

科学数据

(1) 化合物 2 的核磁数据

化合物 **2**: 黄色油状化合物。 ^1H NMR (400 MHz, CDCl_3) δ 7.59 (dd, $J = 14.6, 10.8$ Hz, 2H), 7.38 (d, $J = 3.8$ Hz, 3H), 6.04 (d, $J = 10.0$ Hz, 1H), 5.91 (d, $J = 10.0$ Hz, 1H), 3.65 (s, 3H), 1.54 (s, 3H), 1.33 (s, 3H).

(2) 化合物 3 的核磁数据

化合物 **3a**: 黄色油状化合物。 ^1H NMR (400 MHz, CDCl_3) δ 7.51 (d, $J = 7.0$ Hz, 2H), 7.44 – 7.32 (m, 3H), 5.98 (d, $J = 10.0$ Hz, 1H), 5.78 (d, $J = 10.0$ Hz, 1H), 3.38 (s, 3H), 1.52 (s, 3H), 1.33 (s, 3H).

化合物 **3b**: 黄色油状化合物 3b。 ^1H NMR (400 MHz, CDCl_3) δ 7.56 (d, $J = 8.1$ Hz, 2H), 7.34 (m, 3H), 5.96 (d, $J = 10.0$ Hz, 1H), 5.80 (d, $J = 10.0$ Hz, 1H), 4.01 (m, 1H), 1.49 (s, 3H), 1.33 (s, 3H), 1.27 (d, $J = 6.2$ Hz, 3H), 1.19 (d, $J = 6.2$ Hz, 3H).

化合物 **3c**: 黄色油状化合物 3c。 ^1H NMR (400 MHz, CDCl_3) δ 7.53 (m, 2H), 7.39 (m, 3H), 6.11 (d, $J = 10.0$ Hz, 1H), 5.77 (d, $J = 10.0$ Hz, 1H), 4.13 (dq, $J = 11.7, 8.7$ Hz, 1H), 4.00 (dq, $J = 11.8, 8.7$ Hz, 1H), 1.53 (s, 3H), 1.33 (s, 3H).

化合物 **3d**: 黄色油状化合物。 ^1H NMR (400 MHz, CDCl_3) δ 7.55 (d, $J = 7.1$ Hz, 2H), 7.42 – 7.28 (m, 3H), 5.97 (d, $J = 10.0$ Hz, 1H), 5.78 (d, $J = 10.0$ Hz, 1H), 3.86 – 3.79 (m, 1H), 3.78 – 3.70 (m, 1H), 3.66 (ddd, $J = 10.2, 6.2, 3.9$ Hz, 1H), 3.62 – 3.55 (m, 1H), 3.39 (s, 3H), 1.52 (s, 3H), 1.32 (s, 3H).

(3) 化合物 4 的核磁数据

化合物 **4a**: 无色油状化合物。 ^1H NMR (400 MHz, CDCl_3). δ 3.52 (s, 3H), 3.20 (d, $J = 2.7$ Hz, 1H), 3.08 (d, $J = 2.7$ Hz, 1H), 0.20 (s, 9H).

化合物 **4b**: 无色油状化合物。 ^1H NMR (400 MHz, CDCl_3). δ 3.66 (q, $J = 8.0$ Hz, 1H), 3.51 (s, 3H), 1.48 (d, $J = 8.0$ Hz, 3H), 0.21 (s, 9H).

化合物 **4c**: 无色油状化合物。 ^1H NMR (400 MHz, CDCl_3). δ 3.50 (s, 3H), 1.57 (s, 3H), 1.52 (s, 3H), 0.20 (s, 9H).

化合物 **4d**: 无色油状化合物。 ^1H NMR (400 MHz, CDCl_3). δ 0.34 (9H, s), 4.50 (1H, d, $J = 1.6$ Hz), 4.99 (1H, d, $J = 1.6$ Hz), 7.33-7.40 (3H, m), 7.66-7.68 (3H, m).

(4) 化合物 **5** 的核磁数据

化合物 **5a**: 黄色油状化合物。 ^1H NMR (400 MHz, CDCl_3) δ 7.38 – 7.28 (m, 2H), 7.27 – 7.21 (m, 1H), 6.68 (d, $J = 10.5$ Hz, 1H), 5.88 (d, $J = 10.5$ Hz, 1H), 3.57 (s, 3H), 1.43 (s, 3H), 1.24 (s, 3H), 1.18 (s, 3H), 1.02 (s, 3H); ^{13}C NMR (100 MHz, CDCl_3) δ 174.91, 140.41, 132.55, 127.33, 127.27, 127.08, 126.42, 84.36, 77.73, 51.75, 50.10, 25.49, 24.48, 21.30, 20.90.

化合物 **5b**: 黄色油状化合物。 ^1H NMR (400 MHz, CDCl_3) δ 7.51 – 7.41 (m, 2H), 7.36 (dd, $J = 10.1, 4.7$ Hz, 2H), 7.32 – 7.23 (m, 1H), 6.41 (d, $J = 10.3$ Hz, 1H), 5.97 (d, $J = 10.3$ Hz, 1H), 3.58 (s, 3H), 3.01 (brs, 2H), 1.37 (s, 3H), 1.25 (d, $J = 5.3$ Hz, 3H); ^{13}C NMR (101 MHz, CDCl_3) δ 169.74, 132.97, 128.30, 127.94, 127.15, 126.14, 80.46, 77.79, 51.63, 44.11, 25.01, 24.65; HRMS: calcd for $\text{C}_{15}\text{H}_{18}\text{O}_4 \text{Na}^+ ([\text{M} + \text{Na}]^+)$ 285.31, found 285.31.

化合物 **5c**: 黄色油状化合物。 ^1H NMR (400 MHz, CDCl_3) δ 7.94 (d, $J = 7.5$ Hz, 2H), 7.59 – 7.48 (m, 3H), 7.43 (t, $J = 7.6$ Hz, 2H), 7.35 (t, $J = 7.4$ Hz, 2H), 7.31 – 7.24 (m, 1H), 6.56 (d, $J = 10.4$ Hz, 1H), 5.94 (d, $J = 10.4$ Hz,

1H), 3.79 (dd, $J = 46.7, 39.6$ Hz, 2H), 1.32 – 1.16 (m, 6H); ^{13}C NMR (100MHz, CDCl_3) δ 196.62, 137.43, 133.04, 132.64, 128.43, 128.40, 128.30, 127.91, 127.56, 126.37, 81.60, 77.89, 47.54, 29.68, 25.01, 24.77.

化合物 **5d**: 黄色油状化合物。cis: ^1H NMR (400 MHz, CDCl_3) δ 7.41 (m, 2H), 7.31 (t, $J = 7.4$ Hz, 2H), 7.24 (m, 1H), 6.61 (d, $J = 10.5$ Hz, 1H), 6.01 (d, $J = 10.5$ Hz, 1H), 3.83 (m, 2H), 2.95 (q, $J = 7.0$ Hz, 1H), 1.44 (d, $J = 10.1$ Hz, 3H), 1.20 (d, $J = 7.0$ Hz, 3H), 1.08 (s, 3H), 0.93 (t, $J = 7.1$ Hz, 3H). ^{13}C NMR (100 MHz, CDCl_3) δ 172.65, 142.33, 133.98, 127.93, 127.42, 126.52, 125.32, 82.67, 78.01, 60.34, 48.31, 25.52, 24.41, 13.76, 12.66. trans: ^1H NMR (400 MHz, CDCl_3) δ 7.43 (d, $J = 7.8$ Hz, 2H), 7.34 (t, $J = 7.5$ Hz, 2H), 7.27 (m, 1H), 6.40 (d, $J = 10.4$ Hz, 1H), 5.98 (d, $J = 10.4$ Hz, 1H), 4.08 (m, 2H), 3.01 (dd, $J = 13.7, 6.7$ Hz, 1H), 1.38 (s, 3H), 1.20 (t, $J = 7.1$ Hz, 3H), 1.10 (s, 3H), 1.05 (d, $J = 7.2$ Hz, 3H); ^{13}C NMR (100MHz, CDCl_3) δ 172.80, 133.57, 128.06, 127.59, 126.62, 124.99, 92.38, 83.38, 77.92, 60.54, 48.18, 25.22, 24.41, 14.11, 12.61.

化合物 **5e**: 黄色油状化合物。 ^1H NMR (400 MHz, CDCl_3) δ 7.44 (dd, $J = 8.2, 7.0$ Hz, 2H), 7.35 (t, $J = 7.6$ Hz, 2H), 7.31 – 7.22 (m, 1H), 6.18 (d, $J = 10.3$ Hz, 1H), 5.93 (d, $J = 10.3$ Hz, 1H), 5.70 – 5.56 (m, 1H), 5.09 – 4.97 (m, 2H), 2.62 (d, $J = 7.0$ Hz, 2H), 1.43 (s, 3H), 1.16 (s, 3H); ^{13}C NMR (100MHz, CDCl_3) δ 132.87, 132.38, 128.13, 127.65, 127.23, 126.09, 118.32, 81.87, 77.48, 44.11, 30.31, 29.69, 25.22, 24.55.

(5) 化合物 **6** 的核磁数据

化合物 **6b**: 黄色油状化合物。 ^1H NMR (400 MHz, CDCl_3): δ 8.21 (d, $J = 8.0$ Hz, 1H), 7.89 (t, $J = 8.0$ Hz, 2H), 7.28-7.34 (m, 4H), 7.20-7.27 (m, 6H),

4.60-4.70 (m, 2H), 4.46 (t, $J = 9.2$ Hz, 2H), 4.26 (t, $J = 8.0$ Hz, 2H), 3.27 (dd, $J = 14, 5.0$ Hz, 2H), 2.75 (dd, $J = 14, 9.0$ Hz, 2H).

化合物 **6c**: 黄色油状化合物。 ^1H NMR (400 MHz, CDCl_3): δ 8.25 (d, $J = 7.8$ Hz, 2 H), 7.84 (t, $J = 7.8$ Hz, 1 H), 4.47 (dd, $J = 10.3, 8.6$ Hz, 2 H), 4.32 (t, $J = 8.6$ Hz, 2 H), 4.10 (dd, $J = 10.3, 8.6$ Hz, 2 H), 0.96 (s, 18 H).

化合物 **6d**: 白色固体化合物。 ^1H NMR (400 MHz, CDCl_3): δ 7.19 (s, 2H), 3.16 (s, 2H), 2.86 (d, $J = 5.6$ Hz, 2H), 2.53 (s, 2H), 2.28 (d, $J = 7.2$ Hz, 2H), 2.14 (m, 4H), 1.62-1.81 (m, 8H), 1.34 (s, 18H).

化合物 **6e**: 白色固体化合物。 ^1H NMR (400 MHz, CDCl_3): δ 7.32 (s, 2H), 3.15-3.27 (m, 6H), 2.99-3.03 (m, 2H), 2.47-2.56 (m, 4H), 2.27-2.33 (m, 2H), 2.11- 2.18 (m, 4H), 1.64-1.86 (m, 8H), 1.45-1.52 (m, 4H), 1.30-1.39 (m, 4H), 0.93 (t, $J = 7.2$ Hz, 6H).

化合物 **6f**: 白色固体化合物。 ^1H NMR (400 MHz, CDCl_3): δ 12.54 (s, 1 H), 7.27 (t, 1 H, $J = 7.7, 7.7$ Hz), 7.17 (d, 2 H $J = 7.7$ Hz), 3.84 (dd, 1 H, $J = 11.3, 7.9$ Hz), 3.75 (t, 1 H, $J = 9.7, 9.7$ Hz), 3.68 (dd, 1 H, $J = 13.8, 5.7$ Hz), 3.53 (td, 1 H, $J = 11.8, 7.4, 7.4$ Hz), 3.41 (q, 1 H, $J = 9.9, 9.8, 9.8$ Hz), 3.06 (td, 2 H, $J = 13.7, 6.8, 6.8$ Hz), 2.84-2.90 (m, 1 H), 2.58-2.75 (m, 1 H), 2.46-2.54 (m, 1 H), 1.98-2.18 (m, 2 H), 1.21 (d, 12 H, $J = 6.8$ Hz).

(6) 化合物 7 的核磁数据

化合物 **7a**: 白色固体化合物。 ^1H NMR (400 MHz, CDCl_3) δ 7.12-7.38 (m, 10H), 7.48 (td, $J = 6.9, 1.5$ Hz, 2H), 7.57 (d, $J = 6.9$ Hz, 4H), 7.94 (d, $J = 8.1$ Hz, 2H), 8.85 (s, 2H), 9.28 (s, 1H).

化合物 **7c**: 白色固体化合物。¹H NMR (400 MHz, CDCl₃) δ 8.01 (s, 8 H), 7.61 – 7.58(m, 4 H), 7.42 – 7.39 (m, 4 H).