

·研究论文·

## 含苯并三唑色酮及 1,3,4-噁二唑啉类化合物的合成

刘方明\* 张正方 刘育亭

(新疆大学化学系 乌鲁木齐 830046)

孔蜀祥

(石河子大学师范学院化学系 石河子 832000)

陈耀祖

(浙江大学化学系 杭州 300027)

**摘要** 研究了一种简便的合成 2 位含氮杂环色酮类化合物的方法。1*H*-苯并三唑与  $\text{ClCH}_2\text{COOH}$  反应制得 1*H*-苯并三唑-1-乙酸(1), 以此为原料合成了一系列 2 位含 1*H*-苯并三唑-1-甲基色酮(5)和相关的 1,3,4-噁二唑啉衍生物(8)。

**关键词** 苯并三唑, 色酮, 1,3,4-噁二唑啉

## Synthesis of Chromones and 1,3,4-Oxadiazolines Containing Benzotriazole

LIU Fang-Ming\*, ZHANG Zheng-Fang, LIU Yu-Ting

(Department of Chemistry, Xinjiang University, 830046 Urumqi)

KONG Shu-Xiang

(Department of Chemistry, Shihezi University, 832000 Shihezi)

CHEN Yao-Zu

(Department of Chemistry, Zhejiang University, 300027 Hang Zhou)

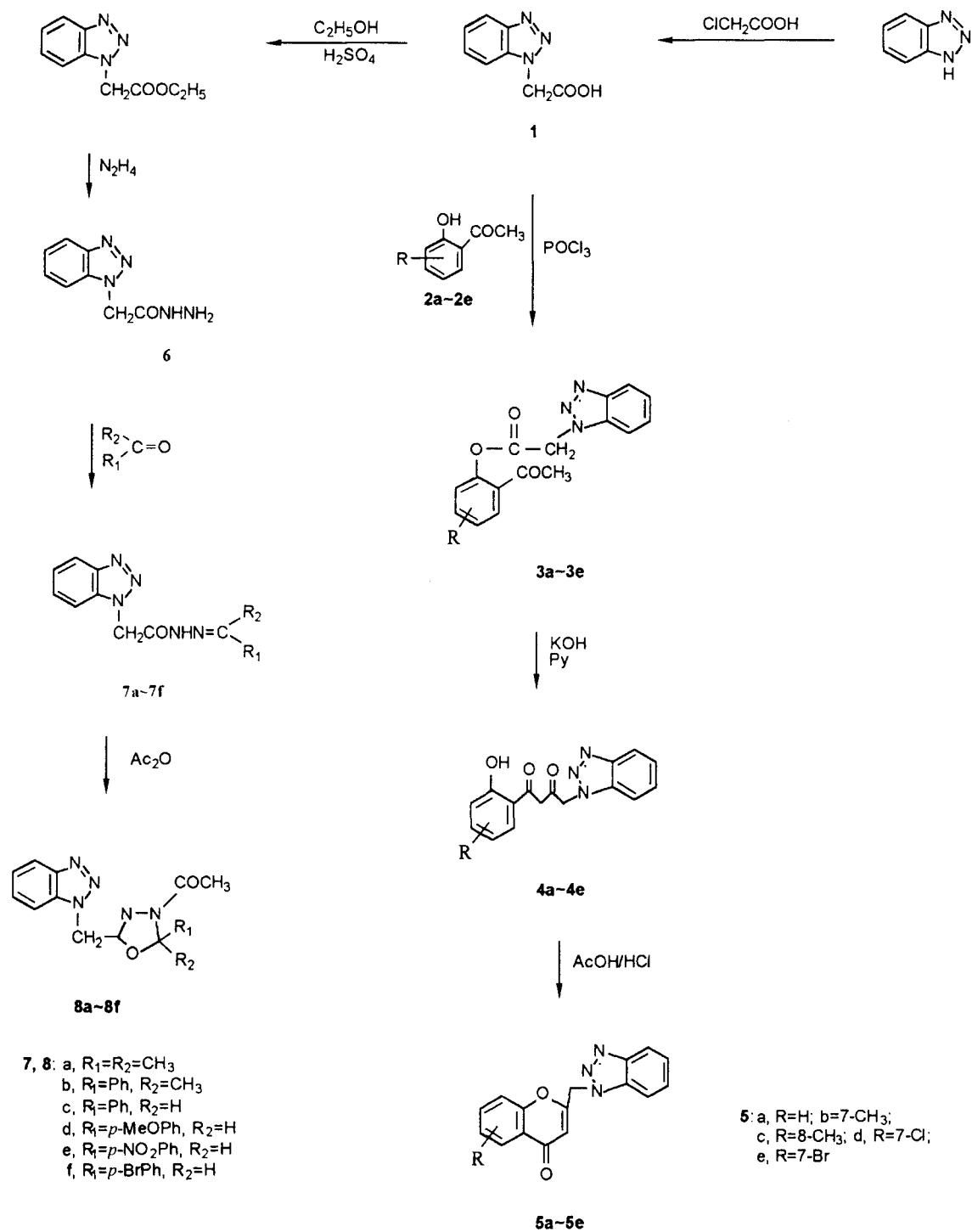
**Abstract** In this paper, a simple method for the synthesis of some chromones containing a nitrogen heterocycle substituted at 2-position is reported. 1*H*-Benzotriazolyl-1-acetic acid, readily obtained by reaction of 1*H*-benzotriazole with  $\text{ClCH}_2\text{COOH}$ , was used as starting material for synthesis of some chromones with 1*H*-benzotriazolyl-1-methyl at 2-position and related 1,3,4-oxadiazoline derivatives.

**Key words** benzotriazole, chromone, 1,3,4-oxadiazoline

色酮及 1,3,4-噁二唑啉类化合物具有广谱的生物活性<sup>[1,2]</sup>, 一直是各国化学工作者研究的热点领域之一, 尤其是 2 位含杂环的色酮类化合物。近年来有关 2 位含噁类杂环的色酮的合成及活性研究时常出现在国外专利及文献中<sup>[3~7]</sup>。国外曾报道用苯乙酸和取代苯氧乙酸作原料合成 2 位含苄基和取代苯氧甲基的色酮<sup>[8,9]</sup>, 而用  $\alpha$  位有杂环取代的乙酸作原料合成 2 位含杂环的色酮类化合物还未见报

道。苯并三唑由于具有多种生物活性和在合成上的广泛用途, 近年来对它的研究方兴未艾<sup>[10~12]</sup>。为了寻找一种方便可行的合成 2 位含杂环的色酮类化合物的方法, 我们在前文工作的基础上<sup>[13]</sup> 选择 1*H*-苯并三唑为原料, 将它转化成 1*H*-苯并三唑-1-乙酸(1), 进而合成了 2 位含有苯并三唑的色酮类化合物和 1,3,4-噁二唑啉类化合物。合成路线如下, 有关它们的生物活性正在研究中。

\* Received 1999-04-11; Revised 1999-08-22; Accepted 1999-09-20.  
国家自然科学基金(29702007)及新疆大学自然科学基金资助项目。



## 1 实验

### 1.1 仪器及试剂

柳本 MP-S<sub>3</sub> 型微熔点仪; Perkin-Elmer 2400 型元素分析仪; Perkin-Elmer 240C 型光谱仪, KBr 压片; VG ZAB-2 F 型质谱仪 (EI 源, 70 eV); Bruker AC-80 型核磁共振仪 (溶剂: DMSO-d<sub>6</sub>, 内标: TMS)。反应过程中所用的 POCl<sub>3</sub> 经干燥重蒸处理; 其他未经注明的试剂均为 A.R, 不经处理直接使用。

用。

### 1.2 1H-苯并三唑-1-乙酸

参考文献<sup>[14]</sup>方法合成

### 1.3 1H-苯并三唑-1-乙酰肼

参考文献<sup>[15]</sup>方法合成

#### 1.4 1H-苯并三唑-1-乙酸酐酯的合成

将 **2a**~**2e** (0.0065 mol) 和 1H-苯并三唑-1-乙酸 (0.007 mol) 溶于干燥吡啶 (10 mL) 中, 在冰水冷却下, 缓慢滴加  $\text{POCl}_3$  (0.4 mL), 控制反应温度不超过 50 °C, 加完后将反应物在干燥条件下室温搅拌 2 h, 室温放置过夜, 将含碎冰的稀盐酸溶液倒入上述反应物中, 搅拌均匀。将析出固体滤出, 分别用  $\text{NaHCO}_3$  溶液 (10%) 和水洗涤, 经乙醇重结晶得橙色酐酯 **3a**~**3e**。

**3a** (87%), m. p. 137 ~ 138 °C; **3b** (89%), m. p. 135 ~ 136 °C; **3c** (93%), m. p. 132 ~ 133 °C;

**3d** (83%), m. p. 150 ~ 151 °C; **3e** (85%), m. p. 158 ~ 159 °C。

#### 1.5 1,3-二酮 (**4a**~**4e**) 的合成

将上述产物 **3a**~**3e** (0.003 mol) 溶于干燥吡啶 (10 mL) 中, 搅拌下分批加入粉末状 KOH (0.005 mol), 然后室温搅拌 2 h。随着反应的进行, 反应液的颜色逐渐加深变稠, 反应完全后, 用冰的稀盐酸分解反应物, 析出的黄色固体用水洗涤, 干燥, 经乙醇重结晶得化合物 **4a**~**4e**。

**4a**: 产率 88%, m. p. 175 ~ 176 °C,  $\text{C}_{16}\text{H}_{13}\text{N}_3\text{O}_3$ , 计算值: C, 65.08; H, 4.41; N, 14.24。实测值: C, 64.97; H, 4.35; N, 14.13;  $\nu_{\max}$ : 2800 ~ 3500 (s, OH), 1719, 1609 (C=O)  $\text{cm}^{-1}$ ;  $\delta_{\text{H}}$ : 12.43 (1H, s, enolic OH), 11.02 (1H, s, OH), 7.02 ~ 8.21 (9H, m, Ar-H), 4.67 (2H, s,  $\text{COCH}_2\text{CO}$ ), 5.47 (2H, s,  $\text{CH}_2$ )。

**4b**: 产率 85%, m. p. 233 ~ 235 °C,  $\text{C}_{17}\text{H}_{15}\text{N}_3\text{O}_3$ , 计算值: C, 66.02; H, 4.85; N, 13.59。实测值: C, 65.91; H, 4.82; N, 13.50;  $\nu_{\max}$ : 2800 ~ 3500 (s, OH), 1726, 1618 (s, C=O)  $\text{cm}^{-1}$ ;  $\delta_{\text{H}}$ : 12.41 (1H, s, enolic OH), 11.12 (1H, s, OH), 7.20 ~ 8.22 (8H, m, Ar-H + C=C-H), 5.65 (2H, s,  $\text{CH}_2$ ), 2.50 (3H, s,  $\text{CH}_3$ )。

**4c**: 产率 81%, m. p. 226 ~ 228 °C,  $\text{C}_{17}\text{H}_{15}\text{N}_3\text{O}_3$ , 计算值: C, 66.02; H, 4.85; N, 13.59。实测值: C, 65.89; H, 4.77; N, 13.47。  $\nu_{\max}$ : 2800 ~ 3500 (s, OH), 1727, 1616 (s, C=O)  $\text{cm}^{-1}$ ;  $\delta_{\text{H}}$ : 12.41 (1H, s, enolic OH), 11.09 (1H, s, OH), 7.20 ~ 8.23 (8H, m, Ar-H + C=C-H), 5.67 (2H, s,  $\text{CH}_2$ ), 2.50 (3H, s,  $\text{CH}_3$ )。

**4d**: 产率 79%, m. p. 194 ~ 196 °C,  $\text{C}_{16}\text{H}_{12}\text{ClN}_3\text{O}_3$ , 计算值: C, 58.27; H, 3.64; N, 12.75。实测值: C, 58.13; H, 3.58; N, 12.69;  $\nu_{\max}$ : 2800 ~ 3500 (s, OH), 1725, 1619 (s, C=O)  $\text{cm}^{-1}$ ;  $\delta_{\text{H}}$ : 12.53 (1H, s, enolic OH), 11.21 (1H, s, OH), 7.20 ~ 8.21 (8H, m, Ar-H +

C=C-H), 5.81 (2H, s,  $\text{CH}_2$ )。

**4e**: 产率 76%, m. p. 196 ~ 198 °C,  $\text{C}_{16}\text{H}_{12}\text{BrN}_3\text{O}_3$ , 计算值: C, 51.34; H, 3.21; N, 11.23。实测值: C, 51.33; H, 3.22; N, 11.17;  $\nu_{\max}$ : 2800 ~ 3500 (s, OH), 1727, 1621 (s, C=O)  $\text{cm}^{-1}$ ;  $\delta_{\text{H}}$ : 12.57 (1H, s, enolic OH), 11.23 (1H, s, OH), 7.20 ~ 8.21 (8H, m, Ar-H + C=C-H), 5.85 (2H, s,  $\text{CH}_2$ )。

#### 1.6 色酮 **5a**~**5e** 的合成

取 1,3-二酮 (**4a**~**4e**) 0.001 mol 溶于 10 mL 冰醋酸中, 加热回流使其完全溶解, 然后滴加 2~3 滴浓盐酸, 继续回流 1 h, 冷却后在剧烈搅拌下倒入冰水中, 即有白色沉淀析出, 过滤, 用 2% 的 NaOH 溶液和水洗涤, 乙醇-冰醋酸重结晶得白色针状晶体 **5a**~**5e**。

**5a**: 产率 76%, m. p. 178 ~ 179 °C,  $\text{C}_{16}\text{H}_{11}\text{N}_3\text{O}_2$ , 计算值: C, 69.31; H, 3.97; N, 15.16。实测值: C, 69.23; H, 3.93; N, 15.01;  $\nu_{\max}$ : 3060 (w, Ar), 2940 (w,  $\text{CH}_2$ ), 1650 (s, C=O), 1085 (m, C-O-C)  $\text{cm}^{-1}$ ;  $\delta_{\text{H}}$ : 7.25 ~ 8.22 (8H, m, Ar-H), 6.87 (1H, s,  $\text{C}_3$ -H), 6.56 (2H, s,  $\text{CH}_2$ );  $m/z$ : 277 ( $\text{M}^+$ ), 249, 220 (100%), 204, 165, 103, 101。

**5b**: 产率 74%, m. p. 230 ~ 232 °C,  $\text{C}_{17}\text{H}_{13}\text{N}_3\text{O}_2$ , 计算值: C, 70.10; H, 4.46; N, 14.38。实测值: C, 70.02; H, 4.46; N, 14.38;  $\nu_{\max}$ : 3025 (w, Ar), 2900 (w,  $\text{CH}_2$ ,  $\text{CH}_3$ ), 1656 (s, C=O), 1081 (m, C-O-C)  $\text{cm}^{-1}$ ;  $\delta_{\text{H}}$ : 7.25 ~ 8.23 (7H, m, Ar-H), 6.91 (1H, s,  $\text{C}_3$ -H), 6.58 (2H, s,  $\text{CH}_2$ ), 2.50 (3H, s,  $\text{CH}_3$ )。  $m/z$ : 291, 263, 234 (100%), 218, 165, 115, 103。

**5c**: 产率 76%, m. p. 234 ~ 236 °C,  $\text{C}_{17}\text{H}_{13}\text{N}_3\text{O}_2$ , 计算值: C, 70.10; H, 4.46; N, 14.38。实测值: C, 69.99; H, 4.43; N, 14.37;  $\nu_{\max}$ : 3015 (w, Ar), 2895 (w,  $\text{CH}_2$ ,  $\text{CH}_3$ ), 1658 (s, C=O), 1083 (m, C-O-C)  $\text{cm}^{-1}$ ;  $\delta_{\text{H}}$ : 7.25 ~ 8.23 (7H, m, Ar-H), 6.93 (1H, s,  $\text{C}_3$ -H), 6.57 (2H, s,  $\text{CH}_2$ ), 2.51 (3H, s,  $\text{CH}_3$ );  $m/z$ : 291, 263, 234 (100%), 218, 165, 115, 102。

**5d**: 产率 82%, m. p. 198 ~ 199 °C,  $\text{C}_{16}\text{H}_{10}\text{ClN}_3\text{O}_2$ , 计算值: C, 61.64; H, 3.21; N, 13.48。实测值: C, 61.57; H, 3.19; N, 13.34;  $\nu_{\max}$ : 3080 (w, Ar), 2830 (w,  $\text{CH}_2$ ), 1673 (s, C=O), 1089 (m, C-O-C)  $\text{cm}^{-1}$ ;  $\delta_{\text{H}}$ : 7.26 ~ 8.24 (7H, m, Ar-H), 6.98 (1H, s,  $\text{C}_3$ -H), 6.65 (2H, s,  $\text{CH}_2$ );  $m/z$ : 311 ( $\text{M}^+$ ), 283, 254 (100%), 238, 135, 102。

**5e**: 产率 81%, m. p. 197 ~ 198 °C,  $\text{C}_{16}\text{H}_{10}\text{BrN}_3\text{O}_2$ ,

计算值: C, 53.93; H, 2.81; N, 11.80。实测值: C, 53.87; H, 2.78; N, 11.69;  $\nu_{\max}$ : 3073(w, Ar), 2836(w, CH<sub>2</sub>), 1671(s, C=O), 1057(m, C-O-C) cm<sup>-1</sup>;  $\delta_{\text{H}}$ : 7.25~8.23(7H, m, Ar-H), 6.96(1H, s, C<sub>3</sub>-H), 6.63(2H, s, CH<sub>2</sub>);  $m/z$ : 356(M<sup>+</sup>), 328, 299(100%), 283, 219, 203, 181, 102。

### 1.7 1H-苯并三唑-1-乙酰脲(7)的制备

取 1H-苯并三唑-1-乙酰脲(6)和羰基化合物各 0.003 mol 溶于 15 mL 无水乙醇中, (7a 直接用丙酮作溶剂), 加 2~3 滴冰醋酸, 回流 6 h, 减压蒸去部分溶剂, 冷却, 有白色固体析出, 抽滤, 干燥后经乙醇重结晶得酰脲 7。

7a (86%), m.p. 224~225 °C; 7b (89%), m.p. 217~218 °C; 7c (95%), m.p. 208~209 °C;

7d (92%), m.p. 231~233 °C; 7e (96%), m.p. > 250 °C; 7f (94%), m.p. > 250 °C。

### 1.8 2,5-二取代-3-乙酰基-1,3,4-噁二唑啉(8a~8e)的合成

分别取 7a~7e 各 0.001 mol, 加 Ac<sub>2</sub>O 6 mL, 回流 1 h, 冷却后倒入冰水中, 剧烈搅拌直到油状物完全固化, 抽滤, 水洗, 干燥后用苯重结晶得白色固体 8。

8a: 产率 97%, m.p. 134~135 °C, C<sub>13</sub>H<sub>15</sub>N<sub>5</sub>O<sub>2</sub>, 计算值: C, 57.14; H, 5.49; N, 25.64。实测值: C, 57.08; H, 5.37; N, 25.51;  $\nu_{\max}$ : 3063(w, Ar), 2860(w, CH<sub>3</sub>), 1665(s, C=O), 1618(m, C=N), 1227, 1102(m, C-O-C) cm<sup>-1</sup>;  $\delta_{\text{H}}$ : 7.35~8.07(4H, m, ArH), 5.46(2H, s, CH<sub>2</sub>), 2.63(3H, s, COCH<sub>3</sub>), 2.01(6H, s, 2CH<sub>3</sub>)。

8b: 产率 94%, m.p. 148~149 °C, C<sub>18</sub>H<sub>17</sub>N<sub>5</sub>O<sub>2</sub>, 计算值: C, 64.48; H, 5.07; N, 20.90。实测值: C, 64.41; H, 5.03; N, 20.97;  $\nu_{\max}$ : 3077(w, Ar), 2997(w, CH<sub>2</sub>, CH<sub>3</sub>), 1682(s, C=O), 1625(m, C=N), 1229, 1095(m, C-O-C) cm<sup>-1</sup>;  $\delta_{\text{H}}$ : 7.26~8.11(9H, m, Ar-H), 5.67(2H, s, CH<sub>2</sub>), 2.46(3H, s, COCH<sub>3</sub>), 2.15(3H, s, CH<sub>3</sub>);  $m/z$ : 335(M<sup>+</sup>, 100%), 293, 174, 161, 160, 133, 132, 118, 103, 77。

8c: 产率 91%, m.p. 127~128 °C, C<sub>17</sub>H<sub>15</sub>N<sub>5</sub>O<sub>2</sub>, 计算值: C, 63.55; H, 4.67; N, 21.81。实测值: C, 63.43; H, 4.59; N, 21.76;  $\nu_{\max}$ : 3067(w, Ar), 2960(w, CH<sub>2</sub>, CH<sub>3</sub>), 1679(s, C=O), 1618(m, C=N), 1225, 1089(m, C-O-C) cm<sup>-1</sup>;  $\delta_{\text{H}}$ : 8.66(1H, s, 2-H), 7.26~8.15(9H, m, Ar-H), 5.99(2H, s, CH<sub>2</sub>), 2.57

(3H, s, CH<sub>3</sub>);  $m/z$ : 321(M<sup>+</sup>), 279, 174, 160, 147, 132(100%), 103, 77。

8d: 产率 95%, m.p. 178~179 °C, C<sub>18</sub>H<sub>17</sub>N<sub>5</sub>O<sub>3</sub>, 计算值: C, 61.54; H, 4.84; N, 19.94。实测值: C, 61.47; H, 4.79; N, 19.81;  $\nu_{\max}$ : 3058(w, Ar), 2950(w, CH<sub>2</sub>, CH<sub>3</sub>), 1680(s, C=O), 1620(m, C=N), 1227, 1093(m, C-O-C) cm<sup>-1</sup>;  $\delta_{\text{H}}$ : 8.68(1H, s, 2-H), 7.23~8.13(8H, m, Ar-H), 5.94(2H, s, CH<sub>2</sub>), 3.66(3H, s, OCH<sub>3</sub>), 2.51(3H, s, COCH<sub>3</sub>);  $m/z$ : 351(M<sup>+</sup>), 309, 177, 174, 133, 132, 103, 77。

8e: 产率 89%, m.p. 207~208 °C, C<sub>17</sub>H<sub>14</sub>N<sub>6</sub>O<sub>4</sub>, 计算值: C, 55.74; H, 3.83; N, 22.95。实测值: C, 55.73; H, 3.81; N, 22.84;  $\nu_{\max}$ : 3086(w, Ar), 2963(w, CH<sub>2</sub>), 1689(s, C=O), 1630(m, C=N), 1590, 1337(s, NO<sub>2</sub>), 1110(m, C-O-C) cm<sup>-1</sup>;  $\delta_{\text{H}}$ : 8.91(1H, s, 2-H), 7.23~8.13(8H, m, Ar), 5.84(2H, s, CH<sub>2</sub>), 2.54(3H, s, COCH<sub>3</sub>);  $m/z$ : 366(M<sup>+</sup>), 324, 192, 174, 149, 132, 103, 102。

8f: 产率 93%, m.p. 193~194 °C, C<sub>17</sub>H<sub>14</sub>BrN<sub>5</sub>O<sub>2</sub>, 计算值: C, 51.00; H, 3.50; N, 17.50。实测值: C, 50.93; H, 3.47; N, 17.38;  $\nu_{\max}$ : 3079(w, Ar), 2937(w, CH<sub>2</sub>), 1673(s, C=O), 1624(m, C=N), 1078(m, C-O-C) cm<sup>-1</sup>;  $\delta_{\text{H}}$ : 8.73(1H, s, 2-H), 7.21~8.15(8H, m, Ar-H), 5.87(2H, s, CH<sub>2</sub>), 2.53(3H, s, COCH<sub>3</sub>);  $m/z$ : 401, 309(M<sup>+</sup>), 359, 226, 183, 174, 157, 132, 103, 102。

## 2 结果与讨论

### 2.1 合成

关于色酮类化合物的合成, 主要有两种途径, 一是由邻羟基苯乙酮与芳醛在浓碱作用下制成查尔酮, 再经氧化关环制得色酮; 另外是邻羟基苯乙酮与芳酸反应生成酚酯, 经 Baker-Venkaraman 重排得到 1,3-二酮, 再在酸催化下关环制得色酮。由于在前一种方法中芳醛在浓碱环境中会发生歧化反应, 因此, 目前对色酮的合成多采用后一种方法。特别是对于 2 位含杂环的色酮类化合物的合成, 由于杂环醛很难获得, 而  $\alpha$  位带有杂环的乙酸却很容易得到, 由于许多具有生理活性的环类化合物都含有 =NH 的结构, 因此我们很容易将它们转化为 =NCH<sub>2</sub>COOH, 这样就提供了一种从杂环经杂环取代乙酸制备 2 位含杂环的色酮类化合物的方法。同时, 将杂环取代乙酸经酯化, 肼解制得酰肼即可作为合成 1,3,4-噁二唑类化合物的原料, 这也为稠

杂环类化合物的合成提供了一条途径。

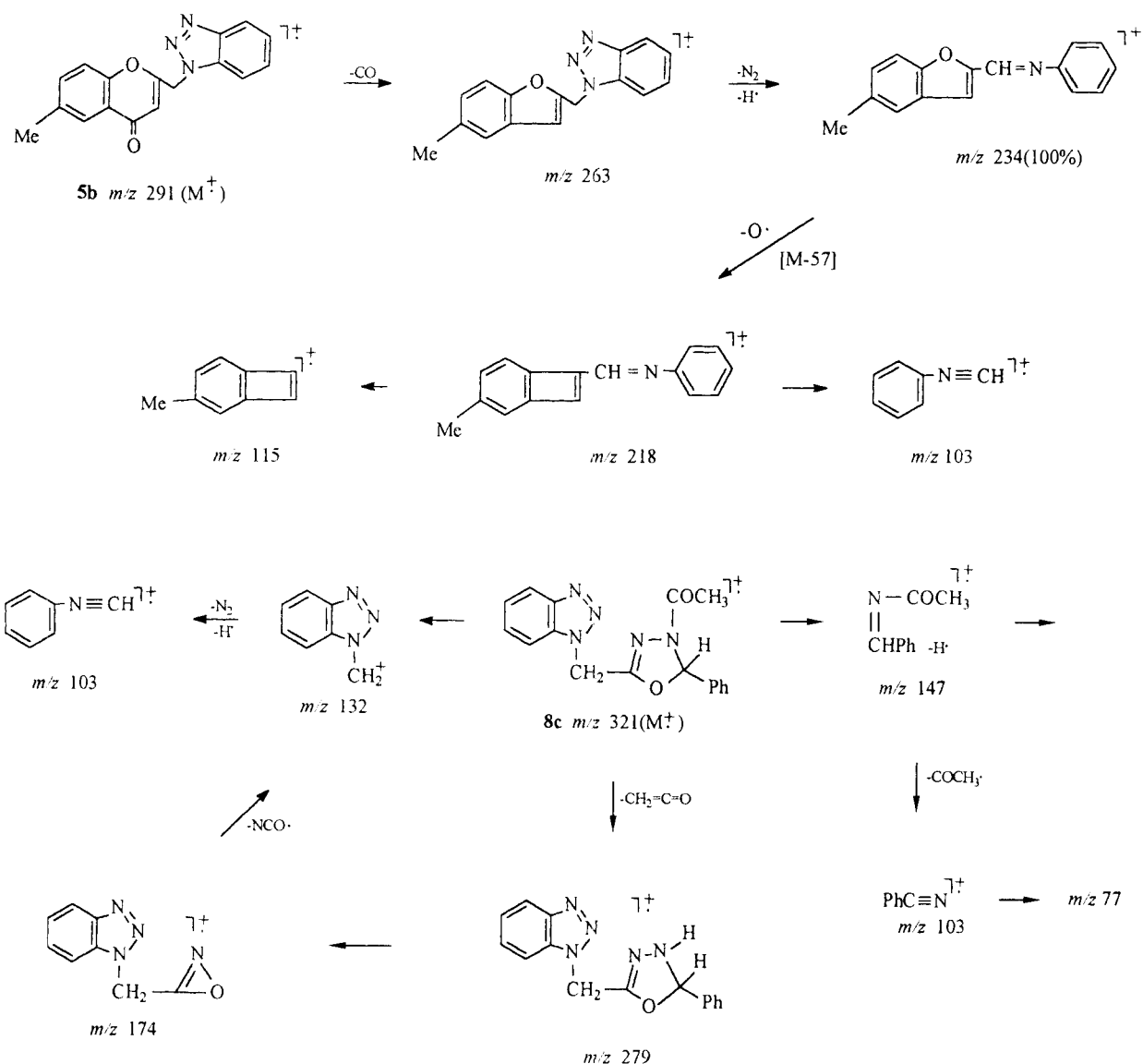
合成路线见上图。

## 2.2 $^1\text{H}$ NMR 谱

化合物 **5a** ~ **5e** 的  $^1\text{H}$  NMR 谱中,  $\delta_{\text{H}}$  6.90 左右的单峰为  $\text{C}_3 - \text{H}$ 。由于色酮环的去屏蔽作用而使得 2 位亚甲基的质子吸收峰位于  $\delta_{\text{H}}$  6.55 左右, 向低场移动。化合物 **8a** ~ **8f** 的  $^1\text{H}$  NMR 谱中,  $=\text{N} - \text{CH}_2 -$  的质子吸收峰出现在  $\delta_{\text{H}}$  5.90 左右。

## 2.3 MS 谱

由于质谱可以提供区分苯并三唑 1-*N* 和 2-*N* 衍生物的信息<sup>[16]</sup>, 因此本文对化合物 **5a** ~ **5e** 和 **8a** ~ **8f** 的质谱进行了研究。结果表明, 它们均有较强的分子离子峰出现, 在化合物 **5a** ~ **5e** 的质谱中, 未出现有  $[\text{M} - 119]$  碎片峰, 基峰均出现在  $[\text{M} - 57]$  处, 同时有  $[\text{M} - 28]$  的碎片峰, 但没有出现逆 Diels - Alder 裂解碎片, 这与一般黄酮类化合物的裂解不同。而化合物 **8a** ~ **8f** 的质谱均有较强的  $[\text{M} - 42]$  峰出现, 同样也没有发现  $[\text{M} - 119]$  峰, 我们分别以 **5b** 和 **8c** 为例具体说明它们的裂解途径。



## References

- 1 P B F Wiley. *J. Amer. Chem. Soc.*, **1952**, 74, 4329
- 2 H C Caldwell, R J Seiwald, J H Burckhalter. *J. Amer. Pharm. Assoc. Sci. Ed.*, **1958**, 47, 799
- 3 G Johnson, N Smith, R G Geen, I S Mann, V Novack. *PCT Int. APPL. WO*, 94 12, 492
- 4 P Cuzzoi, A Pillan. *J. Heterocycl. Chem.*, **1985**, 22 (2), 441
- 5 H Timmerman, Zhang Mingquiang. *Eur. Pat. APPL. EP* 613,897
- 6 J D Hayler, T J Grinter, V Norak, V J Lewus. *PCT Int. APPL. WO* 95 32, 199
- 7 J J Ates, P E Outt, J L Randall, J N Johnston. *Bioorg. Med. Chem. Lett.*, **1996**, 6 (8), 995
- 8 AK Mazumdar, MRahman, KPBanerjee, KDBanerji. *J. Indian Chem. Soc.*, **1990**, 30B, 148
- 9 P S Fernandes, N V Gawri. *J. Indian Chem. Soc.*, **1984**, 61, 604
- 10 A R Katritzky, S Rachwal, G J Hitchings. *Tetrahedron*, **1991**, 47, 2683
- 11 A R Katritzky, L Xie, D Cundy. *Synth. Commun.*, **1995**, 25, 539
- 12 M I La Rotonda, G Caliendo, E Novellino, C Silipo, A Vittoria. *Farmaco. Ed. Sci.*, **1988**, 43, 29
- 13 F M Liu, J X Yu, W Wang, Y T Liu, Y Z Cheng. *Gaodeng Xuexiao Huaxue Xuebao* (in Chinese)
- 14 A R Katritzky, D Aslan, I V Shcherbakova. *J. Heterocyclic Chem.*, **1996**, 33, 1107
- 15 J T Gupton, F A Hicks, S Q Smith, A D Main, S A Petrich, D R Wilkinson, J A Sikorski, A R Katritzky. *Tetrahedron*, **1993**, 49, 10205
- 16 A Maquestiau, Y V Haverbeke, R Flammang, M C Pardo, J Elguero. *Org. Mass Spectrom.*, **1973**, 7, 1267

( SHI C N; FAN Y Y )