78(s, 6H, 18-Me, 27-Me)
8	5.41(d, 1H, 3.9 Hz, H-6), 5.39—5.31(m, 2H, glc, H-3', glc, H-1''), 5.24(t, 1H, <i>J</i> = 9.3 Hz, glc, H-3'), 5.04(t, 1H, <i>J</i> = 9.6 Hz, glc, H-4''), 4.86(dd, 1H, <i>J</i> = 9.9, 3.3 Hz, glc, H-2''), 4.79(dd, 1H, <i>J</i> = 9.3 Hz, 7.8 Hz, glc, H-2'), 4.61(d, 1H, <i>J</i> = 7.8 Hz, glc, H-1'), 4.46—4.38(m, 1H, glc, H-6'a), 4.27—3.90(m, 6H, glc, H-5'', glc, H-6''b, glc, H-4', glc, H-6'a, b, H-16), 3.66(m, 1H, glc, H-5'), 3.51—3.36(m, 3H, H-3, H-26a, b), 2.15, 2.11, 2.06, 2.04, 2.03, 1.98, 1.88(s each, 3H each, H—OAc), 0.98(s, 3H, 19-Me), 0.96(d, 3H, <i>J</i> = 7.0 Hz, 21-Me), 0.79(s, 6H, 18-Me, 27-Me)
9	8.11—7.25(m, 20H, 5PhH), 5.96(d, 1H, <i>J</i> = 3.3 Hz, gal, H-4'), 5.77(dd, 1H, <i>J</i> = 10.2 Hz, 8.4 Hz, gal, H-2'), 5.58(dd, 1H, <i>J</i> = 10.2, 3.3 Hz, gal, H-3'), 4.90(d, 1H, <i>J</i> = 8.4 Hz, gal, H-1'), 4.65(dd, 1H, <i>J</i> = 11.1, 6.9 Hz, gal, H-6'a), 4.41—4.25(m, 2H, gal, H-6'b, gal, H-5'), 3.95(t, 1H, H-16), 3.51—3.36(m, 3H, H-26a, b, H-3), 0.98(s, 3H, 19-Me), 0.96(d, 3H, <i>J</i> = 7.0 Hz, 21-Me), 0.80(d, 3H, <i>J</i> = 6.0 Hz, 27-Me), 0.78(s, 3H, 18-Me)
10	8.07—7.23(m, 35H, 7PhH), 5.88(d, 1H, <i>J</i> = 3.4 Hz, gal, H-4''), 5.84(d, <i>J</i> = 3.4 Hz, gal, H-4'), 5.72(dd, 1H, <i>J</i> = 8.9, 10.4 Hz, gal, H-2''), 5.60(dd, 1H, <i>J</i> = 3.4, 10.4 Hz, gal, H-3''), 5.54(dd, 1H, <i>J</i> = 3.4, 10.4 Hz, gal, H-3'), 5.45(dd, 1H, <i>J</i> = 8.0, 10.4 Hz, gal, H-2'), 5.20(s, 1H, H-6), 5.03(d, 1H, <i>J</i> = 8.0 Hz, gal, H-1'), 4.90(d, 1H, <i>J</i> = 8.0 Hz, gal, H-1'), 4.40(dd, 1H, <i>J</i> = 5.4, 11.2 Hz, gal, H-6'a), 4.27—4.08(m, 4H, gal, 2H-6'b, 6'a, gal, 2H-5'', 5'), 3.98—3.96(m, 2H, gal, H-6'b, H-16), 3.51—3.36(m, 3H, H-26a, b, H-3), 2.15(m, 2H), 0.97(s, 3H, 19-Me), 0.95(d, 3H, <i>J</i> = 7.0 Hz, 21-Me), 0.77(d, 3H, <i>J</i> = 6.0 Hz, 27-Me), 0.75(s, 3H, 18-Me)
11	8.00—7.30(m, 15H, 3PhH), 5.75(t, 1H, <i>J</i> = 9.5, 9.5 Hz, glc, H-3'), 5.53(s, 1H, PhCH), 5.43(dd, 1H, <i>J</i> = 7.9 Hz, glc, H-2'), 5.22(d, 1H, <i>J</i> = 5.2 Hz, H-6), 4.89(d, 1H, glc, H-1'), 4.34(t, 1H, glc, H-4'), 4.26(dd, 1H, <i>J</i> = 4.9, 12.8 Hz, glc, H-6'a), 3.99—3.97(m, 2H, glc, H-6'b, H-16), 3.67(m, 1H, glc, H-5'), 3.60—3.40(m, 3H, H-3, H-26a, H-26b), 0.97(s, 3H, 19-Me), 0.95(d, 3H, <i>J</i> = 7.0 Hz, 21-Me), 0.78(d, 3H, <i>J</i> = 6.0 Hz, 27-Me), 0.76(s, 3H, 18-Me)
12	8.06—7.26(m, 20, Ph-H), 5.89(t, 1H, <i>J</i> = 9.63 Hz, glc, H-3''), 5.63(t, 1H, <i>J</i> = 9.75 Hz, glc, H-4''), 5.46(dd, 1H, <i>J</i> = 8.03, 9.52 Hz, glc, H-2''), 5.34—5.27(m, 2H, H-6, glc, H-1''), 4.85(s, 1H, rha, H-1'), 4.61—4.50(m, 2H, glc, H-6''), 4.05(m, 1H, glc, H-5''), 3.97(t, 1H, H-16), 3.89—3.80(m, 3H, rha, H-2', rha, H-3', rha, H-5'), 3.69—3.37(m, 4H, rha, H-4', H-26a, b, H-3), 1.45—1.16[m, 9H, C(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> , 2CH <sub>3</sub> ], 0.98(s, 3H, 19-Me), 0.96(d, 3H, <i>J</i> = 7.0 Hz, 21-Me), 0.79(s, 6H, 18-Me, 27-Me)

## 参 考 文 献

- [ 1 ] ZHOU Jun(周俊). Pure Appl. Chem. [J], 1989, **61**: 457—460
- [ 2 ] Editor in Chief: LI Heng(李恒). The Genus Paris(Trilliaceae)(重楼属植物)[M], Beijing: Science Press, 1998: 193—194
- [ 3 ] Okunji C. O., Okeke C. N., Guguani H. C., *et al.*. Int. J. Crude Drug Res. [J], 1990, **28**: 193—199
- [ 4 ] TIAN Wei-Sheng(田伟生). Chinese J. Organic Chemistry(有机化学)[J], 2000, **20**(1): 11—21
- [ 5 ] Guo C. X., LaCour T. G., Fuchs P. L. Bioorg. & Med. Chem. Lett. [J], 1999, **9**: 419—424
- [ 6 ] Hisashi M., Yutana P., Toshio M., *et al.*. Bioorg. & Med. Chem. Lett. [J], 2003, **13**: 1101—1106
- [ 7 ] CHEN Chang-Xiang(陈昌祥), ZHANG Yu-Tong(张玉童), ZHOU Jun(周俊). Acta Botanica Yunnanica(云南植物研究)[J], 1983, **5**(1): 91—97

- [ 8 ] CHEN Chang-Xiang(陈昌祥), ZHOU Jun(周俊). Acta Botanica Yunnanica(云南植物研究)[J], 1981, **3**(1): 89—93
- [ 9 ] CHEN Chang-Xiang(陈昌祥), ZHOU Jun(周俊). Acta Botanica Yunnanica(云南植物研究)[J], 1983, **5**(2): 219—223
- [10] TIAN Wei-Sheng(田伟生), XU Qi-Hai(许启海), CHEN Ling(陈玲), *et al.*. Science in China, Series B(中国科学, B辑)[J], 2004, **47**: 142—144
- [11] Li Ji-yang, Zhou Pei. Microbiological Transformation Pennogenin[OL], [http:// prep. istic. ac. cn/eprint/Upload/2004/1101949685258. doc](http://prep.istic.ac.cn/eprint/Upload/2004/1101949685258.doc)
- [12] Toshima K., Tatsuba K. . Chem. Rev. [J], 1993, **93**: 1503—1531
- [13] Fletcher H. G. . Carbohydr. Chem. [J], 1963, **2**: 226—228
- [14] DeNinno M. P., McCarthy P. A. . J. Med. Chem. [J], 1997, **40**: 2547—2554
- [15] Schmidt R. R., Kinzy W. . Adv. Carbohydr. Chem. Biochem. [J], 1994, **50**: 21—123
- [16] Li A. X., Zeng Y., Kong F. Z. . Carbohydrate Research[J], 2004, **339**: 673—681
- [17] Bochkov A. F., Jain A. C. . Izv. Akad. Nauk SSSR, Ser. Khim. [J], 1969, **1**: 179—180
- [18] Yu H., Yu B., Wu X. Y., *et al.*. J. Chem. Soc., Perkin Trans. 1[J], 2000: 1445—1453
- [19] Deng S. J., Yu B., Xie J. M., *et al.*. J. Org. Chem. [J], 1999, **64**: 7265—7266

## Synthesis of Pennogenyl Saponins via Three Methods

ZHANG Shou-Qin\*, ZHANG Jin-Song, WANG Chang-Zheng

(College of Biology and Agriculture Engineering, Jilin University, Changchun 130025, China)

**Abstract** The pennogenyl saponins(7—12) were synthesized by using three important methods of glycosylation. As donors(1—6), glycosyl halide, trichloroimidate and thioglycoside were chosen to react with the acceptor pennogenin to investigate the results of these reactions. In these reactions the difference of steric hindrance between 3-OH and 17-OH of pennogenin was utilized skillfully and only 3-hydroxyl group of pennogenin could be connected with each kind of donors selectively and there was no reaction at 17-hydroxyl group which had no protection. The characteristic above makes it convenient to synthesize the compounds of pennogenyl saponins.

**Keywords** Pennogenyl saponin; Pennogenin; Synthesis; Glycosylation; Selectivity

(Ed. : H, J, Z)

2005 年化学类期刊来源指标刊名字顺表\*

期刊名称	来源文献量	文献选出率	参考文献量	平均引文数	平均作者数	地区分布数	机构分布数	海外论文比	基金论文比	引用半衰期
<b>Chem. Res. Chinese U.</b>	<b>178</b>	<b>1.00</b>	<b>2934</b>	<b>16.48</b>	<b>4.70</b>	<b>22</b>	<b>69</b>	<b>0.06</b>	<b>0.84</b>	<b>8.7</b>
Chinese Chem. Lett.	466	1.00	4242	9.10	4.31	27	123	0.05	0.77	7.3
Chinese J. Polym. Sci.	91	1.00	1934	21.25	4.10	12	27	0.21	0.69	9.2
催化学报	232	1.00	3806	16.41	4.90	22	63	0.01	0.78	6.4
电化学	85	1.00	1041	12.25	3.81	19	41	0.06	0.98	6.3
分析测试学报	214	1.00	2660	12.43	4.20	27	137	0.02	0.69	6.9
分析化学	458	1.00	6031	13.17	4.24	29	178	0.02	0.80	6.8
分析科学学报	220	0.97	2399	10.90	3.84	26	118	0.00	0.54	7.5
分析试验室	294	1.00	4254	14.47	3.61	29	162	0.01	0.48	3.5
分子催化	99	1.00	1663	16.80	3.98	22	49	0.00	0.58	8.0
分子科学学报	72	1.00	1142	15.86	3.76	15	37	0.00	0.97	8.5
感光科学与光化学	76	1.00	825	10.86	3.91	17	36	0.03	0.53	6.6
<b>高等学校化学学报</b>	<b>595</b>	<b>0.98</b>	<b>7975</b>	<b>13.40</b>	<b>4.89</b>	<b>29</b>	<b>131</b>	<b>0.04</b>	<b>0.96</b>	<b>7.5</b>
高分子通报	105	1.00	4242	40.40	3.26	20	46	0.01	0.66	7.5
高分子学报	188	1.00	2705	14.39	4.21	21	68	0.03	0.78	8.3
功能高分子学报	135	1.00	1820	13.48	4.14	21	52	0.01	0.66	6.6
合成化学	185	1.00	1856	10.03	3.70	25	95	0.01	0.72	6.8
化学进展	137	0.99	8760	63.94	3.23	23	58	0.02	0.64	5.9

(下转第 475 页)