



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105367576 A

(43) 申请公布日 2016. 03. 02

(21) 申请号 201410405136. 0

(22) 申请日 2014. 08. 15

(71) 申请人 正大天晴药业集团股份有限公司

地址 222006 江苏省连云港市新浦区巨龙北路 8 号

(72) 发明人 丁照中 吴颢 孙飞 吴立方
杨玲

(51) Int. Cl.

C07D 487/04(2006. 01)

C07D 519/00(2006. 01)

A61K 31/519(2006. 01)

A61K 31/5377(2006. 01)

A61K 31/551(2006. 01)

A61P 31/12(2006. 01)

A61P 31/14(2006. 01)

A61P 31/20(2006. 01)

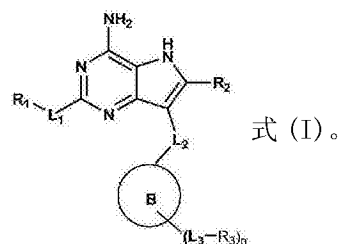
权利要求书6页 说明书51页

(54) 发明名称

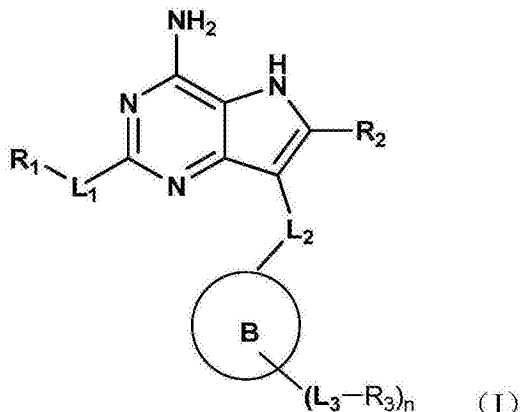
作为 TLR7 激动剂的吡咯并嘧啶化合物

(57) 摘要

本发明涉及作为 TLR7 激动剂的吡咯并嘧啶化合物,具体涉及式 (I) 化合物或其药学上可接受的盐、其制备方法、含有该类化合物的药物组合物、及其用于制备抗病毒药物的用途。



1. 式 (I) 化合物或其药学上可接受的盐,



其中,

L_1 、 L_2 分别独立地选自 $-O-$ 、 $-CH_2-$ 、 $-S-$ 、 $-NH-$ 、 $-NHC(=O)-$ 、 $-C(=O)-$ 、 $-C(=O)NH-$ 、 $-S(=O)-$ 、 $-S(=O)_2-$ 、 $-NHS(=O)_2-$ 或 $-S(=O)_2NH-$, 其中所述基团任选被一种或多种 R_4 取代;

R_1 选自氢、 C_{1-10} 烷基、 C_{2-10} 烯基、 C_{2-10} 炔基、 C_{3-10} 环烷基、3-10 元杂环烷基、芳基、杂芳基, 其中所述基团任选被一种或多种 R_4 取代;

R_2 选自氢、卤素、氰基、羟基、巯基、氨基、 $COOH$ 、 $-CONH_2$ 、 C_{1-10} 烷基、 C_{2-10} 烯基、 C_{2-10} 炔基、 C_{3-10} 环烷基、3-10 元杂环烷基、芳基、杂芳基, 其中所述基团任选被一种或多种 R_4 取代;

B 选自 C_{3-10} 环烷基、3-10 元杂环烷基、芳基、杂芳基;

L_3 选自 C_{0-6} 亚烷基、亚氨基、 $-O-$ 、 $-S-$ 、 $-S(=O)-$ 或 $-S(=O)_2-$, 其中所述基团任选被一种或多种 R_4 取代;

R_3 选自氢、氨基、 C_{1-10} 烷基、 C_{2-10} 烯基、 C_{2-10} 炔基、 C_{3-10} 环烷基、3-10 元杂环烷基、芳基、杂芳基, 其中所述基团任选被一种或多种 R_4 取代,

或 R_3 、 L_3 与 B 环上邻位原子一起形成饱和或不饱和的 5-8 元环, 所述环任选被一种或多种 R_4 取代;

n 为 0、1、2、3、4 或 5;

R_4 选自卤素、氰基、 $-R$ 、 $-OR$ 、 $=O$ 、 $-SR$ 、 $-NR_2$ 、 $=NR$ 、 $-C(\text{卤素})_3$ 、 $-C(\text{卤素})_2$ 、 $-CR_2(\text{卤素})$ 、 $-OCN$ 、 $-SCN$ 、 $-N=C=O$ 、 $-NCS$ 、 $-NO$ 、 $-NO_2$ 、 $-NRC(=O)R$ 、 $-NRC(=O)OR$ 、 $-NRC(=O)NRR$ 、 $-C(=O)NRR$ 、 $-C(=O)OR$ 、 $-OC(=O)NRR$ 、 $-OC(=O)OR$ 、 $-C(=O)R$ 、 $-S(=O)_2OR$ 、 $-S(=O)_2R$ 、 $-OS(=O)_2OR$ 、 $-S(=O)_2NRR$ 、 $-S(=O)R$ 、 $-NRS(=O)_2R$ 、 $-NRS(=O)_2NRR$ 、 $-NRS(=O)_2OR$ 、 $-OP(=O)(OR)_2$ 、 $-P(=O)(OR)_2$ 、 $-C(=O)R$ 、 $-C(=S)R$ 、 $-C(=O)OR$ 、 $-C(=S)OR$ 、 $-C(=O)SR$ 、 $-C(=S)SR$ 、 $-C(=O)NRR$ 、 $-C(=S)NRR$ 、 $-C(=NR)NRR$ 或 $-NRC(=NR)NRR$; R 独立地选自 H、 C_{1-8} 烷基、 C_{3-8} 环烷基、3-8 元杂环烷基、芳基、杂芳基、芳基烷基、杂芳基烷基;

并且, 当 L_1 为 $-CH_2-$ 或 $-NH-$ 时, R_3 不为 H。

2. 如权利要求 1 所述的化合物, 其特征是, L_1 、 L_2 分别独立地选自 $-O-$ 、 $-CH_2-$ 、 $-S-$ 、 $-NH-$ 、 $-C(=O)-$ 、 $-S(=O)-$ 或 $-S(=O)_2-$, 其中所述基团任选被一种或多种 R_4 取代。

3. 如权利要求 2 所述的化合物, 其特征是, L_1 、 L_2 分别独立地选自 $-O-$ 、 $-CH_2-$, 其中所述

基团任选被一种或多种 R_4 取代。

4. 如权利要求 1 所述的化合物,其特征是, R_1 选自氢、 C_{1-6} 烷基、 C_{2-6} 烯基、 C_{2-6} 炔基、 C_{3-6} 环烷基、3-6 元杂环烷基、芳基、杂芳基,其中所述基团任选被一种或多种 R_4 取代。

5. 如权利要求 4 所述的化合物,其特征是, R_1 选自 C_{1-6} 烷基,其中所述基团任选被一种或多种 R_4 取代。

6. 如权利要求 1 所述的化合物,其特征是, R_2 选自氢、卤素、氰基、羟基、氨基、 $-\text{CONH}_2$ 、 C_{1-6} 烷基,其中所述基团任选被一种或多种 R_4 取代。

7. 如权利要求 6 所述的化合物,其特征是, R_2 选自氢、氰基、 $-\text{CONH}_2$,其中所述基团任选被一种或多种 R_4 取代。

8. 如权利要求 1 所述的化合物,其特征是, B 选自芳基、杂芳基。

9. 如权利要求 8 所述的化合物,其特征是, B 选自苯基、吡啶基。

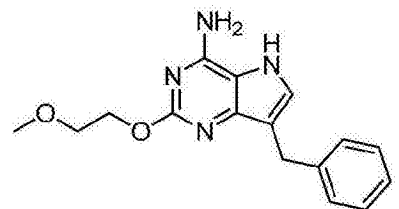
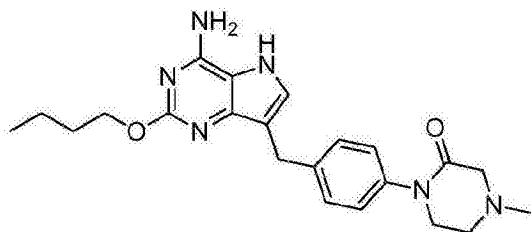
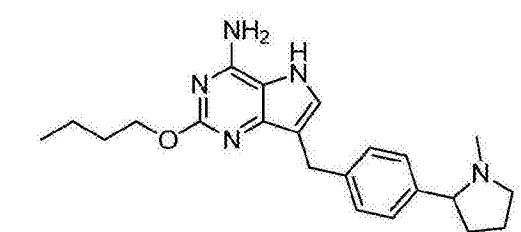
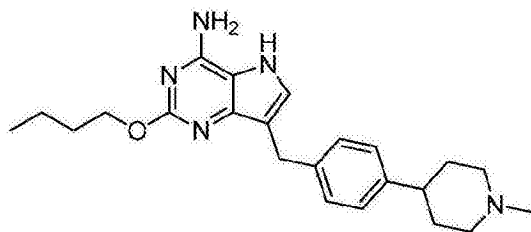
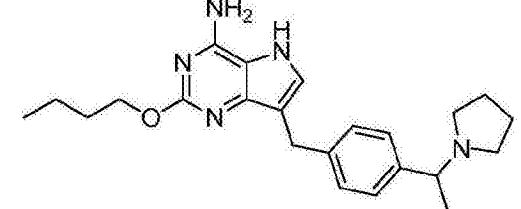
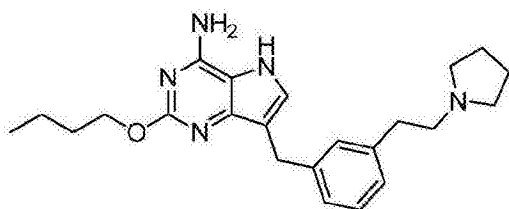
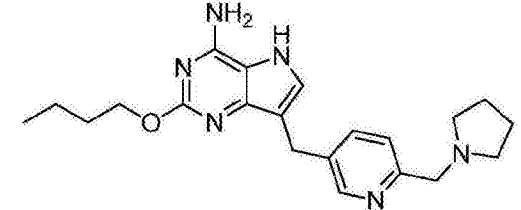
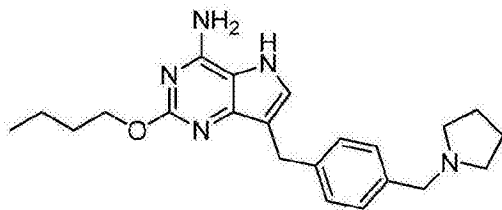
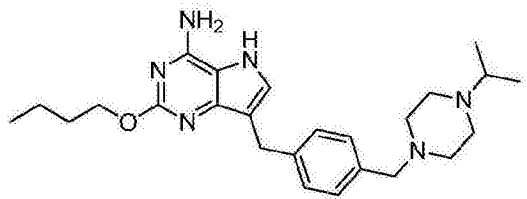
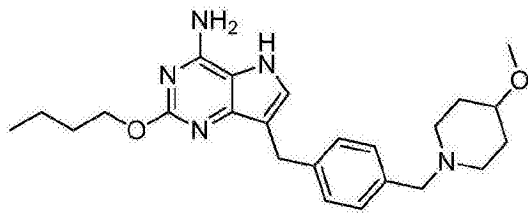
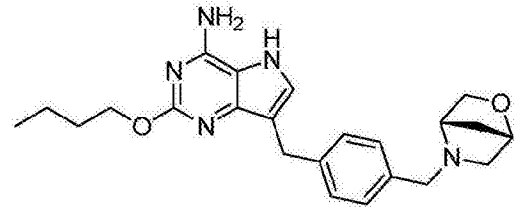
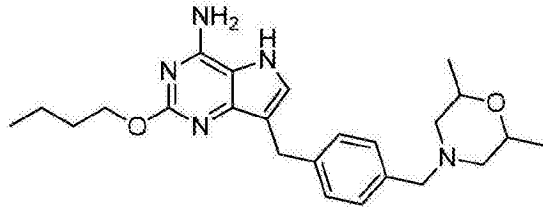
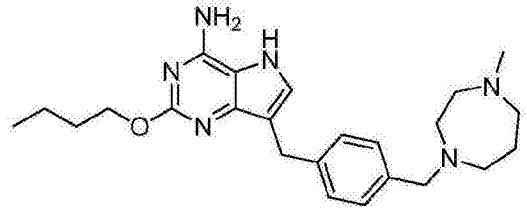
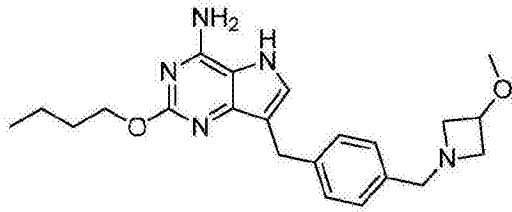
10. 如权利要求 1 所述的化合物,其特征是, L_3 选自 C_{0-6} 亚烷基,其中所述基团任选被一种或多种 R_4 取代。

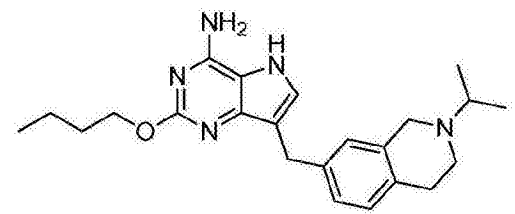
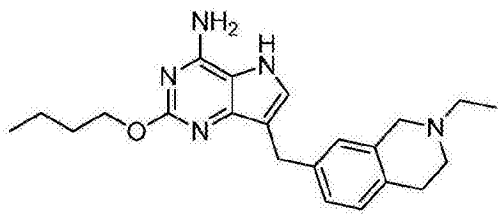
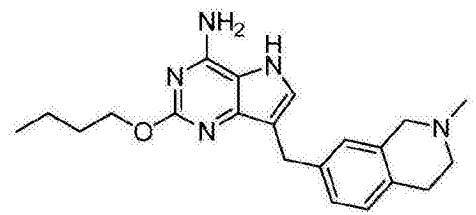
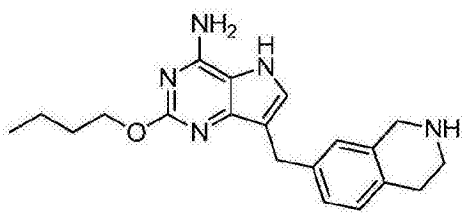
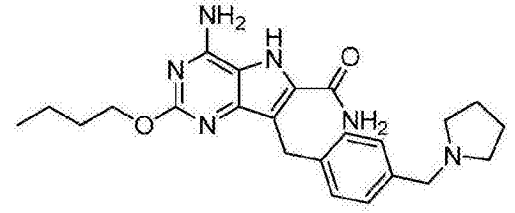
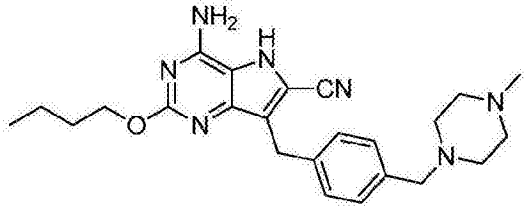
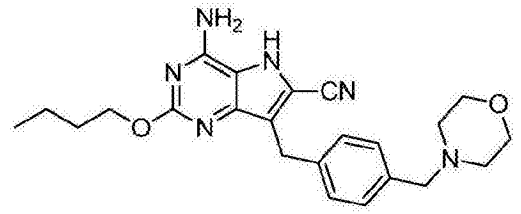
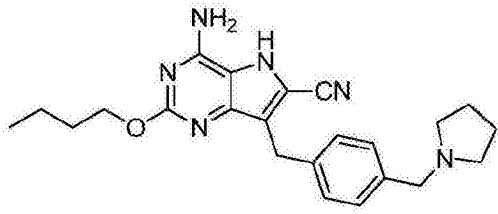
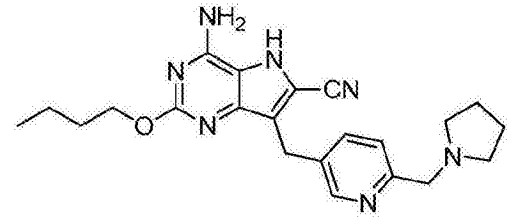
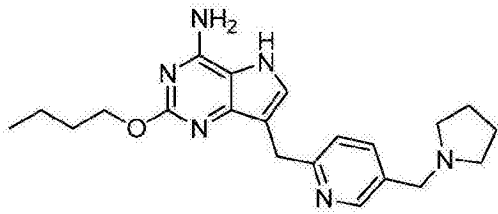
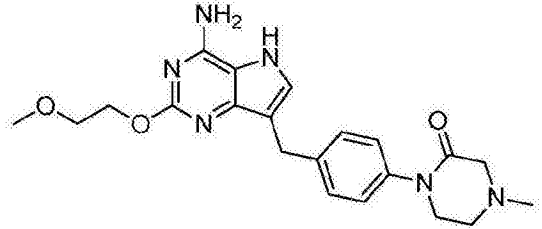
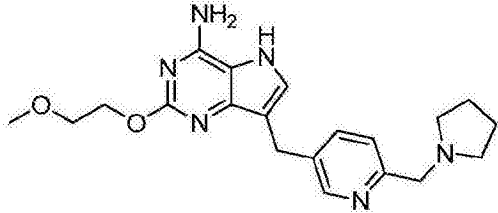
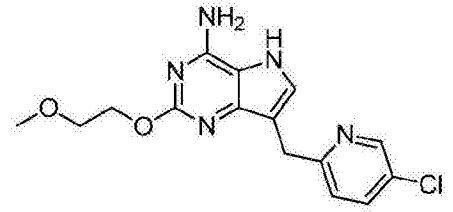
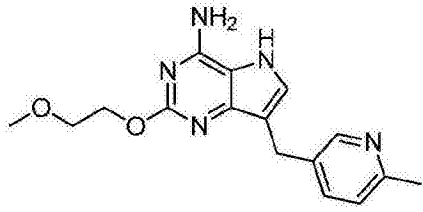
11. 如权利要求 1 所述的化合物,其特征是, R_3 选自氢、氨基、 C_{1-6} 烷基、 C_{2-6} 烯基、 C_{2-6} 炔基、 C_{3-8} 环烷基、3-8 元杂环烷基、芳基、杂芳基,其中所述基团任选被一种或多种 R_4 取代;或 R_3 、 L_3 与 B 环上邻位原子一起形成饱和或不饱和的 5-8 元环,所述环任选被一种或多种 R_4 取代。

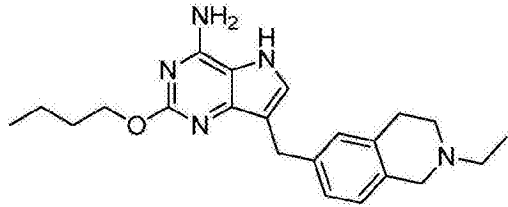
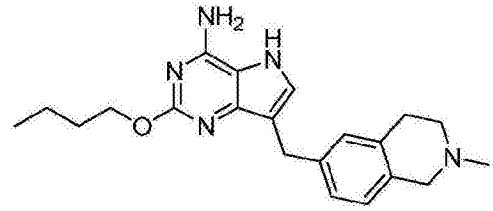
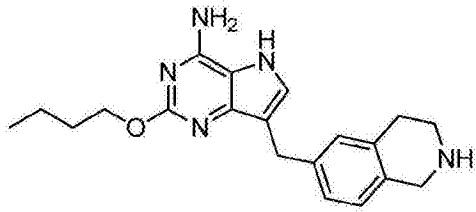
12. 如权利要求 1 所述的化合物,其特征是, R_4 选自卤素、氰基、 $-\text{R}$ 、 $-\text{OR}$ 、 $=\text{O}$ 、 $-\text{SR}$ 、 $-\text{NR}_2$ 、 $=\text{NR}$ 、 $-\text{C}(\text{卤素})_3$ 、 $-\text{CR}(\text{卤素})_2$ 、 $-\text{CR}_2(\text{卤素})$ 、 $-\text{OCN}$ 、 $-\text{SCN}$ 、 $-\text{N}=\text{C}=\text{O}$ 、 $-\text{NCS}$ 、 $-\text{NO}$ 、 $-\text{NO}_2$ 、 $-\text{NRC}(=\text{O})\text{R}$ 、 $-\text{C}(=\text{O})\text{NRR}$ 、 $-\text{C}(=\text{O})\text{OR}$ 、 $-\text{OC}(=\text{O})\text{NRR}$ 、 $-\text{C}(=\text{O})\text{R}$ 、 $-\text{S}(=\text{O})_2\text{OR}$ 、 $-\text{S}(=\text{O})_2\text{R}$ 、 $-\text{OS}(=\text{O})_2\text{OR}$ 、 $-\text{S}(=\text{O})_2\text{NRR}$ 、 $-\text{S}(=\text{O})\text{R}$ 、 $-\text{NRS}(=\text{O})_2\text{R}$ 、 $-\text{C}(=\text{O})\text{R}$ 、 $-\text{C}(=\text{O})\text{OR}$ 或 $-\text{C}(=\text{O})\text{NRR}$ 。

13. 如权利要求 12 所述的化合物,其特征是, R_4 选自卤素、氰基、 $-\text{R}$ 、 $-\text{OR}$ 、 $=\text{O}$ 、 $-\text{NR}_2$ 、 $=\text{NR}$ 、 $-\text{C}(\text{卤素})_3$ 、 $-\text{CR}(\text{卤素})_2$ 、 $-\text{CR}_2(\text{卤素})$ 。

14. 下式表示的化合物:







或其药学上可接受的盐。

15. 权利要求 1-14 任一项所述的化合物或其药学上可接受的盐在制备治疗病毒感染的药物中的用途。

16. 药物组合物,其包含治疗有效量的权利要求 1-14 任一项所述的化合物或其药学上可接受的盐和一种或多种药学上可接受的载体或赋形剂。

作为 TLR7 激动剂的吡咯并嘧啶化合物

技术领域

[0001] 本发明涉及新的作为 TLR7 激动剂的吡咯并嘧啶环化合物或其药学上可接受的盐,具体涉及式 (I) 所示化合物或其药学上可接受的盐。

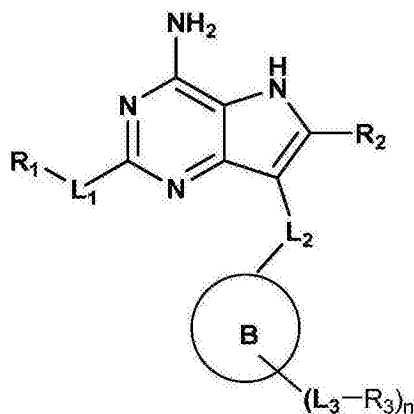
背景技术

[0002] T_{oll}样受体表达于多种免疫细胞。T_{oll}样受体识别高度保守结构基序:由微生物病原体表达的病原体相关的微生物模式 (PAMP) 或由坏死细胞释放的损伤相关分子模式 (DAMP)。通过相应的病原体相关的微生物模式 (PAMP) 或损伤相关分子模式 (DAMP) 刺激 T_{oll}样受体引发信号级联导致转录因子如 AP-1, NF- κ B 和干扰素调节因子 (脉冲响应函数) 的激活。这导致多种细胞反应,包括生产干扰素,促炎性细胞因子和效应细胞因子,从而产生免疫应答。迄今为止哺乳动物中有 13 种 T_{oll}样受体已被发现。T_{oll}样受体 1, 2, 4, 5 和 6 主要表达在细胞表面上, T_{oll}样受体 3, 7, 8 和 9 表达在内体中。不同的 T_{oll}样受体识别不同病原体衍生的配体。对于 T_{oll}样受体 7 (TLR7), 它主要是由浆细胞样树突细胞 (pDC) 表达和配体识别而诱导干扰素 α (IFN- α) 的分泌。T_{oll}样受体 7 (TLR7) 和 T_{oll}样受体 8 (TLR8) 高度同源。因此 TLR7 配体,在大多数情况下也是 TLR8 配体。TLR8 刺激主要诱导产生细胞因子如肿瘤坏死因子 α (TNF- α) 和趋化因子。干扰素 α 是治疗慢性乙型肝炎或丙型肝炎的主要药物之一,而 TNF- α 是一种促炎细胞因子,过多分泌可能导致严重的副作用。所以对 TLR7 和 TLR8 的选择性对于开发 TLR7 激动剂用于治疗病毒感染性疾病至关重要。几个 TLR7 激动剂已有报道,如咪喹莫特,瑞喹莫德,GS-9620。但具备更好的选择性、活性和安全性的新的 TLR7 激动剂仍然有很大需求。我们发现了一系列的新颖的吡咯并嘧啶衍生物是 TLR7 的激动剂。背景研发资料参照如下的期刊文章: Hoffmann, J. A., *Nature*, 2003, 426, p33-38; Akira, S., Takeda, K., and Kaisho, T., *Annual. Rev. Immunology*, 2003, 21, 335-376; Ulevitch, R. J., *Nature Reviews: Immunology*, 2004, 4, 512-520; Coffman, R. L., *Nat. Med.* 2007, 13, 552-559; Paul A. Roethle, *J. Med. Chem.* 2013, 56 (18), 7324-7333。

发明内容

[0003] 本发明的目的在于提供式 (I) 所示化合物或其药学上可接受的盐,

[0004]



[0005] 式 (I)

[0006] 其中,

[0007] L_1 、 L_2 分别独立地选自 $-O-$ 、 $-CH_2-$ 、 $-S-$ 、 $-NH-$ 、 $-NHC(=O)-$ 、 $-C(=O)-$ 、 $-C(=O)NH-$ 、 $-S(=O)-$ 、 $-S(=O)_2-$ 、 $-NHS(=O)_2-$ 或 $-S(=O)_2NH-$, 其中所述基团任选被一种或多种 R_4 取代;

[0008] R_1 选自氢、 C_{1-10} 烷基、 C_{2-10} 烯基、 C_{2-10} 炔基、 C_{3-10} 环烷基、3-10 元杂环烷基、芳基、杂芳基, 其中所述基团任选被一种或多种 R_4 取代;

[0009] R_2 选自氢、卤素、氰基、羟基、巯基、氨基、 $COOH$ 、 $-CONH_2$ 、 C_{1-10} 烷基、 C_{2-10} 烯基、 C_{2-10} 炔基、 C_{3-10} 环烷基、3-10 元杂环烷基、芳基、杂芳基, 其中所述基团任选被一种或多种 R_4 取代;

[0010] B 选自 C_{3-10} 环烷基、3-10 元杂环烷基、芳基、杂芳基;

[0011] L_3 选自 C_{0-6} 亚烷基、亚氨基、 $-O-$ 、 $-S-$ 、 $-S(=O)-$ 或 $-S(=O)_2-$, 其中所述基团任选被一种或多种 R_4 取代;

[0012] R_3 选自氢、氨基、 C_{1-10} 烷基、 C_{2-10} 烯基、 C_{2-10} 炔基、 C_{3-10} 环烷基、3-10 元杂环烷基、芳基、杂芳基, 其中所述基团任选被一种或多种 R_4 取代,

[0013] 或 R_3 、 L_3 与 B 环上邻位原子一起形成饱和或不饱和的 5-8 元环, 所述环任选被一种或多种 R_4 取代;

[0014] n 为 0、1、2、3、4 或 5;

[0015] R_4 选自卤素、氰基、 $-R$ 、 $-OR$ 、 $=O$ 、 $-SR$ 、 $-NR_2$ 、 $=NR$ 、 $-C(卤素)_3$ 、 $-CR(卤素)_2$ 、 $-CR_2(卤素)$ 、 $-OCN$ 、 $-SCN$ 、 $-N=C=O$ 、 $-NCS$ 、 $-NO$ 、 $-NO_2$ 、 $-NRC(=O)R$ 、 $-NRC(=O)OR$ 、 $-NRC(=O)NRR$ 、 $-C(=O)NRR$ 、 $-C(=O)OR$ 、 $-OC(=O)NRR$ 、 $-OC(=O)OR$ 、 $-C(=O)R$ 、 $-S(=O)_2OR$ 、 $-S(=O)_2R$ 、 $-OS(=O)_2OR$ 、 $-S(=O)_2NRR$ 、 $-S(=O)R$ 、 $-NRS(=O)_2R$ 、 $-NRS(=O)_2NRR$ 、 $-NRS(=O)_2OR$ 、 $-OP(=O)(OR)_2$ 、 $-P(=O)(OR)_2$ 、 $-C(=O)R$ 、 $-C(=S)R$ 、 $-C(=O)OR$ 、 $-C(=S)OR$ 、 $-C(=O)SR$ 、 $-C(=S)SR$ 、 $-C(=O)NRR$ 、 $-C(=S)NRR$ 、 $-C(=NR)NRR$ 或 $-NRC(=NR)NRR$; R 独立地选自 H 、 C_{1-8} 烷基、 C_{3-8} 环烷基、3-8 元杂环烷基、芳基、杂芳基、芳基烷基、杂芳基烷基;

[0016] 并且, 当 L_1 为 $-CH_2-$ 或 $-NH-$ 时, R_3 不为 H 。

[0017] 在式 (I) 化合物的一些实施方案中, L_1 、 L_2 分别独立地选自 $-O-$ 、 $-CH_2-$ 、 $-S-$ 、 $-NH-$ 、 $-C(=O)-$ 、 $-S(=O)-$ 或 $-S(=O)_2-$, 其中所述基团任选被一种或多种 R_4 取代。在式 (I) 化合物的一些实施方案中, L_1 、 L_2 分别独立地选自 $-O-$ 、 $-CH_2-$ 、 $-S-$ 、 $-NH-$, 其中所述基团任选被一种或多种 R_4 取代。在式 (I) 化合物的一些实施方案中, L_1 、 L_2 分别

独立地选自 $-O-$ 、 $-CH_2-$ ，其中所述基团任选被一种或多种 R_4 取代。

[0018] 在式 (I) 化合物的一些实施方案中， R_1 选自氢、 C_{1-6} 烷基、 C_{2-6} 烯基、 C_{2-6} 炔基、 C_{3-6} 环烷基、3-6 元杂环烷基、芳基、杂芳基，其中所述基团任选被一种或多种 R_4 取代。在式 (I) 化合物的一些实施方案中， R_1 选自 C_{1-6} 烷基，其中所述基团任选被一种或多种 R_4 取代。

[0019] 在式 (I) 化合物的一些实施方案中， R_2 选自氢、卤素、氰基、羟基、巯基、氨基、 CHO 、 $COOH$ 、 $-CONH_2$ 、 C_{1-6} 烷基、 C_{2-6} 烯基、 C_{2-6} 炔基、 C_{3-6} 环烷基、3-6 元杂环烷基、芳基、杂芳基，其中所述基团任选被一种或多种 R_4 取代。在式 (I) 化合物的一些实施方案中， R_2 选自氢、卤素、氰基、羟基、氨基、 $-CONH_2$ 、 C_{1-6} 烷基，其中所述基团任选被一种或多种 R_4 取代。在式 (I) 化合物的一些实施方案中， R_2 选自氢、氰基、 $-CONH_2$ ，其中所述基团任选被一种或多种 R_4 取代。

[0020] 在式 (I) 化合物的一些实施方案中， B 选自芳基、杂芳基。在式 (I) 化合物的一些实施方案中， B 选自 5-7 元芳基、5-7 元杂芳基。在式 (I) 化合物的一些实施方案中， B 选自苯基、吡啶基、嘧啶基、哒嗪基、吡嗪基、噁吩基、噁唑基、呋喃基、噁唑基、噻二唑基、异噁唑基、噁二唑基、吡咯基、咪唑基、吡唑基、异噻唑基、三唑基。在式 (I) 化合物的一些实施方案中， B 选自苯基、吡啶基。

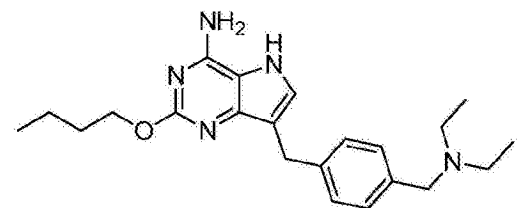
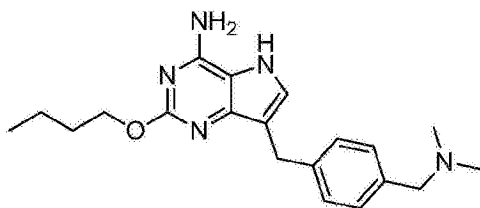
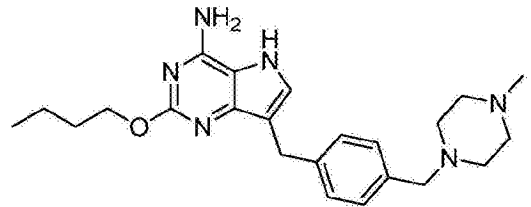
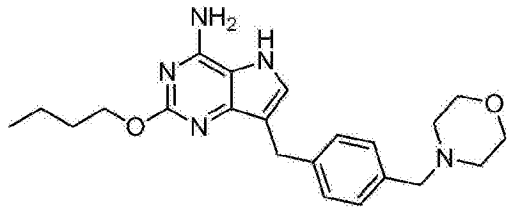
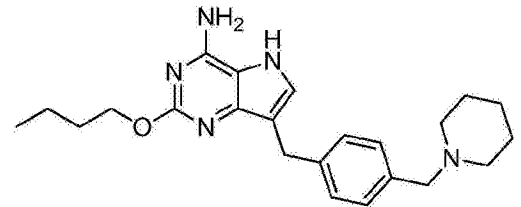
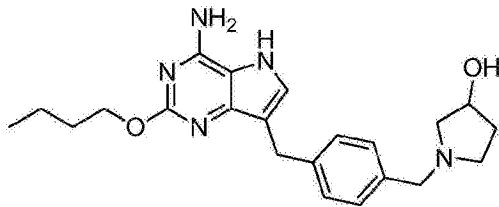
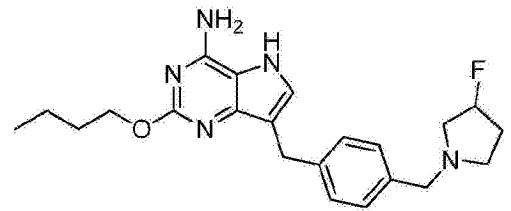
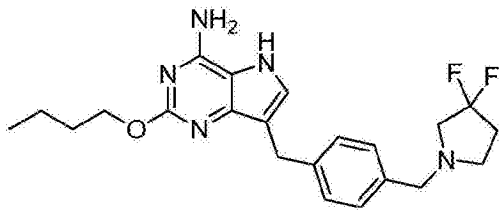
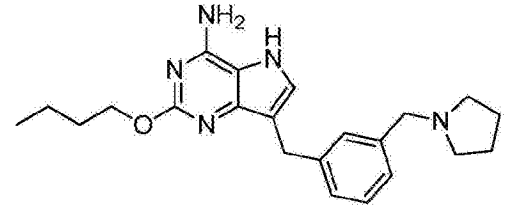
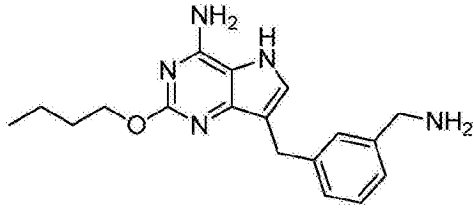
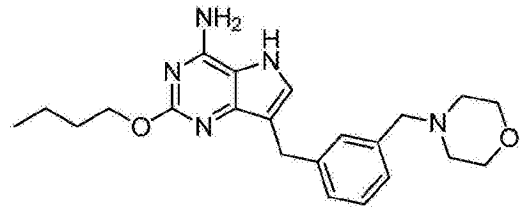
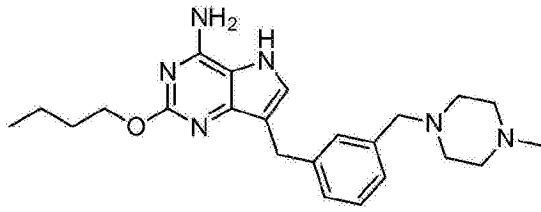
[0021] 在式 (I) 化合物的一些实施方案中， L_3 选自 C_{0-6} 亚烷基，其中所述基团任选被一种或多种 R_4 取代。

[0022] 在式 (I) 化合物的一些实施方案中， R_3 选自氢、氨基、 C_{1-6} 烷基、 C_{2-6} 烯基、 C_{2-6} 炔基、 C_{3-8} 环烷基、3-8 元杂环烷基、芳基、杂芳基，其中所述基团任选被一种或多种 R_4 取代；或 R_3 、 L_3 与 B 环上邻位原子一起形成饱和或不饱和的 5-8 元环，所述环任选被一种或多种 R_4 取代。在式 (I) 化合物的一些实施方案中， R_3 选自氢、氨基、 C_{1-6} 烷基、 C_{3-8} 环烷基、3-8 元杂环烷基、芳基、杂芳基，其中所述基团任选被一种或多种 R_4 取代；或 R_3 、 L_3 与 B 环上邻位原子一起形成饱和或不饱和的 5-8 元环，所述环任选被一种或多种 R_4 取代。

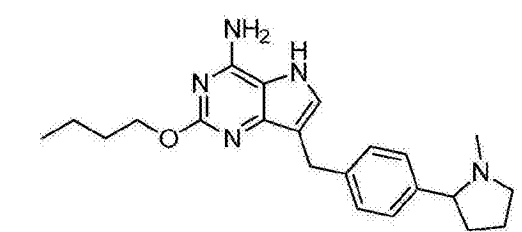
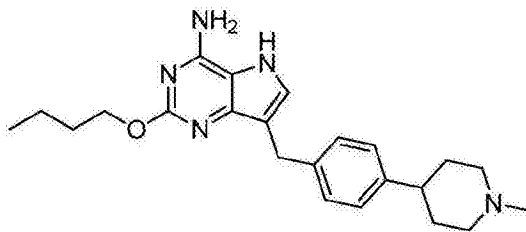
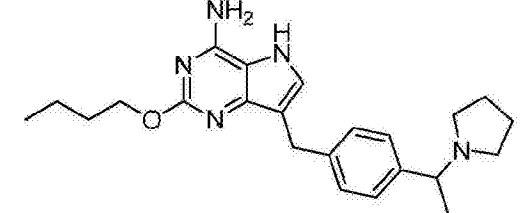
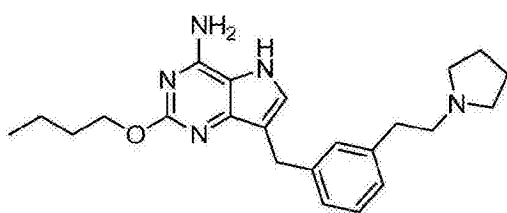
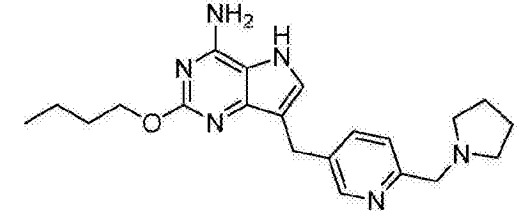
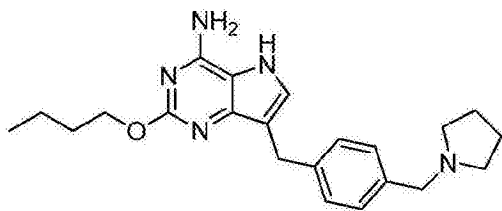
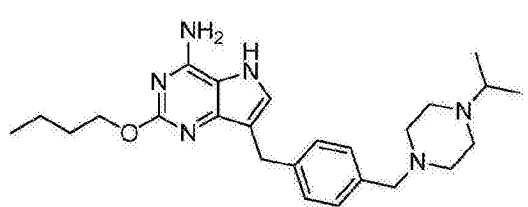
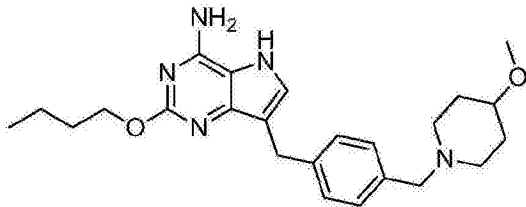
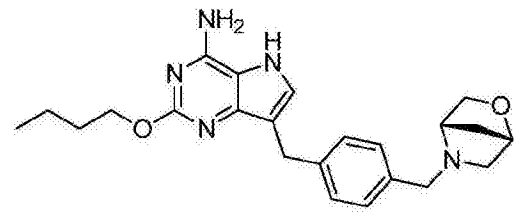
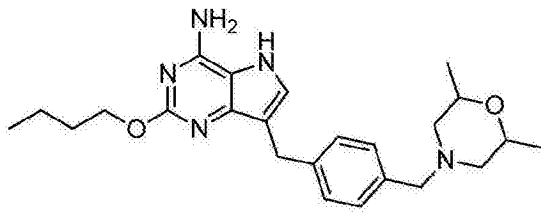
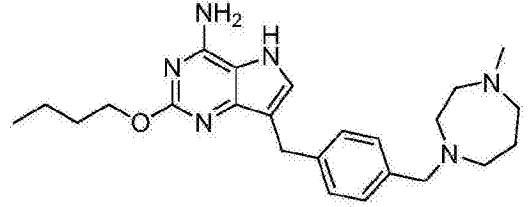
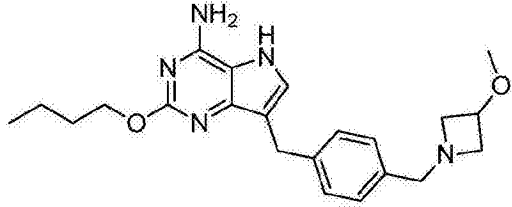
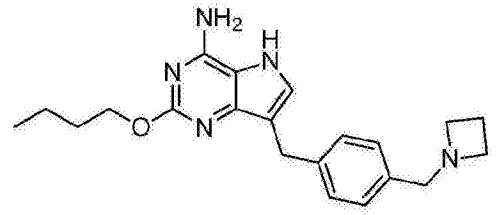
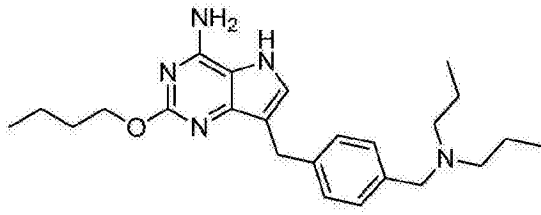
[0023] 在式 (I) 化合物的一些实施方案中， R_4 选自卤素、氰基、 $-R$ 、 $-OR$ 、 $=O$ 、 $-SR$ 、 $-NR_2$ 、 $=NR$ 、 $-C(\text{卤素})_3$ 、 $-CR(\text{卤素})_2$ 、 $-CR_2(\text{卤素})$ 、 $-OCN$ 、 $-SCN$ 、 $-N=C=O$ 、 $-NCS$ 、 $-NO$ 、 $-NO_2$ 、 $-NRC(=O)R$ 、 $-C(=O)NRR$ 、 $-C(=O)OR$ 、 $-OC(=O)NRR$ 、 $-C(=O)R$ 、 $-S(=O)_2OR$ 、 $-S(=O)_2R$ 、 $-OS(=O)_2OR$ 、 $-S(=O)_2NRR$ 、 $-S(=O)R$ 、 $-NRS(=O)_2R$ 、 $-C(=O)R$ 、 $-C(=O)OR$ 或 $-C(=O)NRR$ 。在式 (I) 化合物的一些实施方案中， R_4 选自卤素、氰基、 $-R$ 、 $-OR$ 、 $=O$ 、 $-NR_2$ 、 $=NR$ 、 $-C(\text{卤素})_3$ 、 $-CR(\text{卤素})_2$ 、 $-CR_2(\text{卤素})$ 。在式 (I) 化合物的一些实施方案中， R_4 选自卤素、 $-R$ 、 $-OR$ 、 $=O$ 。

[0024] 在一些实施方案中，式 (I) 化合物选自以下化合物：

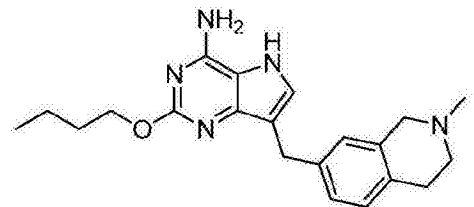
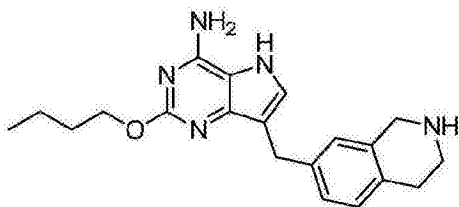
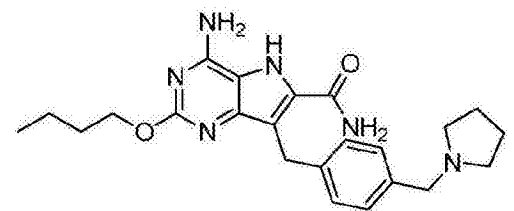
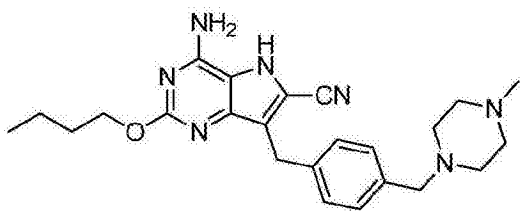
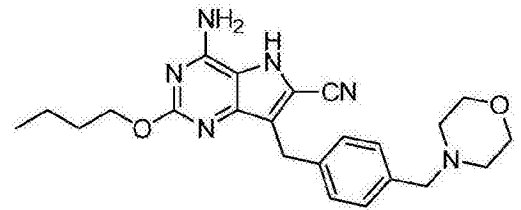
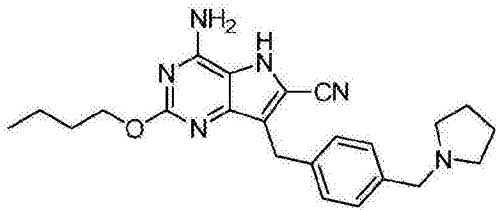
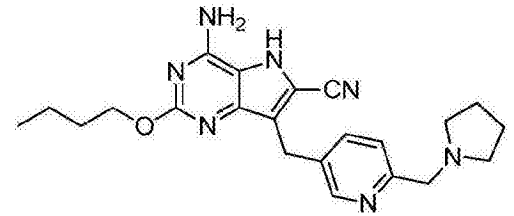
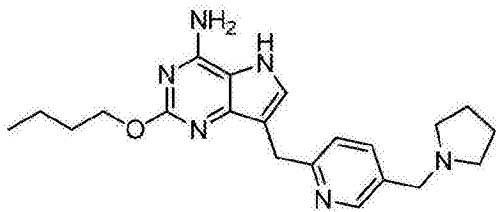
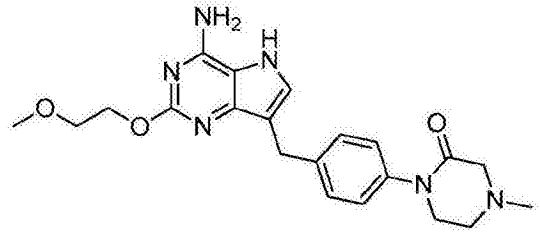
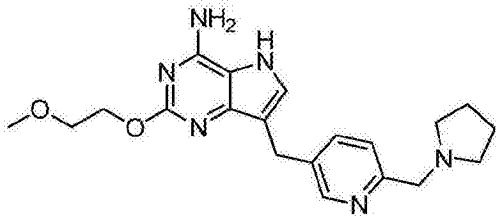
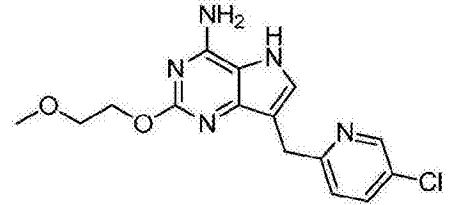
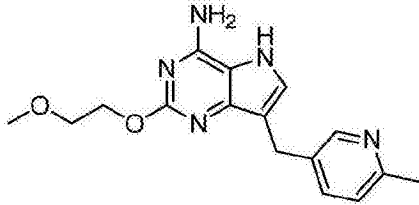
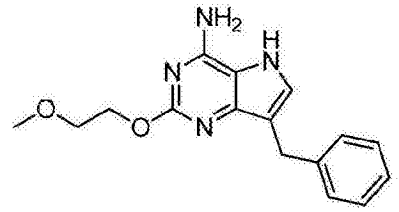
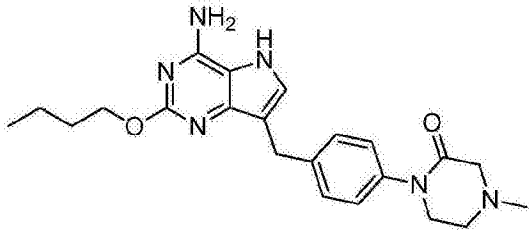
[0025]



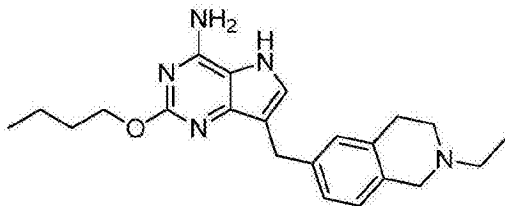
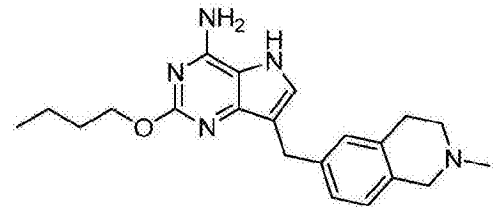
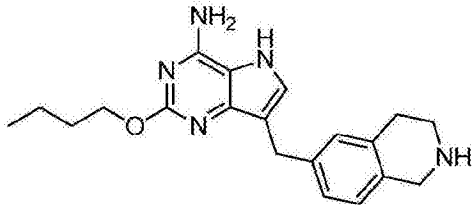
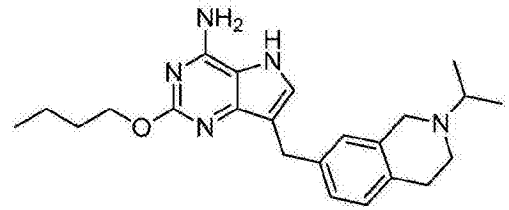
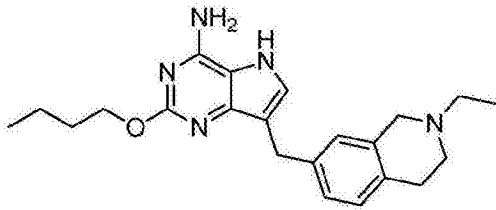
[0026]



[0027]



[0028]



[0029] 或其药学上可接受的盐。

[0030] 本发明另一方面提供了一种治疗病毒感染的方法,所述方法包括给予治疗有效量的式 I 化合物或其药学上可接受的盐。

[0031] 本发明的另一个方面提供了式 I 化合物或其药学上可接受的盐在制备治疗病毒感染的药物中的用途。

[0032] 在本发明的一些实施方案中,所述病毒感染是登革热病毒、黄热病毒、西尼罗病毒、日本脑炎病毒、蜱传脑炎病毒、昆津病毒、墨累山谷脑炎病毒、圣路易脑炎病毒、鄂木斯克出血热病毒、牛病毒性腹泻病毒、济卡病毒、肝炎病毒感染。在本发明的一个实施方案中,所述病毒感染是肝炎病毒感染。在本发明的一个实施方案中,所述病毒感染是乙型或丙型肝炎病毒感染。

[0033] 本发明的另一方面提供了一种药物组合物,其包含治疗有效量的式 I 化合物或其药学上可接受的盐和一种或多种药学上可接受的载体或赋形剂。本发明的药物组合物可以进一步含有一种或多种额外的治疗剂。

[0034] 本发明的药物组合物可通过将本发明的化合物或其盐与适宜的药学上可接受的载体组合而制备,例如可配制成固态、半固态、液态或气态制剂,如片剂、丸剂、胶囊剂、粉剂、颗粒剂、膏剂、乳剂、悬浮剂、溶液剂、栓剂、注射剂、吸入剂、凝胶剂、微球及气溶胶等。

[0035] 给予本发明的化合物或其药物可接受的盐或其立体异构体或其药物组合物的典型途径包括但不限于口服、直肠、透黏膜、经肠给药,或者局部、经皮、吸入、肠胃外、舌下、阴道内、鼻内、眼内、腹膜内、肌内、皮下、静脉内给药。

[0036] 本发明的药物组合物可以采用本领域众所周知的方法制造,如常规的混合法、溶解法、制粒法、制糖衣药丸法、磨细法、乳化法、冷冻干燥法等等。

[0037] 对于口服给药,可以通过将活性化合物与本领域熟知的药学上可接受的载体混合来配制该药物组合物。这些载体能使本发明的化合物被配制成片剂、丸剂、锭剂、糖衣剂、胶囊剂、液体、凝胶剂、浆剂、悬浮剂等,用于对患者的口服给药。

[0038] 可以通过常规的混合、填充或压片方法来制备固体口服组合物。例如,可通过下述方法获得:将所述的活性化合物与固体赋形剂混合,任选地碾磨所得的混合物,如果需要则加入其它合适的辅剂,然后将该混合物加工成颗粒,得到了片剂或糖衣剂的核心。适合的辅料包括但不限于:粘合剂、稀释剂、崩解剂、润滑剂、助流剂、甜味剂或矫味剂等。如微晶纤维素、葡萄糖溶液、阿拉伯胶浆、明胶溶液、蔗糖和淀粉糊;滑石、淀粉、硬脂酸镁、硬脂酸钙或硬脂酸;乳糖、蔗糖、淀粉、甘露糖醇、山梨糖醇或磷酸二钙;二氧化硅;交联羧甲基纤维素钠、预交化淀粉、淀粉羟乙酸钠、藻酸、玉米淀粉、马铃薯淀粉、甲基纤维素、琼脂、羧甲基纤维素、交联聚乙烯吡咯烷酮等。可以根据通常药物实践中公知的方法任选地对糖衣剂的核心进行包衣,尤其使用肠溶包衣。

[0039] 药物组合物还可适用于肠胃外给药,如合适的单位剂型的无菌溶液剂、混悬剂或冻干产品。能够使用适当的赋形剂,例如填充剂、缓冲剂或表面活性剂。

[0040] 本文所述的式 I 化合物或其药学上可接受的盐可以通过任何适用的途径和方法给药,例如通过口服或肠胃外(例如,静脉内)给药。式 I 化合物的治疗有效量为从约 0.0001 到 20mg/Kg 体重/天,例如从 0.001 到 10mg/Kg 体重/天。

[0041] 式 I 化合物的剂量频率由患者个体的需求决定,例如,每天 1 次或 2 次,或每天更多次。给药可以是间歇性的,例如,其中在若干天的期间内,患者接受式 I 化合物的每日剂量,接着在若干天或更多天的期间,患者不接受式 I 化合物的每日剂量。

[0042] 有关定义:

[0043] 除非另有说明,本文所用的下列术语和短语具有下列含义。一个特定的术语或短语在没有特别定义的情况下不应该被认为是不确定的或不清楚的,而应该按照普通的含义去理解。当本文中出現商品名时,意在指代其对应的商品或其活性成分。

[0044] 术语“任选”或“任选地”是指随后描述的事件或情况可能发生或可能不发生,该描述包括发生所述事件或情况和不发生所述事件或情况。例如,乙基“任选”被卤素取代,指乙基可以是未被取代的(CH_2CH_3)、单取代的(如 $\text{CH}_2\text{CH}_2\text{F}$)、多取代的(如 CHFCH_2F 、 CH_2CHF_2 等)或完全被取代的(CF_2CF_3)。本领域技术人员可理解,对于包含一个或多个取代基的任何基团,不会引入任何在空间上不可能存在和/或不能合成的取代或取代模式。

[0045] 本文所用的 C_{m-n} 指该部分中具有 $m-n$ 个碳原子。例如,“ C_{3-10} 环烷基”指该环烷基具有 3-10 个碳原子。“ C_{0-6} 亚烷基”指该亚烷基具有 0-6 个碳原子,当亚烷基具有 0 个碳原子时,该基团为键。

[0046] 本文中的数字范围,是指给定范围中的各个整数。例如“ C_{1-10} ”是指该基团可具有 1 个碳原子、2 个碳原子、3 个碳原子、4 个碳原子、5 个碳原子、6 个碳原子、7 个碳原子、8 个碳原子、9 个碳原子或 10 个碳原子。

[0047] 术语“被取代”是指特定原子上的任意一个或多个氢原子被取代基取代,只要特定原子的价态是正常的并且取代后的化合物是稳定的。当取代基为酮基(即 $=\text{O}$)时,意味着两个氢原子被取代,酮取代不会发生在芳香基上。

[0048] 当任何变量(例如 R)在化合物的组成或结构中出现一次以上时,其在每一种情况下的定义都是独立的。因此,例如,如果一个基团被 0-2 个 R 所取代,则所述基团可以任选地至多被两个 R 所取代,并且每种情况下的 R 都有独立的选项。此外,取代基和/或其变体的组合只有在这样的组合会产生稳定的化合物的情况下才是被允许的。

[0049] 除非另有规定,术语“杂”表示杂原子或杂原子团(即含有杂原子的原子团),即碳和氢以外的原子或含有这些原子的原子团,杂原子独立地选自氧、氮、硫、磷、硅、锆、铝、硼。在出现两个或更多杂原子的实施方式中,所述两个或更多杂原子可彼此相同,或者所述两个或更多杂原子中的部分或全部彼此不同。

[0050] 术语“卤”或“卤素”是指氟、氯、溴和碘。

[0051] 术语“羟基”指 -OH 基团。

[0052] 术语“氰基”指 -CN 基团。

[0053] 术语“巯基”指 -SH 基团。

[0054] 术语“氨基”指 -NH₂ 基团。

[0055] 术语“烷基”是指由碳原子和氢原子组成的直链或支链的饱和的脂肪烃基团,其通过单键与分子的其余部分连接。烷基的非限制性实例包括但不限于甲基、乙基、丙基、2-丙基、正丁基、异丁基、叔-丁基、正-戊基、2-甲基丁基、新戊基、正己基、2-甲基己基、-CH₂-环丙基等。

[0056] 术语“亚烷基”是指饱和的直链或支链或环状烃基,其具有 2 个从母体烷的相同碳原子或两个不同的碳原子上除去两个氢原子所衍生出的残基。亚烷基的非限制性实例包括但不限于亚甲基(-CH₂-)、1,1-亚乙基(-CH(CH₃)-)、1,2-亚乙基(-CH₂CH₂-)、1,1-亚丙基(-CH(CH₂CH₃)-)、1,2-亚丙基(-CH₂CH(CH₃)-)、1,3-亚丙基(-CH₂CH₂CH₂-)、1,4-亚丁基(-CH₂CH₂CH₂CH₂-)等。

[0057] 术语“亚氨基”指 -NH-。

[0058] 术语“烯基”是指由碳原子和氢原子组成的直链或支链的具有至少一个双键的不饱和脂肪族烃基。烯基的非限制性实例包括但不限于乙烯基、1-丙烯基、2-丙烯基、1-丁烯基、异丁烯基、1,3-丁二烯基等。

[0059] 术语“炔基”是指由碳原子和氢原子组成的直链或支链的具有至少一个三键的不饱和脂肪族烃基。炔基的非限制性实例包括但不限于乙炔基(-C≡CH)、1-丙炔基(-C≡C-CH₃)、2-丙炔基(-CH₂-C≡CH)、1,3-丁二炔基(-C≡C-C≡CH)等。

[0060] 术语“环烃基”是指由碳原子和氢原子组成的饱和的或不饱和的非芳香性的环状烃基,优选包含 1 或 2 个环。所述环烃基可以是单环、稠合多环、桥环或螺环结构。环烃基的非限制性实例包括但不限于环丙基、环丁基、环戊基、环己基、环庚基、双环 [2.2.1] 庚基和螺 [3.3] 庚基等。

[0061] 术语“杂环烃基”是指无芳香性的单环、稠合多环、桥环或螺环体系基团,其中部分环原子是选自 N、O、S(O)_n(其中 n 为 0、1 或 2) 的杂原子,其余环原子为 C。这样的环可以是饱和的或不饱和的(例如具有一个或多个双键),但是不具有完全共轭的 π-电子体系。3 元杂环烃基的实例包括但不限于环氧乙烷基、环硫乙烷基、环氮乙烷基,4 元杂环烃基的实例包括但不限于吡啶基、噁丁环基、噻丁环基,5 元杂环烃基的实例包括但不限于四氢呋喃基、四氢噻吩基、吡咯烷基、异噁唑烷基、噁唑烷基、异噻唑烷基、1,1-二氧代异噻唑烷基、噻唑烷基、咪唑烷基、四氢吡唑基、吡咯啉基、二氢呋喃基、二氢噻吩基,6 元杂环烃基的实例包括但不限于哌啶基、四氢吡喃基、四氢噻喃基、吗啉基、哌嗪基、1,4-噻噁烷基、1,4-二氧六环基、硫代吗啉基、1,2-、1,4-二噻烷基、二氢吡啶基、四氢吡啶基、二氢吡喃基、四氢吡喃基、二氢噻喃基,7 元杂环烃基的实例包括但不限于氮杂环庚烷基、氧杂环庚烷基、硫杂环庚

烷基、氧杂氮杂双环 [2.2.1] 庚基和氮杂螺 [3.3] 庚基等。

[0062] 术语“芳基”是指具有共轭的 π 电子体系的全碳单环或稠合多环的芳香环基团。例如，芳基可以具有 6-20 个碳原子，6-14 个碳原子或 6-12 个碳原子。芳基的非限制性实例包括但不限于苯基、萘基和蒽基等。

[0063] 术语“杂芳基”是指单环或稠合多环体系，其中含有至少一个选自 N、O、S 的环原子，其余环原子为 C，并且具有至少一个芳香环。杂芳基的非限制性实例包括但不限于吡咯基、呋喃基、噻吩基、咪唑基、噁唑基、吡唑基、吡啶基、嘧啶基、吡嗪基、喹啉基、异喹啉基、四唑基、三唑基、三嗪基、苯并呋喃基、苯并噻吩基、吲哚基、异吲哚基等。

[0064] 术语“药学上可接受的”，是针对那些化合物、材料、组合物和 / 或剂型而言，它们在可靠的医学判断的范围之内，适用于与人类和动物的组织接触使用，而没有过多的毒性、刺激性、过敏性反应或其它问题或并发症，与合理的利益 / 风险比相称。

[0065] 作为药学上可接受的盐，例如，可以提及金属盐、铵盐、与有机碱形成的盐、与无机酸形成的盐、与有机酸形成的盐、与碱性或者酸性氨基酸形成的盐等。金属盐的非限制性实例包括但不限于碱金属的盐，例如钠盐、钾盐等；碱土金属的盐，例如钙盐、镁盐、钡盐等；铝盐等。与有机碱形成的盐的非限制性实例包括但不限于与三甲胺、三乙胺、吡啶、甲基吡啶、2,6-二甲基吡啶、乙醇胺、二乙醇胺、三乙醇胺、环己胺、二环己基胺等形成的盐。与无机酸形成的盐的非限制性实例包括但不限于与盐酸、氢溴酸、硝酸、硫酸、磷酸等形成的盐。与有机酸形成的盐的非限制性实例包括但不限于与甲酸、乙酸、三氟乙酸、富马酸、草酸、苹果酸、马来酸、酒石酸、柠檬酸、琥珀酸、甲磺酸、苯磺酸、对甲基苯磺酸等形成的盐。与碱性氨基酸形成的盐的非限制性实例包括但不限于与精氨酸、赖氨酸、鸟氨酸等形成的盐。与酸性氨基酸形成的盐的非限制性实例包括但不限于与天冬氨酸、谷氨酸等形成的盐。

[0066] 本发明的药学上可接受的盐可由含有酸根或碱基的母体化合物通过常规化学方法合成。一般情况下，这样的盐的制备方法是：在水或有机溶剂或两者的混合物中，经由游离酸或碱形式的这些化合物与化学计量的适当的碱或酸反应来制备。一般地，优选醚、乙酸乙酯、乙醇、异丙醇或乙腈等非水介质。

[0067] 本发明的某些化合物可以以非溶剂化形式或者溶剂化形式存在，包括水合物形式。一般而言，溶剂化形式与非溶剂化的形式相当，都包含在本发明的范围之内。本发明的某些化合物可以以多晶或无定形形式存在。

[0068] 本发明的某些化合物可以具有不对称碳原子（光学中心）或双键。外消旋体、非对映异构体、几何异构体和单个的异构体都包括在本发明的范围之内。

[0069] 本文中消旋体、ambiscalemic and scalemic 或者对映体纯的化合物的图示法来自 Maehr, J. Chem. Ed. 1985, 62:114-120。除非另有说明，用楔形键和虚线键表示一个立体中心的绝对构型。当本文所述化合物含有烯属双键或其它几何不对称中心，除非另有规定，它们包括 E、Z 几何异构体。同样地，所有的互变异构形式均包括在本发明的范围之内。

[0070] 本发明的化合物可以存在特定的几何或立体异构体形式。本发明设想所有的这类化合物，包括顺式和反式异构体、(-)- 和 (+)- 对映体、(R)- 和 (S)- 对映体、非对映异构体、(D)- 异构体、(L)- 异构体，及其外消旋混合物和其他混合物，例如对映异构体或非对映体富集的混合物，所有这些混合物都属于本发明的范围之内。烷基等取代基中可存在另外的不对称碳原子。所有这些异构体以及它们的混合物，均包括在本发明的范围之内。

[0071] 可以通过的手性合成或手性试剂或者其他常规技术制备光学活性的 (R)- 和 (S)- 异构体以及 D 和 L 异构体。如果想得到本发明某化合物的一种对映体, 可以通过不对称合成或者具有手性助剂的衍生作用来制备, 其中将所得非对映体混合物分离, 并且辅助基团裂开以提供纯的所需对映异构体。或者, 当分子中含有碱性官能团 (如氨基) 或酸性官能团 (如羧基) 时, 与适当的光学活性的酸或碱形成非对映异构体的盐, 然后通过本领域所公知的分步结晶法或色谱法进行非对映异构体拆分, 然后回收得到纯的对映体。此外, 对映异构体和非对映异构体的分离通常是通过使用色谱法完成的, 所述色谱法采用手性固定相, 并任选地与化学衍生法相结合 (例如由胺生成氨基甲酸盐)。

[0072] 本发明的化合物可以在一个或多个构成该化合物的原子上包含非天然比例的同位素。例如, 可用放射性同位素标记化合物, 比如氚 (^3H), 碘-125 (^{125}I) 或 C-14 (^{14}C)。本发明的化合物的所有同位素组成的变换, 无论放射性与否, 都包括在本发明的范围之内。

[0073] 术语“药学上可接受的载体”是指对有机体无明显刺激作用, 而且不会损害该活性化合物的生物活性及性能的那些载体。“药学上可接受的载体”是指与活性成份一同给药的、有利于活性成份给药的惰性物质, 包括但不限于国家食品药品监督管理局许可的可接受的用于人或动物 (例如家畜) 的任何助流剂、增甜剂、稀释剂、防腐剂、染料 / 着色剂、矫味增强剂、表面活性剂、润湿剂、分散剂、崩解剂、助悬剂、稳定剂、等渗剂、溶剂或乳化剂。所述载体的非限制性实例包括碳酸钙、磷酸钙、各种糖和各类淀粉、纤维素衍生物、明胶、植物油和聚乙二醇等。关于载体的其他信息, 可以参考 Remington: The Science and Practice of Pharmacy, 21st Ed., Lippincott, Williams & Wilkins (2005), 该文献的内容通过引用的方式并入本文。

[0074] 术语“赋形剂”通常是指配制有效的药物组合物所需要载体、稀释剂和 / 或介质。

[0075] 针对药物或药理学活性剂而言, 术语“有效量”或“治疗有效量”是指无毒的但能达到预期效果的药物或药剂的足够用量。对于本发明中的口服剂型, 组合物中一种活性物质的“有效量”是指与该组合物中另一种活性物质联用时为了达到预期效果所需要的用量。有效量的确定因人而异, 取决于受体的年龄和一般情况, 也取决于具体的活性物质, 个案中合适的有效量可以由本领域技术人员根据常规试验确定。

[0076] 术语“活性成分”、“治疗剂”, “活性物质”或“活性剂”是指一种化学实体, 它可以有效地治疗目标紊乱、疾病或病症。

[0077] 本发明的化合物可以通过本领域技术人员所熟知的多种合成方法来制备, 包括下面列举的具体实施方式、其与其他化学合成方法的结合所形成的实施方式以及本领域技术人员所熟知的等同替换方式, 优选的实施方式包括但不限于本发明的实施例。

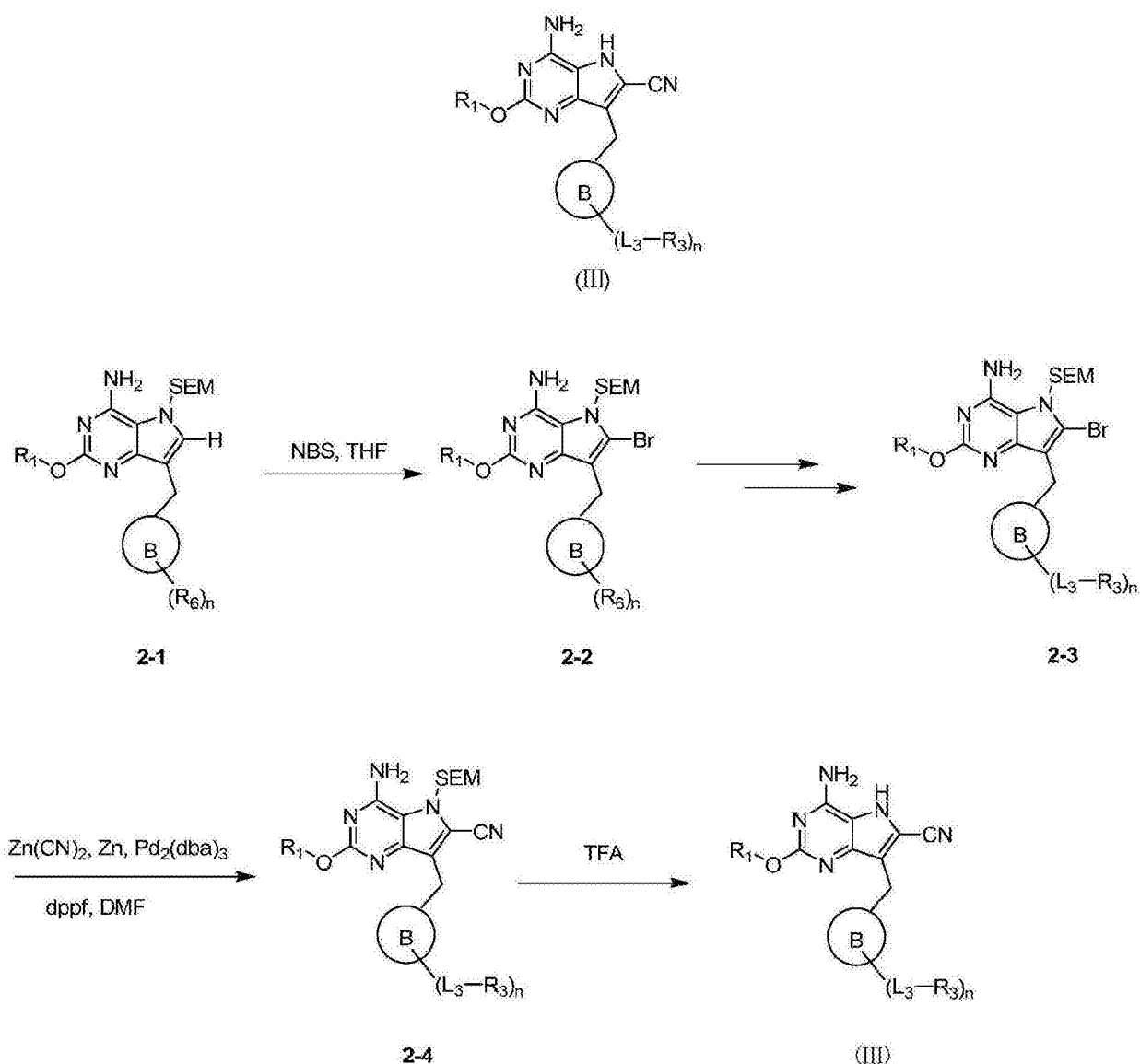
[0078] 本发明具体实施方式的化学反应是在合适的溶剂中完成的, 所述的溶剂须适合于本发明的化学变化及其所需的试剂和物料。为了获得本发明的化合物, 有时需要本领域技术人员在已有实施方式的基础上对合成步骤或者反应流程进行修改或选择。

[0079] 本领域任何合成路线规划中的一个重要考量因素是为反应性官能团 (如本发明中的氨基) 选择合适的保护基。对于经过训练的从业者来说, Greene and Wuts 的 (Protective Groups In Organic Synthesis, Wiley and Sons, 1991) 是这方面的权威。本发明引用的所有参考文献整体上并入本发明。

[0080] 本发明通式 (II) 的化合物可以由有机合成领域技术人员通过路线 1 用本领域的

标准方法来制备：

[0085]



[0086] 通用流程 2

[0087] 从按照路线 1 制备的中间体 (2-1) (R₆ 选自羧酸甲酯) 出发, 用 NBS 反应得到溴化物 (2-2)。溴化物 (2-2) 进一步通过 1 到 3 步反应 (比如用 DIBAL-H 还原成醛, 然后跟吡咯在甲醇溶剂中用 NaBH₃CN 还原胺化) 得到另一种溴化物 (2-3)。溴化物 (2-3) 在 Zn(CN)₂/Zn/Pd₂(dba)₃/dppf/DMF 条件下转化成 2- 氰基化合物 (2-4)。用三氟乙酸脱除 SEM 得到最终产物 (III)。

[0088] 本领域技术人员应该知道, 为了制备本发明化合物, 反应路线 1 和 2 中反应步骤的顺序可以是不同的, 这也属于本发明的范围。

[0089] 为清楚起见, 发明进一步用实施例来阐述。但是实施例不局限于定义或者指定发明范围。

[0090] 本发明所使用的所有溶剂是市售的, 无需进一步纯化即可使用。反应一般是在惰性氮气下、无水溶剂中进行的。质子核磁共振数据记录在 Bruker Avance III400 (400MHz) 分光仪上, 化学位移以四甲基硅烷低场处的 (ppm) 表示。质谱是在安捷伦 1200 系列加

6110(&1956A) 上测定。LC/MS 或 Shimadzu MS 包含一个 DAD:SPD-M20A(LC) 和 Shimadzu Micromass2020 检测器。质谱仪配备有一个正或负模式下操作的电喷雾离子源 (ESI)。

[0091] 本发明采用下述缩略词:aq 代表含水的;SEMCl 代表 (2-(氯甲氧基)乙基)三甲硅烷;eq 代表当量;1,3-DPPP 代表 1,3-双(二苯基膦基)丙烷;DCM 代表二氯甲烷;PE 代表石油醚;DMF 代表 N,N-二甲基甲酰胺;NMP 代表 N-甲基吡咯烷酮;EtOAc 代表乙酸乙酯;i-PrOH 代表异丙醇;EtOH 代表乙醇;MeOH 是甲醇;THF 代表四氢呋喃;BPO 代表过氧苯甲酰;BOC 代表叔丁氧羰基;HOAc 为乙酸;NaCNBH₃ 是氰基硼氢化钠;LAH 为氢化铝锂;9-BBN 是 9-硼二环壬烷;MsCl 是甲磺酰氯;RT 为室温;O/N 为过夜;Boc₂O 是二叔丁基二碳酸酯;TFA 为三氟乙酸;TFAA 为三氟乙酸酐;TEA 是三乙胺;DIBAL-H 为二异丁基氢化铝;NBS 为溴代丁二酰胺;DPPF 是 1,1'-双(二苯基膦基)二茂铁;Ph₃P 是三苯基膦;Pd(OAc)₂ 是乙酸钯;Pd(PPh₃)₂Cl₂ 是双(三苯基膦)氯化钯;Pd₂(dba)₃ 是三(亚苄基丙酮)二钯;XANTPHOS 是 4,5-双(二苯基膦基)-9,9-二甲基氧杂蒽;n-BuLi 是正丁基锂。

[0092] 化合物经手工或者 ChemDraw® 软件命名,市售化合物采用供应商目录名称。

[0093] 用配有 ShimadzuSIL-20A 自动进样器和日本岛津 DAD:SPD-M20A 探测器的岛津 LC20AB 系统进行高效液相色谱分析,采用 XtimateC18(3m 填料,规格为 2.1x300mm) 色谱柱。0-60AB_6 分钟的方法:应用线性梯度,以 100% A(A 为 0.0675% TFA 的水溶液) 开始洗脱,并以 60% B(B 为 0.0625% TFA 的 MeCN 溶液) 结束洗脱,整个过程为 4.2 分钟,然后以 60% B 洗脱 1 分钟。将色谱柱再平衡 0.8 分钟达到 100:0,总运行时间为 6 分钟。10-80AB_6 分钟的方法:应用线性梯度,以 90% A(A 为 0.0675% TFA 的水溶液) 开始洗脱,并以 80% B(B 为 0.0625% TFA 的乙腈溶液) 结束洗脱,整个过程为 4.2 分钟,然后以 80% B 洗脱 1 分钟。将色谱柱再平衡 0.8 分钟达到 90:10,总运行时间为 6 分钟。柱温为 50℃,流速为 0.8mL/min。二极管阵列检测器扫描波长为 200-400nm。

[0094] 在 Sanpont-group 的硅胶 GF254 上进行薄层色谱分析 (TLC),常用紫外光灯照射检出斑点,在某些情况下也采用其他方法检视斑点,在这些情况下,用碘 (10g 硅胶中加入约 1g 碘并彻底混合而成)、香草醛 (溶解大约 1g 香草醛于 100mL10% H₂SO₄ 中制得)、茚三酮 (从 Aldrich 购得) 或特殊显色剂 (彻底混合 (NH₄)₆Mo₇O₂₄·4H₂O、5g(NH₄)₂Ce(IV)(NO₃)₆、450mL H₂O 和 50mL 浓 H₂SO₄ 而制得) 展开薄层板,检视化合物。采用 Still, W. C.; Kahn, M.; and Mitra, M. Journal of Organic Chemistry, 1978, 43, 2923-2925. 中所公开技术的类似方法,在 Silicycle 的 40-63 μm (230-400 目) 硅胶上进行快速柱色谱。快速柱色谱或薄层色谱的常用溶剂是二氯甲烷 / 甲醇、乙酸乙酯 / 甲醇和己烷 / 乙酸乙酯的混合物。

[0095] 在 Gilson-281Prep LC322 系统上采用吉尔森 UV/VIS-156 探测器进行制备色谱分析,所采用的色谱柱是 Agella Venusil ASB Prep C18, 5m, 150x21.2mm; Phenomenex Gemini C18, 5 m, 150x30mm; Boston Symmetrix C18, 5m, 150x30mm; 或者 Phenomenex Synergi C18, 4 m, 150x30mm。在流速约为 25mL/min 时,用低梯度的乙腈 / 水洗脱化合物,其中水中含有 0.05% HCl、0.25% HCOOH 或 0.5% NH₃·H₂O,总运行时间为 8-15 分钟。

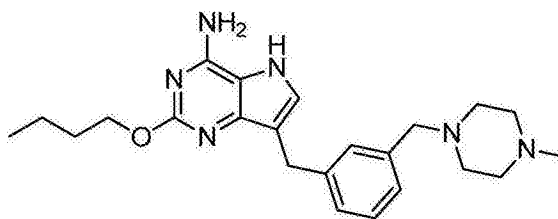
具体实施方式

[0096] 下面的具体实施例,其目的是使本领域的技术人员能更清楚地理解和实施本发明。它们不应该被认为是对本发明范围的限制,而只是本发明的示例性说明和典型代表。

[0097] 实施例 1

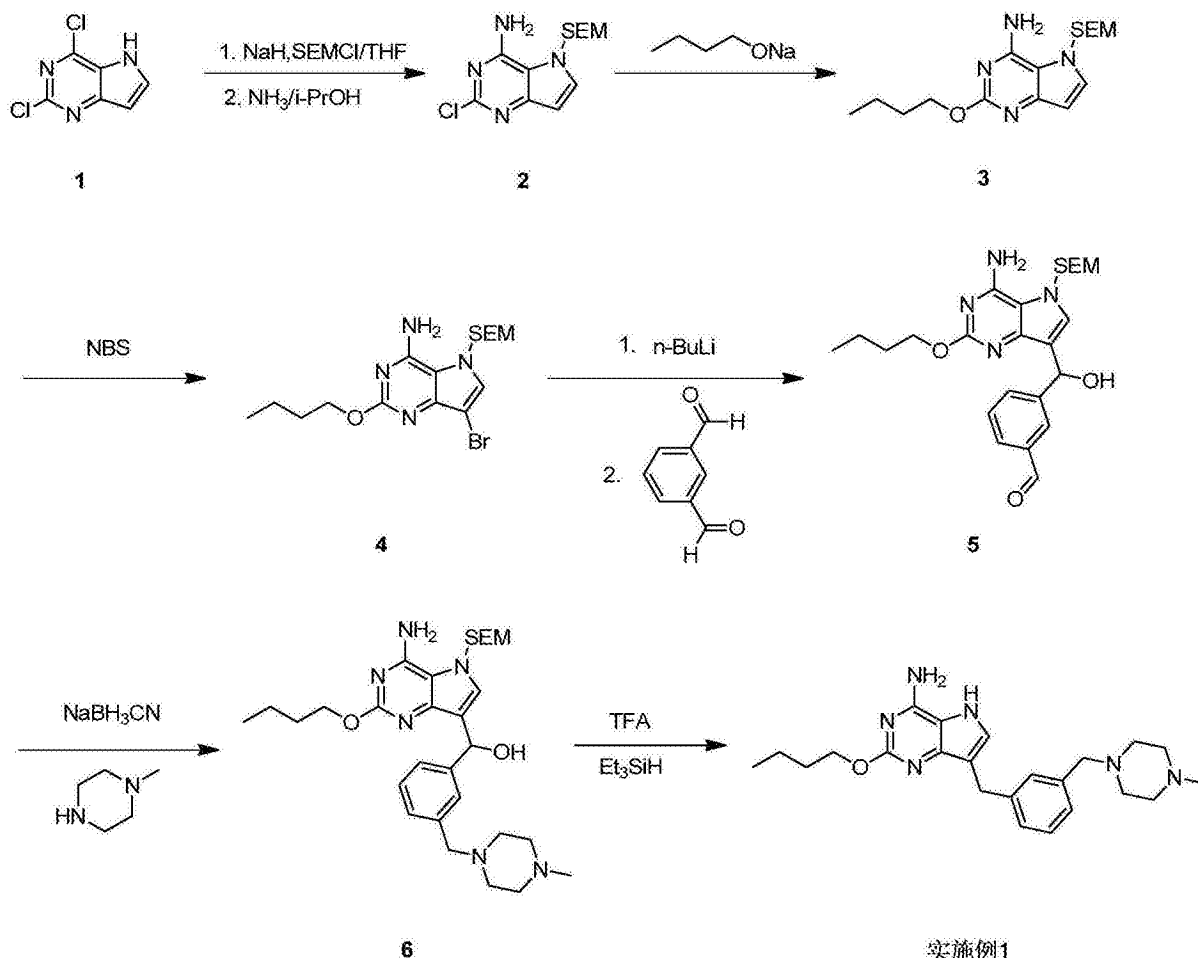
[0098] 2-丁氧基-7-(3-((4-甲基哌嗪-1-基)甲基)苄基)-5H-吡咯并[3,2-d]嘧啶-4-胺

[0099]



[0100] 反应流程：

[0101]



[0102] 实施例 1 流程

[0103] 步骤 A : 2, 4-二氯-5H-吡咯并[3, 2-d]嘧啶 (4 克, 21.4 毫摩尔) 溶解在无水四氢呋喃 (30mL) 然后在 0 摄氏度往里面分批加入氢化钠 (1.03 克, 60% 的矿物油混合物, 25.6 毫摩尔)。反应液室温下搅拌 30 分钟, (2-(氯甲氧基)乙基)三甲基硅烷 (3.9 克, 23.5 毫摩尔) 逐滴加入。室温下再搅拌 2 小时, 然后, 用水 (120 毫升) 稀释, 并用乙酸乙酯 (100 毫升 × 2) 萃取。将合并的有机层用饱和碳酸钠水溶液和盐水洗涤, 用无水硫酸钠干燥, 并减压浓缩。残余物用硅胶柱纯化 (洗脱剂: 乙酸乙酯 / 石油醚 5% 至 10%), 得到 2, 4-二氯-5-((2-(三甲基甲硅烷基)乙氧基)甲基)-5H-吡咯并[3, 2-d]嘧啶 (5.8 克, 85%),

为黄色固体。

[0104] MS(ESI)M/Z :318[M+H⁺]

[0105] 步骤 B :在 1000 毫升高压反应器中,将 2,4-二氯-5-((2-(三甲基甲硅烷基)乙氧基)甲基)-5 氢-吡咯并 [3,2-d] 嘧啶 (5 克,15.8 毫摩尔),异丙醇 (15 毫升)和氨水 (250 毫升)混合,在 100-110 摄氏度下搅拌 3 小时。在冷却到室温后,将该混合物用水稀释 (250 毫升)并过滤,得到 2-氯-5-((2-(三甲基甲硅烷基)乙氧基)甲基)-5 氢-吡咯并 [3,2-d] 嘧啶-4-胺 (4 克,85%),无需进一步纯化。

[0106] MS(ESI)M/Z :299[M+H⁺]

[0107] 步骤 C :2-氯-5-((2-(三甲基甲硅烷基)乙氧基)甲基)-5 氢-吡咯并 [3,2-d] 嘧啶-4-胺 (4 克,13.4 毫摩尔)和丁醇钠 (5.15 克,53.6 毫摩尔)溶于正丁醇 (55 毫升)。混合物在氮气保护下加热到 100 摄氏度下搅拌 8 小时。在冷却到室温后,将该混合物用水稀释 (200 毫升),用乙酸乙酯 (100 毫升 ×3) 萃取。将合并的有机层用盐水洗涤,用无水硫酸钠干燥,并减压浓缩。将残余物用硅胶柱层析纯化 (洗脱剂:乙酸乙酯 / 石油醚 15% 至 25%),得到 2-丁氧基-5-((2-(三甲基甲硅烷基)乙氧基)甲基)-5 氢-吡咯并 [3,2-d] 嘧啶-4-胺 (4.1 克,91%),为黄色固体。

[0108] MS(ESI)M/Z :337[M+H⁺]

[0109] 步骤 D :2-丁氧基-5-((2-(三甲基甲硅烷基)乙氧基)甲基)-5 氢-吡咯并 [3,2-d] 嘧啶-4-胺 (4 克,12 毫摩尔)溶解在无水四氢呋喃 (40mL) 中。把 NBS (2.2 克,12.5 毫摩尔)配成无水四氢呋喃的饱和溶液,在 20 分钟内低于 0 摄氏度下加入上述溶液。加完后,该反应混合物在 0 摄氏度下搅拌 30 分钟,然后用盐水 (150 毫升)稀释,并用乙酸乙酯 (100 毫升 ×3) 萃取。将合并的有机层经无水硫酸钠干燥并减压浓缩。将残余物用硅胶柱层析纯化 (洗脱剂:乙酸乙酯 / 石油醚 5% 至 15%) 得到 7-溴-2-丁氧基-5-((2-(三甲基甲硅烷基)乙氧基)甲基)-5 氢-吡咯并 [3,2-d] 嘧啶-4-胺 (3.85 克,78%),为白色固体。

[0110] MS(ESI)M/Z :415,417[M+H⁺]

[0111] 步骤 E :在 -78 摄氏度,向搅拌的 7-溴-2-丁氧基-5-((2-(三甲基甲硅烷基)乙氧基)甲基)-5 氢-吡咯并 [3,2-d] 嘧啶-4-胺 (3 克,7.25 毫摩尔)无水四氢呋喃 (40 毫升)溶液中在氮气保护下加入正丁基锂 (2.5M,12 毫升,30 毫摩尔)。将反应混合物在 -78 摄氏度下搅拌 1 小时。然后,间苯二甲醛 (1.26 克,9 毫摩尔)无水四氢呋喃 (5 毫升)溶液缓慢加入。此混合物在 -78 摄氏度下再搅拌 30 分钟后,倒入饱和氯化铵水溶液 (15 毫升)中,并用乙酸乙酯 (60 毫升 ×2) 萃取。将合并的有机层减压浓缩,残余物经制备型 HPLC 纯化,得到 3-((4-氨基-2-丁氧基-5-((2-(三甲基甲硅烷基)乙氧基)甲基)-5 氢-吡咯并 [3,2-d] 嘧啶-7-基)(羟基)甲基)苯甲醛盐共 1.1 克。

[0112] MS(ESI)M/Z :471[M+H⁺]

[0113] 步骤 F :在 0 摄氏度向搅拌的 3-((4-氨基-2-丁氧基-5-((2-(三甲基甲硅烷基)乙氧基)甲基)-5 氢-吡咯并 [3,2-d] 嘧啶-7-基)(羟基)甲基)苯甲醛 (200 毫克,0.43 毫摩尔)和 1-甲基哌嗪 (87 毫克,0.87 毫摩尔)的乙醇 (2.5 毫升)溶液分批加入氰基硼氢化钠 (40 毫克,0.64 毫摩尔)。该反应混合物在室温下搅拌 2 小时,然后用水 (10ml) 稀释,并用乙酸乙酯 (15 毫升 ×2) 萃取。将合并的有机层经无水硫酸钠干燥并在减压浓缩,

得到粗品 (4-氨基-2-丁氧基-5-((2-(三甲基甲硅烷基)乙氧基)甲基)-5H-吡咯并[3,2-d]嘧啶-7-基)(3-((4-甲基哌嗪-1-基)甲基)苄基)甲醇,直接用于下一步。

[0114] MS(ESI) M/Z :555 $[M+H^+]$ 。

[0115] 步骤G:向搅拌的(4-氨基-2-丁氧基-5-((2-(三甲基甲硅烷基)乙氧基)甲基)-5H-吡咯并[3,2-d]嘧啶-7-基)(3-((4-甲基哌嗪-1-基)甲基)苄基)甲醇(100毫克)的三氟乙酸(2毫升)溶液中分批加入三乙基硅烷(0.4毫升)。此反应混合物在55摄氏度在氮气保护下搅拌1小时,并减压浓缩。将残余物溶解在无水碳酸钾(100毫克)的甲醇(5毫升)溶液中。此混合物于50℃再搅拌30分钟并过滤。将滤液在减压下浓缩,残余物经制备HPLC纯化,得到36毫克2-丁氧基-7-(3-((4-甲基哌嗪-1-基)甲基)苄基)-5H-吡咯并[3,2-d]嘧啶-4-胺三氟乙酸盐。

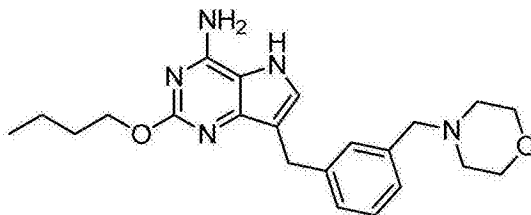
[0116] ^1H NMR(Methanol-d₄,400MHz): δ 7.33-7.21(m,4H),4.55(t, J =6.8Hz,2H),4.01(s,2H),3.67(s,2H),3.29-3.24(m,4H),2.87-2.80(m,7H),1.87-1.80(m,2H),1.56-1.49(m,2H),1.02(t, J =6.8Hz,3H)。

[0117] MS(ESI) m/z :409 $[M+H^+]$ 。

[0118] 实施例2

[0119] 2-丁氧基-7-(3-(吗啉代甲基)苄基)-5H-吡咯并[3,2-d]嘧啶-4-胺

[0120]



[0121] 步骤A:(4-氨基-2-丁氧基-5-((2-(三甲基甲硅烷基)乙氧基)甲基)-5H-吡咯并[3,2-d]嘧啶-7-基)(3-(吗啉代甲基)苄基)甲醇是根据实施例1,步骤F中吗啉替代1-甲基哌嗪制备。

[0122] LCMS(ESI) m/z :542 $[M+H^+]$ 。

[0123] 步骤B:根据实施例1,步骤G中所用的方法制得2-丁氧基-7-(3-(吗啉代甲基)苄基)-5H-吡咯并[3,2-d]嘧啶-4-胺甲酸盐。

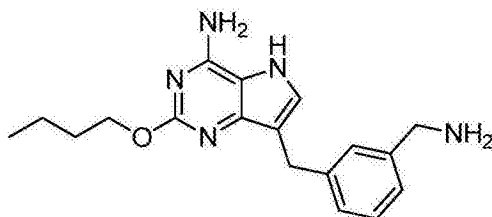
[0124] ^1H NMR(Methanol-d₄,400MHz): δ 8.41(s,2H),7.35-7.24(m,5H),4.49(t, J =6.8Hz,2H),4.03(s,2H),3.82(s,2H),3.77-3.75(m,4H),2.77-2.73(m,4H),1.83-1.79(m,2H),1.55-1.49(m,2H),1.01(t, J =6.8Hz,3H)。

[0125] MS(ESI) m/z :396 $[M+H^+]$ 。

[0126] 实施例3

[0127] 7-(3-(氨基甲基)苄基)-2-丁氧基-5H-吡咯并[3,2-d]嘧啶-4-胺

[0128]



[0129] 步骤A:(4-氨基-2-丁氧基-5-((2-(三甲基甲硅烷基)乙氧基)甲基)-5氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-7-基)(3-(氨基甲基)苄基)甲醇是根据实施例1,步骤F中乙酸铵替代1-甲基哌嗪制备。

[0130] LCMS(ESI) m/z :472[M+H⁺].

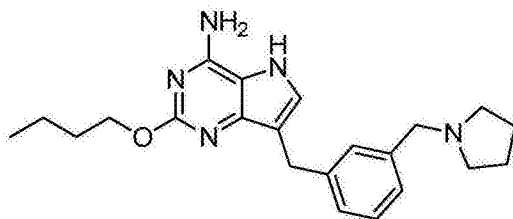
[0131] 步骤B:7-(3-(氨基甲基)苄基)-2-丁氧基-5氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-4-胺是根据实施例1,步骤G中所用的方法制备。

[0132] ¹HNMR(Methanol-d₄,400MHz): δ 7.31-7.15(m,4H),7.06(s,1H),4.32(t,J=6.6Hz,2H),4.00(s,2H),3.80(s,2H),1.79-1.73(m,2H),1.56-1.50(m,2H),1.01(t,J=7.4Hz,3H)。

[0133] MS(ESI) m/z :326[M+H⁺].

[0134] 实施例4

[0135] 2-丁氧基-7-(3-(吡咯烷-1-基甲基)苄基)-5氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-4-胺
[0136]



[0137] 步骤A:(4-氨基-2-丁氧基-5-((2-(三甲基甲硅烷基)乙氧基)甲基)-5氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-7-基)(3-(吡咯烷-1-基甲基)苄基)甲醇按照实施例1,步骤F中吡咯烷替代1-甲基哌嗪制备。

[0138] 步骤B:根据在实施例1,步骤G中所用的方法制得2-丁氧基-7-(3-(吡咯烷-1-基甲基)苄基)-5氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-4-胺甲酸盐。

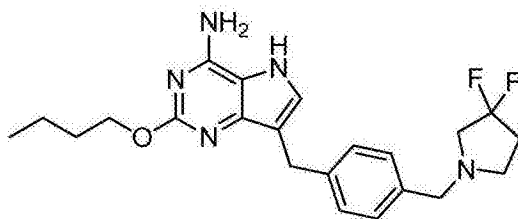
[0139] ¹HNMR(Methanol-d₄,400MHz): δ 8.50(s,2H),7.41-7.28(m,5H),4.45(t,J=6.8Hz,2H),4.31(s,2H),4.06(s,2H),3.31-3.29(m,4H),2.10-2.07(m,4H),1.81-1.76(m,2H),1.54-1.49(m,2H),1.01(t,J=6.8Hz,3H)。

[0140] MS(ESI) m/z :380[M+H⁺].

[0141] 实施例5

[0142] 2-丁氧基-7-(4-((3,3-二氟吡咯烷-1-基)甲基)苄基)-5氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-4-胺

[0143]



[0144] 步骤A:4-((4-氨基-2-丁氧基-5-((2-(三甲基甲硅烷基)乙氧基)甲基)-5氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-7-基)(羟基)甲基)苯甲醛,根据实施例1步骤E制备,其中用对苯二甲醛替代间苯二甲醛。

[0145] LCMS(ESI) m/z :471[M+H⁺].

[0146] 步骤B:(4-氨基-2-丁氧基-5-((2-(三甲基甲硅烷基)乙氧基)甲基)-5氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-7-基)(4-((3,3-二氟吡咯烷-1-基)甲基)苄基)甲醇按照实施例1步骤F制备,其中用3,3-二氟吡咯烷替代1-甲基哌嗪。

[0147] LCMS(ESI) m/z :562[M+H⁺].

[0148] 步骤C:2-丁氧基-7-(4-((3,3-二氟吡咯烷-1-基)甲基)苄基)-5氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-4-胺按照在实施例1的,步骤G方法制备。

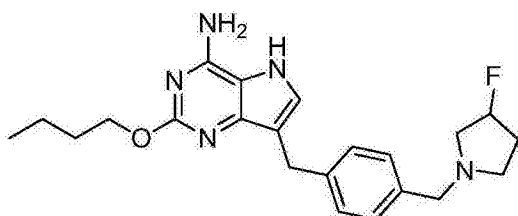
[0149] ¹HNMR(Methanol-d₄,400MHz): δ 7.28-7.15(m,4H),7.04(s,1H),4.30(t,J=6.4Hz,2H),3.97(s,2H),3.59(s,2H),2.88-2.71(m,4H),2.30-2.19(m,2H),1.78-1.71(m,2H),1.55-1.46(m,2H),0.98(t,J=7.2Hz,3H)。

[0150] MS(ESI) m/z :416[M+H⁺].

[0151] 实施例6

[0152] 2-丁氧基-7-(4-((3-氟吡咯烷-1-基)甲基)苄基)-5氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-4-胺

[0153]



[0154] 步骤A:(4-氨基-2-丁氧基-5-((2-(三甲基甲硅烷基)乙氧基)甲基)-5氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-7-基)(4-((3-氟吡咯烷-1-基)甲基)苄基)甲醇按照实施例5,步骤B,3-氟吡咯烷替代3,3-二氟吡咯烷制备。

[0155] LCMS(ESI) m/z :544[M+H⁺].

[0156] 步骤B:2-丁氧基-7-(4-((3-氟吡咯烷-1-基)甲基)苄基)-5氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-4-胺是根据实施例5,步骤C的方法制备。

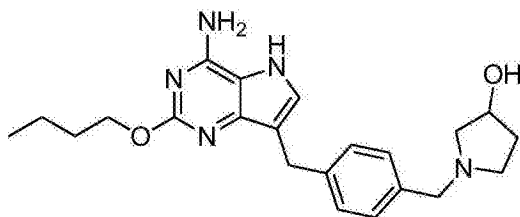
[0157] ¹HNMR(Methanol-d₄,400MHz): δ 7.30-7.24(m,4H),7.06(s,1H),5.24-5.08(m,1H),4.32(t,J=6.4Hz,2H),3.99(s,2H),3.69-3.57(m,2H),2.88-2.65(m,4H),2.45-2.43(m,1H),2.25-2.11(m,1H),2.02-1.91(m,1H),1.78-1.73(m,2H),1.57-1.50(m,2H),1.01(t,J=7.2Hz,3H)。

[0158] MS(ESI) m/z :398[M+H⁺].

[0159] 实施例 7

[0160] 1-(4-((4-氨基-2-丁氧基-5H-吡咯并[3,2-d]嘧啶-7-基)甲基)苄基)吡咯烷-3-醇

[0161]



[0162] 步骤 A: 1-(4-((4-氨基-2-丁氧基-5-((2-(三甲基甲硅烷基)乙氧基)甲基)-5-氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-7-基)(羟基)甲基)苄基)吡咯烷-3-醇根据实施例 5 步骤 B 制备, 吡咯烷-3-醇替代 3,3-二氟吡咯烷。

[0163] LCMS(ESI)m/z: 542 [M+H⁺].

[0164] 步骤 B: 根据实施例 5, 步骤 C 的方法制得 1-(4-((4-氨基-2-丁氧基-5-氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-7-基)甲基)苄基)吡咯烷-3-醇甲酸盐。

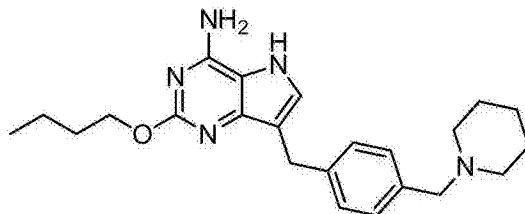
[0165] ¹HNMR (Methanol-d₄, 400MHz): δ 8.43 (s, 2H), 7.45-7.39 (m, 4H), 7.25 (s, 1H), 4.53 (m, 1H), 4.44-4.27 (m, 2H), 4.04 (s, 2H), 3.54-3.47 (m, 1H), 3.38-3.36 (m, 4H), 3.22-3.19 (m, 1H), 2.28-2.24 (m, 1H), 2.05-2.01 (m, 1H), 1.82-1.76 (m, 2H), 1.56-1.50 (m, 2H), 1.01 (t, J = 7.2Hz, 3H)。

[0166] MS(ESI)m/z: 396 [M+H⁺].

[0167] 实施例 8

[0168] 2-丁氧基-7-(4-(哌啶-1-基甲基)苄基)-5-氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-4-胺

[0169]



[0170] 步骤 A: (4-氨基-2-丁氧基-5-((2-(三甲基甲硅烷基)乙氧基)甲基)-5-氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-7-基)(4-(哌啶-1-基甲基)苄基)甲醇按照实施例 5, 步骤 B, 哌啶替代 3,3-二氟吡咯烷方法制备。

[0171] LCMS(ESI)m/z: 540 [M+H⁺].

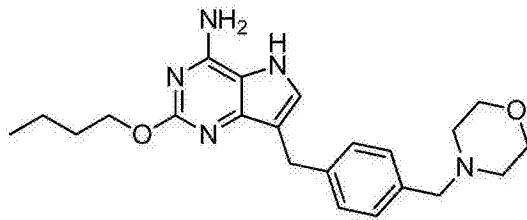
[0172] 步骤 B: 2-丁氧基-7-(4-(哌啶-1-基甲基)苄基)-5-氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-4-胺是根据实施例 5, 步骤 C 的方法制备。

[0173] ¹HNMR (Methanol-d₄, 400MHz): δ 7.28 (d, J = 8.0Hz, 2H), 7.22 (d, J = 8.0Hz, 2H), 7.04 (s, 1H), 4.30 (t, J = 6.6Hz, 2H), 3.98 (s, 2H), 3.47 (s, 2H), 2.42 (s, 4H), 1.77-1.73 (m, 2H), 1.60-1.57 (m, 4H), 1.52-1.46 (m, 4H), 0.99 (t, J = 7.4Hz, 3H)。

[0174] MS(ESI)m/z: 394 [M+H⁺].

[0175] 实施例 9

[0176] 2-丁氧基-7-(4-(吗啉代甲基)苄基)-5-氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-4-胺
[0177]



[0178] 步骤A:(4-氨基-2-丁氧基-5-((2-(三甲基甲硅烷基)乙氧基)甲基)-5-氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-7-基)(4-(吗啉代甲基)苄基)甲醇是根据实施例5,步骤B,吗啉替代3,3-二氟吡咯烷制备。

[0179] LCMS(ESI)m/z:542[M+H⁺].

[0180] 步骤B:2-丁氧基-7-(4-(吗啉代甲基)苄基)-5-氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-4-胺是根据实施例5,步骤C方法制备

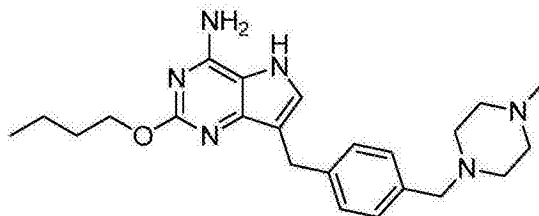
[0181] ¹HNMR(Methanol-d₄,400MHz):δ7.28(d,J=8.0Hz,2H),7.22(d,J=8.0Hz,2H),7.03(s,1H),4.29(t,J=6.6Hz,2H),3.96(s,2H),3.67-3.64(m,4H),3.46(s,2H),2.43(s,4H),1.77-1.72(m,2H),1.55-1.45(m,2H),0.98(t,J=7.4Hz,3H)。

[0182] MS(ESI)m/z:396[M+H⁺].

[0183] 实施例10

[0184] 2-丁氧基-7-(4-((4-甲基哌嗪-1-基)甲基)苄基)-5-氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-4-胺

[0185]



[0186] 步骤A:(4-氨基-2-丁氧基-5-((2-(三甲基甲硅烷基)乙氧基)甲基)-5-氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-7-基)(4-((4-甲基哌嗪-1-基)甲基)苄基)甲醇按照实施例5,步骤B用1-甲基哌嗪替代3,3-二氟吡咯烷制备。

[0187] LCMS(ESI)m/z:555[M+H⁺].

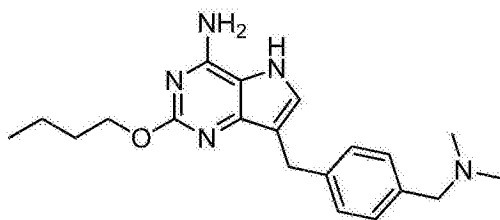
[0188] 步骤B:2-丁氧基-7-(4-((4-甲基哌嗪-1-基)甲基)苄基)-5-氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-4-胺是根据在例5,步骤C方法制备。

[0189] ¹HNMR(Methanol-d₄,400MHz):δ7.29(d,J=8.0Hz,2H),7.22(d,J=8.0Hz,2H),7.04(s,1H),4.31(t,J=6.6Hz,2H),3.97(s,2H),3.50(s,2H),2.49-2.26(m,1H),1.79-1.72(m,2H),1.56-1.47(m,2H),0.99(t,J=7.4Hz,3H)。

[0190] MS(ESI)m/z:409[M+H⁺].

[0191] 实施例11

[0192] 2-丁氧基-7-(4-((二甲基氨基)甲基)苄基)-5-氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-4-胺
[0193]



[0194] 步骤A:(4-氨基-2-丁氧基-5-((2-(三甲基甲硅烷基)乙氧基)甲基)-5氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-7-基)(4-((二甲基氨基)甲基)苄基)甲醇按照实施例5,步骤B,二甲基胺替代3,3-二氟代吡咯烷制得。

[0195] LCMS(ESI)m/z:500[M+H⁺]

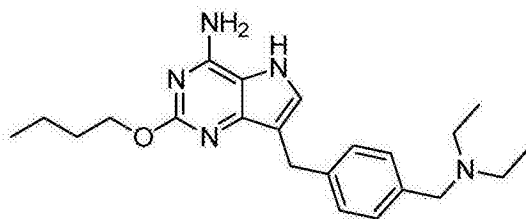
[0196] 步骤B:根据实施例5,步骤C方法制2-丁氧基-7-(4-((二甲基氨基)甲基)苄基)-5氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-4-胺甲酸盐。

[0197] ¹HNMR(Methanol-d₄,400MHz):δ 8.48(s,2H),7.41(s,4H),7.26(s,1H),4.43(t,J=6.8Hz,2H),4.22(s,2H),4.06(s,2H),2.79(s,6H),1.79(m,J=6.8Hz,2H),1.55-1.49(m,2H),1.01(t,J=6.8Hz,3H)。

[0198] MS(ESI)m/z:354[M+H⁺]

[0199] 实施例12

[0200] 2-丁氧基-7-(4-((二乙基氨基)甲基)苄基)-5氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-4-胺
[0201]



[0202] 步骤A:(4-氨基-2-丁氧基-5-((2-(三甲基甲硅烷基)乙氧基)甲基)-5氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-7-基)(4-((二乙基氨基)甲基)苄基)甲醇按照实施例5制备,步骤B,二乙胺代3,3-二氟代吡咯烷制备。

[0203] LCMS(ESI)m/z:528[M+H⁺]

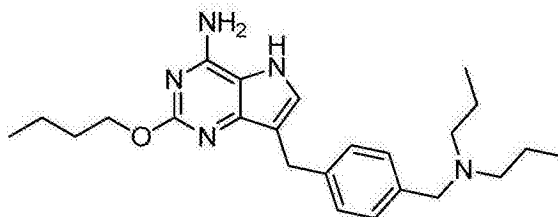
[0204] 步骤B:根据在实施例5,步骤C的方法制得2-丁氧基-7-(4-((二乙基氨基)甲基)苄基)-5氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-4-胺甲酸盐。

[0205] ¹HNMR(Methanol-d₄,400MHz):δ 8.48(s,2H),7.42(s,4H),7.25(s,1H),4.41(t,J=6.8Hz,2H),4.28(s,2H),4.06(s,2H),3.20-3.15(m,4H),1.82-1.77(m,2H),1.55-1.49(m,2H),1.34(t,J=6.8Hz,6H),1.01(t,J=6.8Hz,3H)。

[0206] MS(ESI)m/z:382[M+H⁺]

[0207] 实施例13

[0208] 2-丁氧基-7-(4-((二丙基氨基)甲基)苄基)-5氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-4-胺
[0209]



[0210] 步骤A:(4-氨基-2-丁氧基-5-((2-(三甲基甲硅烷基)乙氧基)甲基)-5氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-7-基)(4-((二丙基氨基)甲基)苄基)甲醇按照实施例5制备,步骤B,二丙胺替代3,3-二氟代吡咯烷制备。

[0211] LCMS(ESI) m/z :556[M+H⁺].

[0212] 步骤B:2-丁氧基-7-(4-((二丙基氨基)甲基)苄基)-5氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-4-胺是根据在实施例5,步骤C的方法制备。

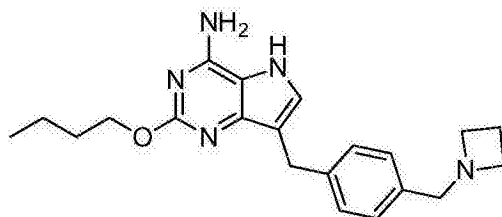
[0213] ¹HNMR(Methanol-d₄,400MHz): δ 7.29-7.19(m,4H),7.04(s,1H),4.32(t,J=6.5Hz,1H),3.99(s,2H),3.55(s,2H),2.41-2.37(m,4H),1.78-1.74(m,2H),1.57-1.47(m,6H),1.00(t,J=7.4Hz,3H),0.87(t,J=7.4Hz,6H)。

[0214] MS(ESI) m/z :410[M+H⁺].

[0215] 实施例14

[0216] 7-(4-(氮杂环丁烷-1-基甲基)苄基)-2-丁氧基-5氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-4-胺

[0217]



[0218] 步骤A:(4-氨基-2-丁氧基-5-((2-(三甲基甲硅烷基)乙氧基)甲基)-5氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-7-基)(4-(氮杂环丁烷-1-基甲基)苄基)甲醇按照实施例5,步骤B,氮杂环丁烷替代3,3-二氟代吡咯烷制得。

[0219] LCMS(ESI) m/z :512[M+H⁺].

[0220] 步骤B:7-(4-(氮杂环丁烷-1-基甲基)苄基)-2-丁氧基-5氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-4-胺是根据在实施例5,步骤C的方法制备。

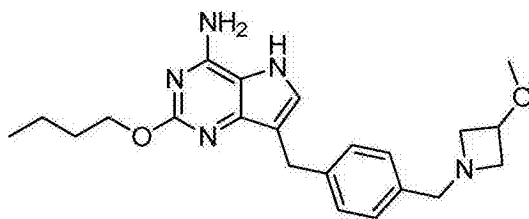
[0221] ¹HNMR(Methanol-d₄,400MHz): δ 7.28(d,J=8.0Hz,2H),7.18(d,J=8.0Hz,2H),7.04(s,1H),4.31(t,J=6.8Hz,2H),3.98(s,2H),3.59(s,2H),3.30-3.27(m,4H),2.15-2.10(m,2H),1.78-1.73(m,2H),1.56-1.52(m,2H),1.01(t,J=6.8Hz,3H)。

[0222] MS(ESI) m/z :366[M+H⁺].

[0223] 实施例15

[0224] 2-丁氧基-7-(4-((3-甲氧基氮杂环丁烷-1-基)甲基)苄基)-5氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-4-胺

[0225]



[0226] 步骤A:(4-氨基-2-丁氧基-5-((2-(三甲基甲硅烷基)乙氧基)甲基)-5氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-7-基)(4-((3-甲氧基氮杂环丁烷-1-基)甲基)苄基)甲醇按照实施例5,步骤B,用3-甲氧基氮杂环丁烷替代3,3-二氟吡咯烷制备。

[0227] LCMS(ESI) m/z :542[M+H⁺].

[0228] 步骤B:2-丁氧基-7-(4-((3-甲氧基氮杂环丁烷-1-基)甲基)苄基)-5氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-4-胺是根据在所用的方法制备例5,步骤C的方法制备。

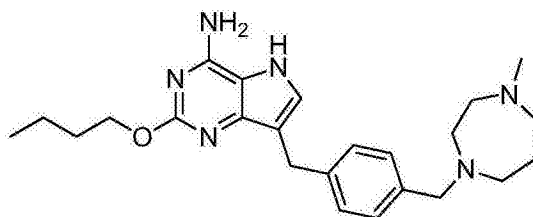
[0229] ¹HNMR(Methanol-d₄,400MHz): δ 7.28(d,J=8.0Hz,2H),7.18(d,J=8.0Hz,2H),7.04(s,1H),4.31(t,J=6.8Hz,2H),4.06-4.04(m,1H),3.98(s,2H),3.60(s,2H),3.54-3.52(m,2H),3.24(s,3H),3.04-3.02(m,2H),1.78-1.73(m,2H),1.56-1.52(m,2H),1.01(t,J=6.8Hz,3H)。

[0230] MS(ESI) m/z :396[M+H⁺].

[0231] 实施例16

[0232] 2-丁氧基-7-(4-((4-甲基-1,4-二氮杂环庚烷-1-基)甲基)苄基)-5氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-4-胺

[0233]



[0234] 步骤A:((4-氨基-2-丁氧基-5-((2-(三甲基甲硅烷基)乙氧基)甲基)-5氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-7-基)(4-((4-甲基-1,4-二氮杂环庚烷-1-基)甲基)苄基)甲醇按照实施例5,步骤B,用1-甲基-1,4-二氮杂环庚烷替代3,3-二氟吡咯烷制备。

[0235] LCMS(ESI) m/z :569[M+H⁺].

[0236] 步骤B:按照实施例5,步骤C的方法制得2-丁氧基-7-(4-((4-甲基-1,4-二氮杂环庚烷-1-基)甲基)苄基)-5氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-4-胺甲酸盐。

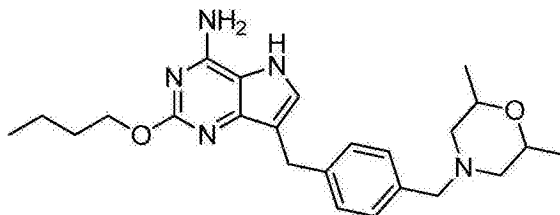
[0237] ¹HNMR(Methanol-d₄,400MHz): δ 8.41(s,3H),7.34-7.24(m,5H),4.52(t,J=6.8Hz,2H),3.99(s,2H),3.76(s,2H),3.38-3.36(m,2H),3.29-3.27(m,2H),2.95(s,2H),2.87-2.84(m,5H),2.07-2.05(m,2H),1.84-1.80(m,2H),1.55-1.49(m,2H),1.03-0.99(t,J=8.0Hz,3H)。

[0238] MS(ESI) m/z :423[M+H⁺].

[0239] 实施例17

[0240] 2-丁氧基-7-(4-((2,6-二甲基吗啉基)甲基)苄基)-5氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-4-胺

[0241]



[0242] 步骤A:(4-氨基-2-丁氧基-5-((2-(三甲基甲硅烷基)乙氧基)甲基)-5氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-7-基)(4-((2,6-二甲基吗啉基)甲基)苄基)甲醇按照实施例5,步骤B,2,6-二甲基吗啉替代3,3-二氟吡咯烷制备。

[0243] LCMS(ESI) m/z :570[M+H⁺].

[0244] 步骤B:2-丁氧基-7-(4-((2,6-二甲基吗啉基)甲基)苄基)-5氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-4-胺是根据制备例5,步骤C的方法制备。

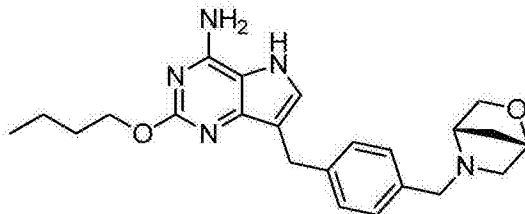
[0245] ¹HNMR(Methanol-d₄,400MHz): δ 7.30-7.28(d,J=8.0Hz,2H),7.23-7.21(d,J=8.0Hz,2H),7.06(s,1H),4.34-4.30(t,J=8.0Hz,2H),3.99(s,2H),3.69-3.64(m,2H),3.47(s,2H),2.73(d,J=12.0Hz,2H),1.77-1.70(m,4H),1.54-1.51(m,2H),1.11(d,J=10.4Hz,6H),1.00(t,J=8.0Hz,3H).

[0246] MS(ESI) m/z :424[M+H⁺].

[0247] 实施例18

[0248] 7-(4-((1S,4S)-2-氧杂-5-氮杂双环[2.2.1]庚烷-5-基甲基)苄基)-2-丁氧基-5氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-4-胺

[0249]



[0250] 步骤A:(4-((1S,4S)-2-氧杂-5-氮杂双环[2.2.1]庚烷-5-基甲基)苄基)(4-氨基-2-丁氧基-5-((2-(三甲基甲硅烷基)乙氧基)甲基)-5氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-7-基)甲醇按照实施例5,步骤B,用(1S,4S)-2-氧杂-5-氮杂双环[2.2.1]庚烷替代3,3-二氟吡咯烷制备。

[0251] LCMS(ESI) m/z :554[M+H⁺].

[0252] 步骤B:根据在实施例5,步骤C的方法制得7-(4-((1S,4S)-2-氧杂-5-氮杂双环[2.2.1]庚烷-5-基甲基)苄基)-2-丁氧基-5氢-吡咯并[3,2-D]嘧啶-4-胺甲酸盐。

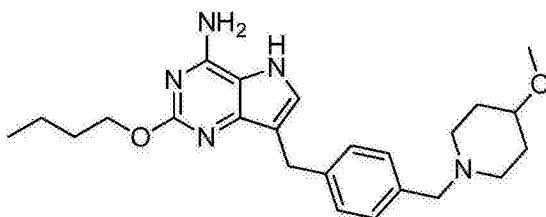
[0253] ¹HNMR(Methanol-d₄,400MHz): δ :8.38(brs,2H),7.45(d,J=8.4Hz,2H),7.37(d,J=8.4Hz,2H),7.29(s,1H),4.66(s,1H),4.47(t,J=6.8Hz,2H),4.36-4.27(m,1H),4.24-4.23(m,2H),4.16-4.13(m,1H),4.04(s,2H),3.82-3.81(m,1H),3.33-3.31(m,2H),2.33-2.29(m,1H),2.14-2.11(m,1H),1.83-1.76(m,2H),1.56-1.48(m,2H),1.01(t,J=7.2Hz,3H).

[0254] MS(ESI) m/z :408[M+H⁺].

[0255] 实施例 19

[0256] 2-丁氧基-7-(4-((4-甲氧基哌啶-1-基)甲基)苄基)-5-氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-4-胺

[0257]



[0258] 步骤 A : (4-氨基-2-丁氧基-5-((2-(三甲基甲硅烷基)乙氧基)甲基)-5-氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-7-基)(4-((4-甲氧基哌啶-1-基)甲基)苄基)甲醇按照实施例 4, 步骤 B 用 4-甲氧基哌啶替代 3,3-二氟吡咯烷制备。

[0259] LCMS(ESI)m/z:570[M+H⁺].

[0260] 步骤 B : 根据实施例 5, 步骤 C 的方法制得 2-丁氧基-7-(4-((4-甲氧基哌啶-1-基)甲基)苄基)-5-氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-4-胺甲酸盐。

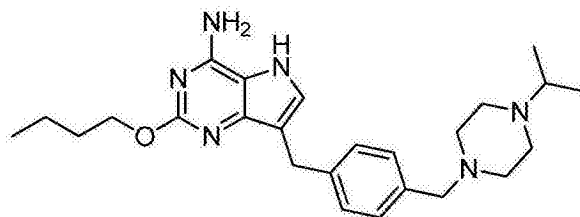
[0261] ¹HNMR(Methanol-d₄, 400MHz): δ: 8.45(s, 2H), 7.43-7.38(m, 4H), 7.28(s, 1H), 4.45(t, J = 6.4Hz, 2H), 4.21(s, 2H), 4.05(s, 2H), 3.52-3.53(m, 1H), 3.33-3.39(m, 3H), 3.26-3.24(m, 2H), 3.13-3.10(m, 2H), 1.99-1.92(m, 4H), 1.84-1.77(m, 2H), 1.56-1.50(m, 2H), 1.01(t, J = 7.2Hz, 3H)。

[0262] MS(ESI)m/z:424[M+H⁺].

[0263] 实施例 20

[0264] 2-丁氧基-7-(4-((4-异丙基哌嗪-1-基)甲基)苄基)-5-氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-4-胺

[0265]



[0266] 步骤 A : (4-氨基-2-丁氧基-5-((2-(三甲基甲硅烷基)乙氧基)甲基)-5-氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-7-基)(4-((4-异丙基哌嗪-1-基)甲基)苄基)甲醇按照实施例 5, 步骤 B 用 1-异丙基哌嗪替代 3,3-二氟吡咯烷制备。

[0267] LCMS(ESI)m/z:583[M+H⁺].

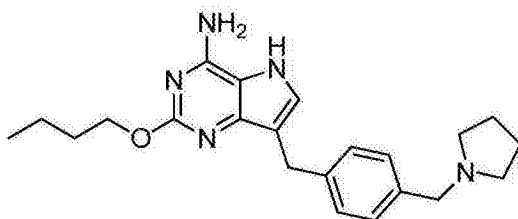
[0268] 步骤 B : 根据实施例 5, 步骤 C 的方法制得 2-丁氧基-7-(4-((4-异丙基哌嗪-1-基)甲基)苄基)-5-氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-4-胺甲酸盐。

[0269] ¹HNMR(Methanol-d₄, 300MHz): δ: 8.45(s, 2H), 7.31-7.25(m, 5H), 4.49(t, J = 8.4Hz, 2H), 3.99(s, 2H), 3.64(s, 2H), 3.42-3.40(m, 1H), 3.21-3.25(m, 4H), 2.66-2.82(m, 4H), 1.84-1.79(m, 2H), 1.56-1.51(m, 2H), 1.35(d, J = 8.8Hz, 6H), 1.04-0.99(t, J = 10.0Hz, 3H)。

[0270] MS(ESI) m/z :437 $[M+H]^+$ 。

[0271] 实施例 21

[0272] 2-丁氧基-7-(4-(吡咯烷-1-基甲基)苄基)-5-氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-4-胺
[0273]



[0274] 步骤 A:(4-氨基-2-丁氧基-5-((2-(三甲基甲硅烷基)乙氧基)甲基)-5-氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-7-基)(4-(吡咯烷-1-基甲基)苄基)甲醇按照实施例 5,步骤 B,吡咯替代 3,3-二氟吡咯烷制备。

[0275] LCMS(ESI) m/z :526 $[M+H]^+$ 。

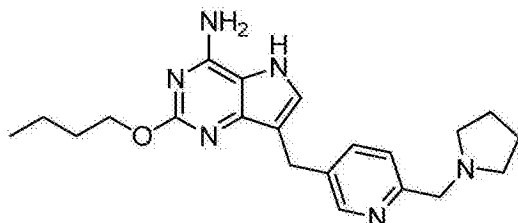
[0276] 步骤 B:根据在实施例 5,步骤 C 的方法制得 2-丁氧基-7-(4-(吡咯烷-1-基甲基)苄基)-5-氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-4-胺甲酸盐。

[0277] ^1H NMR(Methanol- d_4 , 400MHz): δ 8.41(s, 2H), 7.46(d, $J = 8.0\text{Hz}$, 2H), 7.40(d, $J = 8.0\text{Hz}$, 2H), 7.30(s, 1H), 4.48(t, $J = 6.8\text{Hz}$, 2H), 4.33(s, 2H), 4.05(s, 2H), 3.32-3.30(m, 4H), 2.10-2.06(m, 4H), 1.83-1.89(m, 2H), 1.55-1.48(m, 2H), 1.02(t, $J = 7.2\text{Hz}$, 3H)。

[0278] MS(ESI) m/z :380 $[M+H]^+$ 。

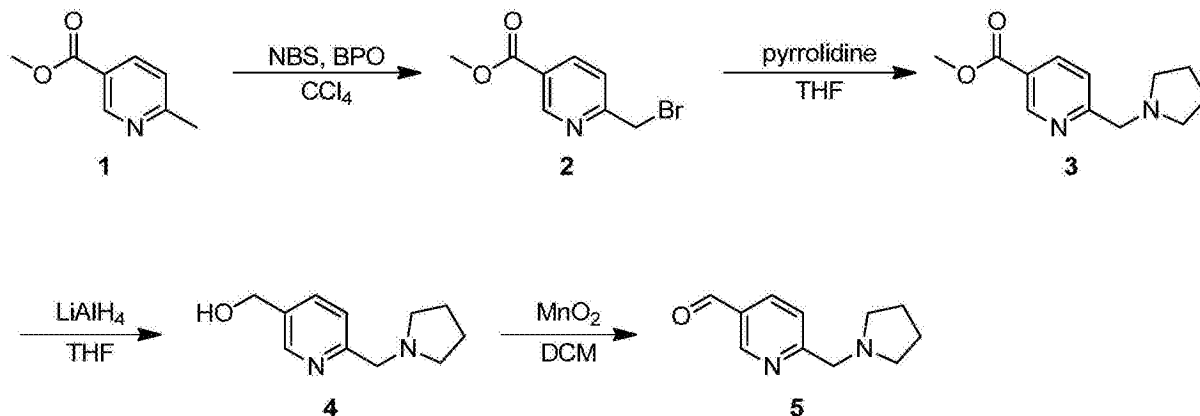
[0279] 实施例 22

[0280] 2-丁氧基-7-((6-(吡咯烷-1-基甲基)吡啶-3-基)甲基)-5-氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-4-胺
[0281]



[0282] 6-(吡咯烷-1-基甲基)烟醛的制备路线:

[0283]



[0284] 步骤 A:在室温下向 6-甲基烟酸甲酯(10 克,0.0662 摩尔)在 CCl_4 (100 毫升)溶液中加入 NBS(13.0 克,0.0728 摩尔)和 BPO(1.6 克,0.0066 摩尔)。将反应混合物加热至 $75^\circ C$ 并搅拌 12 小时。冷却后,加入水(80 毫升),并用乙酸乙酯(200 毫升 \times 2)萃取。将有机层依次用硫代硫酸钠(80 毫升)的饱和水溶液洗涤,用无水硫酸钠干燥,并在减压浓缩。残余物通过硅胶柱纯化(洗脱剂:石油醚/乙酸乙酯 = 20/1),得到 6-(溴甲基)烟酸甲酯(5.2 克,产率 34%),为棕色固体。

[0285] 1H NMR($CDCl_3$, 400MHz): δ 9.18(d, $J = 1.6$ Hz, 1H), 8.32(dd, $J_1 = 8.0$ Hz, $J_2 = 2.0$ Hz, 1H), 7.55(d, $J = 8.0$ Hz, 1H), 4.60(s, 2H), 3.97(s, 3H)。

[0286] MS(ESI)m/z: 230, 232[M+H⁺]。

[0287] 步骤 B:在 0 摄氏度向吡咯烷(3.09 克,43.47 毫摩尔)和三乙胺(3 毫升,21.73 毫摩尔)无水四氢呋喃(100 毫升)溶液中分批加入 6-(溴甲基)烟酸甲酯(5.0 克,21.73 毫摩尔)。加完后,该反应混合物在室温下搅拌 16 小时,然后用水(80 毫升)稀释,并用乙酸乙酯(100 毫升)萃取。将有机层用无水硫酸钠干燥,并减压浓缩。残余物通过硅胶柱纯化(洗脱剂:石油醚/乙酸乙酯 = 10/1),得到 6-(吡咯烷-1-基甲基)烟酸甲酯(4.1 克,产率 86%),为棕色固体。

[0288] 1H NMR($CDCl_3$, 400MHz): δ 9.11(d, $J = 2.0$ Hz, 1H), 8.22(dd, $J_1 = 8.0$ Hz, $J_2 = 2.0$ Hz, 1H), 7.48(d, $J = 8.0$ Hz, 1H), 3.91(s, 3H), 3.81(s, 2H), 2.58-2.53(m, 4H), 1.81-1.77(m, 4H)。

[0289] MS(ESI)m/z: 221[M+H⁺]。

[0290] 步骤 C:在低于 $0^\circ C$ 向搅拌的 6-(吡咯烷-1-基甲基)烟酸甲酯(3.0 克,13.62 毫摩尔)无水四氢呋喃(70 毫升)溶液中分批加入四氢锂铝(1.03 克,27.24 毫摩尔)。在大约 0 摄氏度反应 2 小时,并在室温下进一步反应 30 分钟。TLC 显示反应物消失了。然后将该混合物冷却至 $0^\circ C$,并非常缓慢滴入水(1 毫升)。然后,将 15%的氢氧化钠水溶液(1 毫升)和外加水(3 毫升)分别加入并剧烈搅拌。将所得混合物过滤。将滤液用无水 Mg_2SO_4 干燥并减压浓缩干,得到 6-(吡咯烷-1-基甲基)吡啶-3-基)甲醇(2.5 克)。

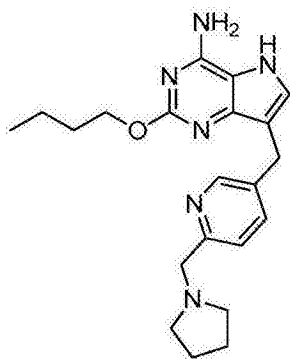
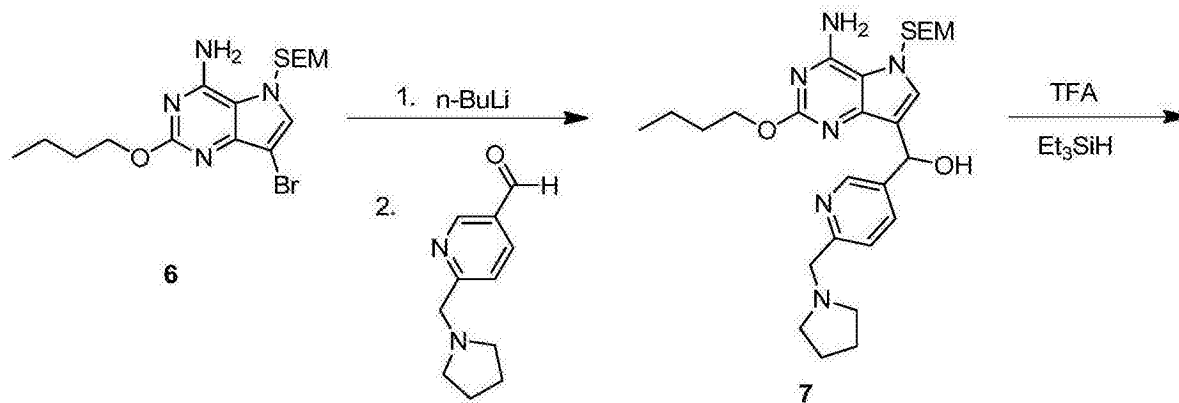
[0291] 1H NMR($CDCl_3$, 400MHz): δ 8.41(d, $J = 1.6$ Hz, 1H), 7.67(dd, $J_1 = 8.0$ Hz, $J_2 = 2.0$ Hz, 1H), 7.37(d, $J = 8.0$ Hz, 1H), 4.67(s, 2H), 3.75(s, 2H), 2.57-2.543(m, 4H), 1.81-1.76(m, 4H)。

[0292] 步骤 D:将 6-(吡咯烷-1-基甲基)吡啶-3-基)甲醇(2.5 克,13 毫摩尔)溶解在无水二氯甲烷(50 毫升)中。将二氧化锰(5.0 克,58 毫摩尔)在 0 摄氏度中分批加入。将反应混合物在室温下搅拌 24 小时,过滤。将滤液在真空下浓缩,残余物通过硅胶柱纯化(洗脱剂:15%乙酸乙酯的石油醚溶剂),得到 6-(吡咯烷-1-基甲基)烟醛(2.2 克,粗品),为黄色油状物。

[0293] LCMS(ESI)m/z: 191[M+H⁺]。

[0294] 2-丁氧基-7-((6-(吡咯烷-1-基甲基)吡啶-3-基)甲基)-5-氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-4-胺的制备流程:

[0295]



实施例22

[0296] 实施例 22 流程

[0297] 步骤 E : (4-氨基-2-丁氧基-5-((2-(三甲基甲硅烷基)乙氧基)甲基)-5-氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-7-基)(6-(吡咯烷-1-基甲基)吡啶-3-基)甲醇按照实施例 1, 步骤 E 的方法制备, 6-(吡咯烷-1-基甲基)烟醛替代间二苯甲醛。

[0298] LCMS(ESI) m/z : 527 $[M+H]^+$ 。

[0299] 步骤 F : 按照实施例 1, 步骤 G 的方法制得 2-丁氧基-7-((6-(吡咯烷-1-基甲基)吡啶-3-基)甲基)-5-氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-4-胺甲酸盐, 为白色固体。

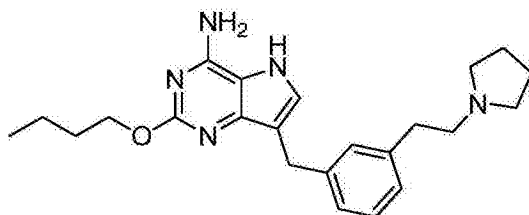
[0300] $^1\text{H NMR}$ (Methanol- d_4 , 400MHz): δ 8.62 (s, 1H), 8.40 (brs, 1H), 7.77 (d, $J = 8.0\text{Hz}$, 1H), 7.40 (d, $J = 8.0\text{Hz}$, 1H), 7.35 (s, 1H), 4.48 (s, 2H), 4.45 (t, $J = 6.4\text{Hz}$, 2H), 4.08 (s, 2H), 3.42-3.38 (m, 4H), 2.13-2.10 (m, 4H), 1.83-1.76 (m, 2H), 1.55-1.49 (m, 2H), 1.01 (t, $J = 7.2\text{Hz}$, 3H)。

[0301] MS(ESI) m/z : 381 $[M+H]^+$ 。

[0302] 实施例 23

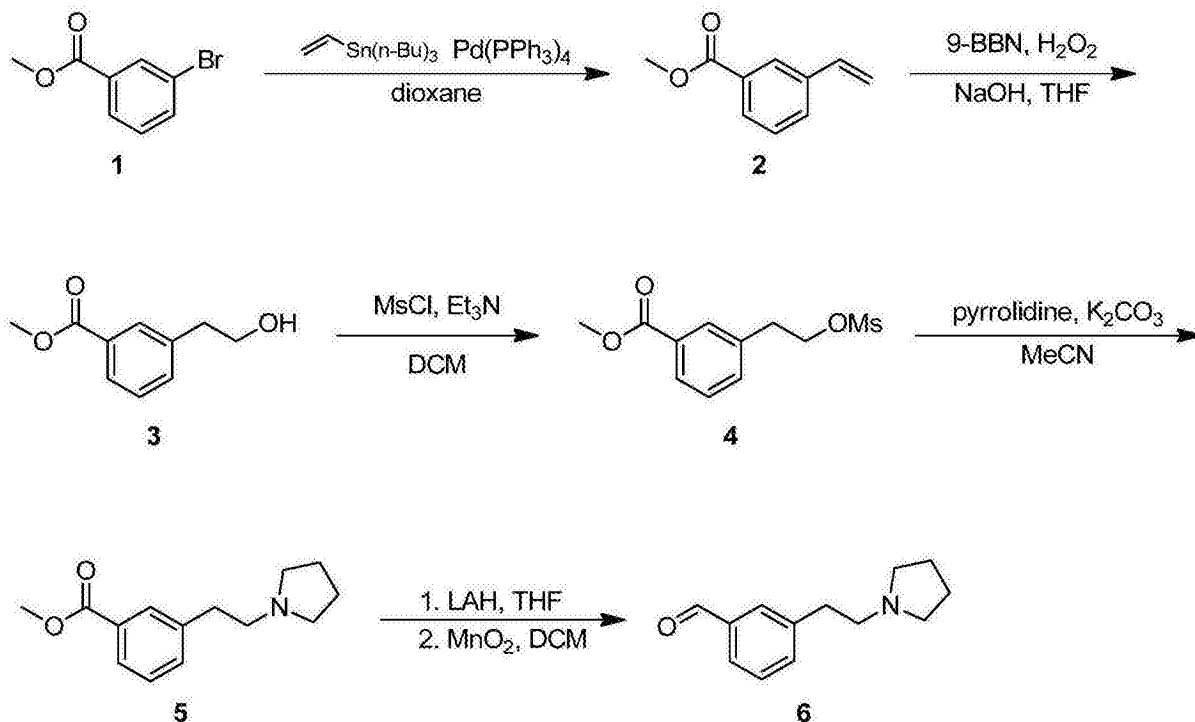
[0303] 2-丁氧基-7-(3-(2-(吡咯烷-1-基)乙基)苄基)-5-氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-4-胺

[0304]



[0305] 3-(2-(吡咯烷-1-基)乙基)苯甲醛的制备路线:

[0306]



[0307] 步骤A:在氮气保护下将3-溴苯甲酸甲酯的(17.0克,79.0毫摩尔),三丁基(乙烯基)锡烷(33克,102毫摩尔)和Pd(PPh₃)₄(4.5克,4毫摩尔)的二恶烷(200毫升)溶液在110摄氏度下搅拌反应6小时,然后加10%的氟化钾水溶液(100毫升)淬灭。将所得混合物在室温下再搅拌10分钟,并用乙酸乙酯(150毫升×3)萃取。将合并的有机层用盐水洗涤,用无水硫酸钠干燥,并减压浓缩。将残余物用硅胶柱纯化(洗脱剂:25%乙酸乙酯的石油醚溶液),得到约15克粗品3-乙炔基苯甲酸甲酯,为黄色油状物。

[0308] MS(ESI)m/z:163[M+H⁺].

[0309] 步骤B:在氮气氛围下向搅拌的3-乙炔基苯甲酸甲酯的无水四氢呋喃(100毫升)溶液中通过滴液漏斗加入9-BBN(0.5M,166毫升,83毫摩尔)并保持温度低于-30摄氏度。加完后,将反应混合物升温至室温并搅拌16小时。然后冷却至-30摄氏度,滴加H₂O₂的水溶液(质量比30%,19毫升),接着慢慢滴加15%氢氧化钠水溶液(40毫升)中。将所得混合物在环境温度下再搅拌1小时后,加水(200毫升)稀释,并用乙酸乙酯(200毫升×2)萃取。将合并的有机层用盐水洗涤,用无水硫酸钠干燥,减压浓缩得到约9克粗品3-(2-羟乙基)苯甲酸甲酯,为淡黄色油状物,其直接用于下一步骤。

[0310] ¹HNMR(CDCl₃,400MHz): δ 7.92-7.90(m,2H),7.45-7.37(m,2H),3.92(s,3H),3.89(t,J=6.5Hz,2H),2.93(t,J=6.5Hz,2H)。

[0311] MS(ESI)m/z:181[M+H⁺].

[0312] 步骤 C:在约 0 摄氏度向搅拌的 3-(2-羟乙基)苯甲酸甲酯(10 克)无水二氯甲烷(90mL)溶液加入甲磺酰氯(34 克,299 毫摩尔)和三乙胺(12 克,118 毫摩尔)。反应物在 0 摄氏度下搅拌 1 小时,用水淬灭(50 毫升),并用乙酸乙酯(100 毫升×3)萃取。将合并的有机层经无水硫酸钠干燥并减压浓缩。将残余物用硅胶柱层析纯化(洗脱剂:10%乙酸乙酯的石油醚溶液),得到 2.7g 的 3-(2-((甲基磺酰基)氧基)乙基)苯甲酸甲酯,为无色油状物。

[0313] MS(ESI)m/z:259[M+H⁺]

[0314] 步骤 D:将吡咯烷(2.3 克,31.3 毫摩尔)和碳酸钾(2.2 克,16 毫摩尔)溶于无水乙腈(20 毫升)并用 10 分钟时间往里加入 3-(2-((甲基磺酰基)氧基)乙基)苯甲酸甲酯(2.7 克,10.4 毫摩尔)的乙腈(5 毫升)溶液。将反应液在 70℃搅拌 16 小时,冷却到室温后,用水(20 毫升)稀释,并用乙酸乙酯(20 毫升×3)萃取。将合并的有机层经无水硫酸钠干燥并减压浓缩。将残余物用硅胶柱层析纯化(洗脱剂:甲醇/二氯甲烷等于 2%至 5%),得到 3-(2-(吡咯烷-1-基)乙基)苯甲酸甲酯(1.7 克,71%),为黄色油状物。

[0315] MS(ESI)m/z:234[M+H⁺]

[0316] 步骤 E:3-(2-(吡咯烷-1-基)乙基)苯甲醛按照实施例 22,步骤 C,D 方法制备。

[0317] MS(ESI)m/z:204[M+H⁺]

[0318] 步骤 F:根据实施例 22,步骤 E,F 方法制得 2-丁氧基-7-(3-(2-(吡咯烷-1-基)乙基)苄基)-5 氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-4-胺甲酸盐。

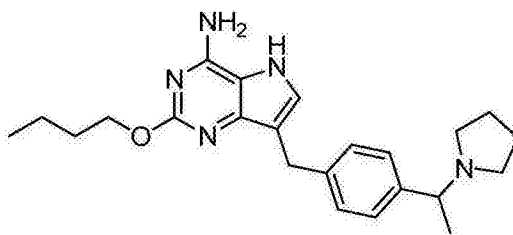
[0319] ¹HNMR(Methanol-d₄,400MHz): δ 8.42(s,2H),7.30-7.13(m,5H),4.38(t,J=6.4Hz,2H),4.01(s,1H),3.41(t,J=7.6Hz,2H),3.35-3.32(m,4H),3.01(t,J=7.6Hz,2H),2.09-2.05(m,4H),1.81-1.74(m,2H),1.57-1.48(m,2H),1.01(t,J=7.6Hz,3H)。

[0320] MS(ESI)m/z:394[M+H⁺]

[0321] 实施例 24

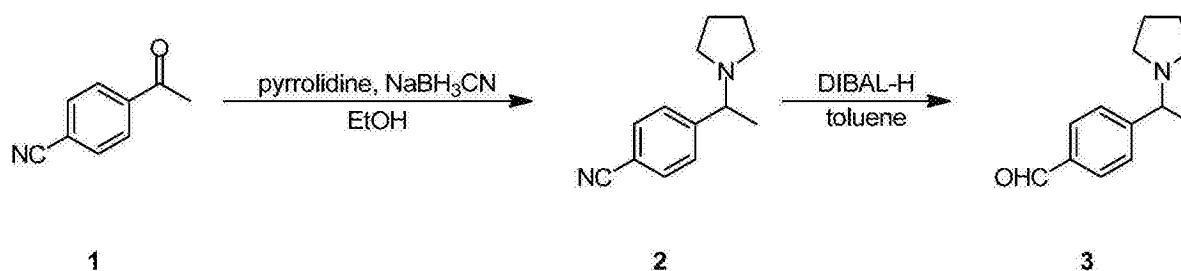
[0322] 2-丁氧基-7-(4-(1-(吡咯烷-1-基)乙基)苄基)-5 氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-4-胺

[0323]



[0324] 4-(1-(吡咯烷-1-基)乙基)苯甲醛制备路线:

[0325]



[0326] 步骤A:向4-氰基苯乙酮(4克,27.56毫摩尔)和吡咯烷(2.94克,41.33毫摩尔)的甲醇(100毫升)在搅拌下加入醋酸(0.5毫升)以及氰基硼氢化钠(5.2克,82.67毫摩尔)并保持温度低于0摄氏度。将反应物在室温下搅拌16小时,然后在减压浓缩。将所得油状物用硅胶柱层析纯化(洗脱剂:石油醚/乙酸乙酯=1/3),得到2.8克4-(1-(吡咯烷-1-基)乙基)苄腈,为无色油状物。

[0327] MS(ESI)m/z:201[M+H⁺]

[0328] 步骤B:在-20至-10摄氏度向4-(1-(吡咯烷-1-基)乙基)苄腈(2克,10毫摩尔)的无水甲苯(100毫升)溶液中加入DIBAL-H(1M,20毫升,20毫摩尔)的溶液并控制在1小时加完。将反应液再搅拌3小时,然后用氯化铵饱和水溶液淬灭,并用乙酸乙酯萃取。用盐水洗涤有机层,用无水硫酸钠干燥,并减压浓缩。将所得固体物用硅胶柱层析纯化(洗脱剂:石油醚/乙酸乙酯=50/1至10/1),得到4-(1-(吡咯烷-1-基)乙基)苯甲醛(680毫克,33.5%),为无色油状物。

[0329] (ESI)m/z:204[M+H⁺]

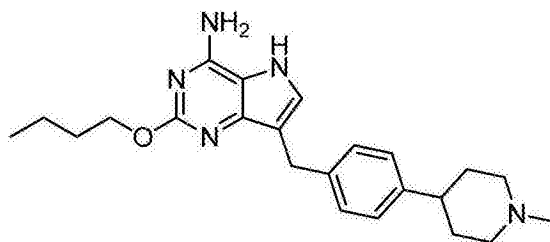
[0330] 步骤C:按照实施例22,步骤E,F的方法制得2-丁氧基-7-(4-(1-(吡咯烷-1-基)乙基)苄基)-5-氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-4-胺甲酸盐。

[0331] ¹HNMR(Methanol-d₄,400MHz): δ 8.50(s,2H),7.44-7.38(m,4H),7.27(s,1H),4.45(t,J=6.4,2H),4.33-4.28(m,1H),4.04(s,2H),3.37-3.33(m,2H),3.14-3.11(m,2H),2.04-2.02(m,4H),1.83-1.78(m,2H),1.72-1.70(m,3H),1.55-1.49(m,2H),1.01(t,J=7.4,3H)。

[0332] MS(ESI)m/z:394[M+H⁺]

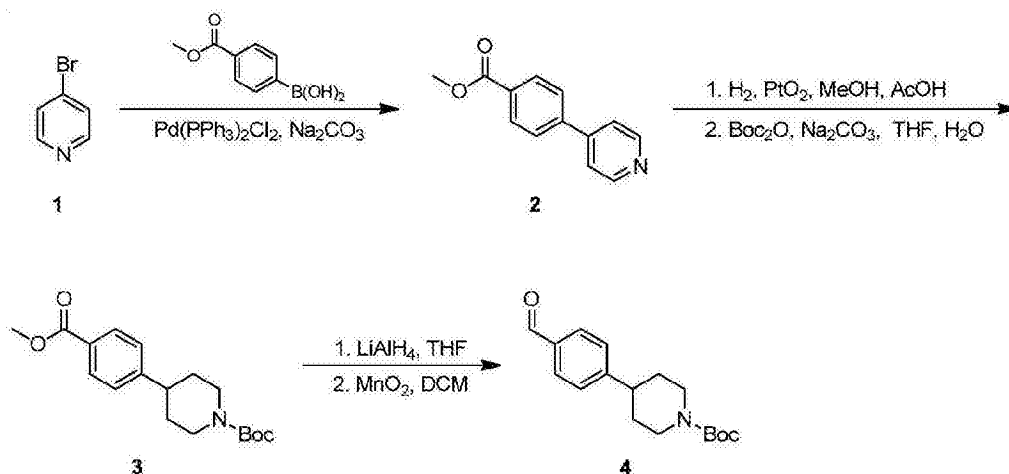
[0333] 实施例25

[0334] 2-丁氧基-7-(4-(1-甲基哌啶-4-基)苄基)-5-氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-4-胺
[0335]



[0336] 4-(4-甲酰基苄基)哌啶-1-甲酸叔丁酯的制备路线:

[0337]



[0338] 步骤 A: 4-溴吡啶 (3.0 克, 19.0 毫摩尔), (4-(甲氧羰基)苯基)硼酸 (2.63 克, 14.6 毫摩尔), Pd(PPh₃)₂Cl₂ (0.35 克, 0.5 毫摩尔) 和碳酸钠 (6.91 克, 65.2 毫摩尔) 的 1,2-二甲氧基乙烷 (40 毫升) 混合物在氮气气氛下加热至 90℃ 并搅拌 10 小时。将所得混合物减压浓缩, 残余物通过硅胶柱层析纯化 (洗脱剂: 石油醚 / 乙酸乙酯 = 6/1 至 2/1), 得到 4-(吡啶-4-基)苯甲酸甲酯 (2.7 克, 收率: 86.8%), 为白色固体。

[0339] MS(ESI)m/z: 214 [M+H⁺].

[0340] 步骤 B: 往 4-(吡啶-4-基)苯甲酸甲酯 (3.8 克, 17.8 毫摩尔) 和 PtO₂ (0.2 克) 的甲醇 (40 毫升) 溶液加入 2 毫升盐酸, 加热到约 50 摄氏度, 在氢气氛围下 (50psi) 搅拌 16 小时。将所得混合物过滤, 滤液减压浓缩, 得到粗品 4-(哌啶-4-基)苯甲酸甲酯 (4.0 克), 为盐酸盐, 无需进一步纯化。

[0341] MS(ESI)m/z: 220 [M+H⁺].

[0342] 步骤 C: 向搅拌的 4-(哌啶-4-基)苯甲酸甲酯 (5.0 克, 22.8 毫摩尔) 和碳酸钾 (25.0 克, 182.2 毫摩尔) 的四氢呋喃 (50 毫升) / 水 (50 毫升) 混合溶液中分批加入二叔丁基二碳酸酯 (10.0 克, 45.8 毫摩尔) 并保持温度低于 10℃。加完后, 将反应混合物在室温下搅拌另外 0.5 小时, 然后用水 (50 毫升) 稀释, 并用乙酸乙酯 (50 毫升 × 2) 萃取。将合并的有机层用盐水洗涤, 用无水硫酸钠干燥, 并在真空下浓缩。残余物通过硅胶柱层析纯化 (洗脱剂: 石油醚 / 乙酸乙酯 = 6/1 至 1/1), 得到 4-(4-(甲氧羰基)苯基)哌啶-1-甲酸叔丁酯 (1.9 克, 收率: 26.4%), 为白色固体。

[0343] ¹HNMR(CDCl₃, 400MHz): δ 7.98(d, J = 8.4Hz, 2H), 7.28(d, J = 7.6Hz, 2H), 4.27(s, 1H), 3.91(s, 3H), 2.84-2.68(m, 3H), 1.85(d, J = 12.8Hz, 2H), 1.66-1.59(m, 2H), 1.49(s, 9H)。

[0344] MS(ESI)m/z: 320 [M+H⁺].

[0345] 步骤 D: 4-(4-甲酰基苯基)哌啶-1-甲酸叔丁酯按照实施例 22, 步骤 C, D 的方法制备。

[0346] MS(ESI)m/z: 312.1 [M+Na⁺].

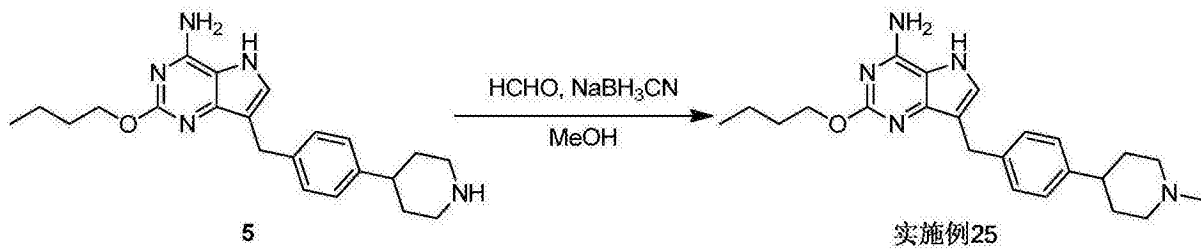
[0347] 步骤 F: 2-丁氧基-7-(4-(哌啶-4-基)苄基)-5-氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-4-胺是根据实施例 22, 步骤 E, F 的方法制备。

[0348] MS(ESI)m/z: 380.2 [M+H⁺].

[0349] 2-丁氧基-7-(4-(1-甲基哌啶-4-基)苄基)-5-氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-4-胺

的制备：

[0350]



[0351] 步骤 G：往 2-丁氧基-7-(4-(哌啶-4-基)苄基)-5-氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-4-胺 (100 毫克, 0.264 毫摩尔) 和 HCHO (20 毫克, 0.666 毫摩尔) 的甲醇 (5 毫升) 溶液在搅拌 5 分钟后加入氰基硼氢化钠 (50 毫克, 0.796 毫摩尔)。此反应物在室温搅拌 0.5 小时, 用水稀释, 并用乙酸乙酯萃取。将有机层在真空下浓缩, 残余物经制备型 HPLC 纯化, 得到 7.48 毫克 2-丁氧基-7-(4-(1-甲基哌啶-4-基)苄基)-5-氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-4-胺。

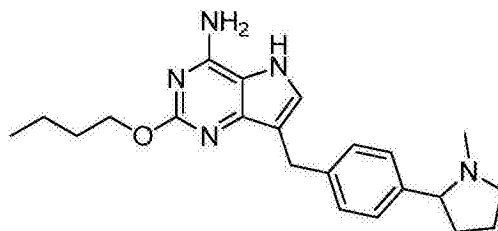
[0352] $^1\text{H NMR}$ (Methanol, 400MHz): δ 7.21 (d, $J = 8.0\text{Hz}$, 2H), 7.11 (d, $J = 8.0\text{Hz}$, 2H), 7.00 (s, 1H), 4.32-4.28 (m, 2H), 3.94 (s, 2H), 3.00-2.97 (m, 2H), 2.52-2.47 (m, 1H), 2.32 (s, 3H), 2.19-2.15 (m, 2H), 1.80-1.72 (m, 6H), 1.53-1.48 (m, 2H), 0.98 (t, $J = 7.4\text{Hz}$, 3H)。

[0353] MS (ESI) m/z : 394 $[\text{M}+\text{H}^+]$ 。

[0354] 实施例 26

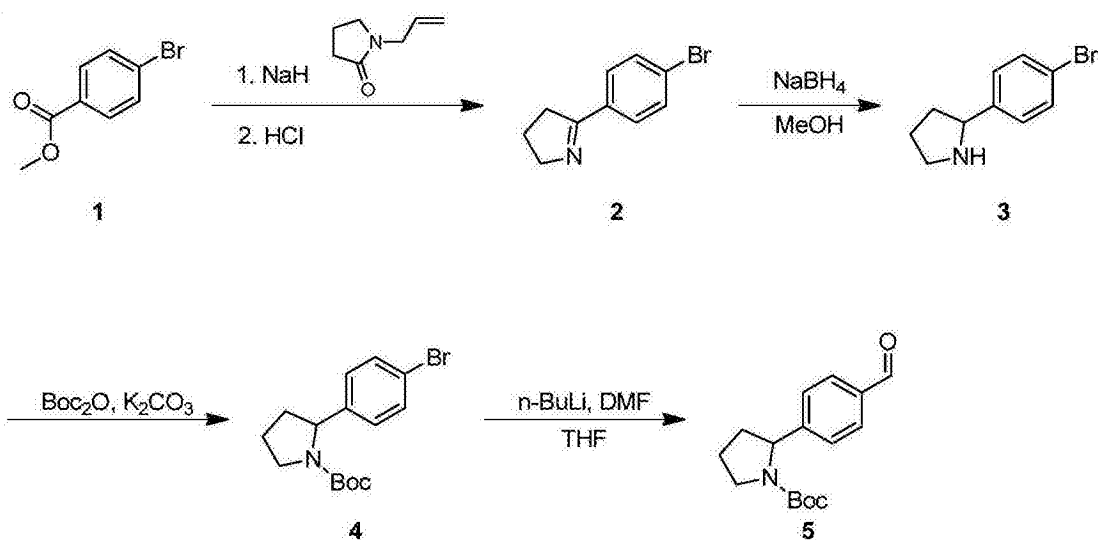
[0355] 2-丁氧基-7-(4-(1-甲基吡咯烷-2-基)苄基)-5-氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-4-胺

[0356]



[0357] 2-(4-甲酰基苯基)吡咯烷-1-甲酸叔丁酯的制备路线：

[0358]



[0359] 步骤 A: 在 N₂ 氛围 0 摄氏度下, 向 NaH(446 毫克, 18.6 毫摩尔) 的无水四氢吡喃 (20 毫升) 混合物中加入 1-烯丙基-吡咯-2-酮 (1.14 克, 9.11 毫摩尔)。然后缓慢加入 4-溴苯甲酸甲酯的无水四氢吡喃 (10 毫升) 溶液。此混合物在 90 摄氏度下搅拌 2 小时, 然后冷却至室温, 用 6N 盐酸稀释。将所得混合物在 110 摄氏度下搅拌 12 小时, 然后将水相用乙酸乙酯 (50 毫升) 洗涤, 用 1N 氢氧化钠溶液碱化, 使 pH 约为 9, 再用乙酸乙酯 (50 毫升 × 2) 萃取。将合并的有机层, 在真空下浓缩至干, 得到 2.0 克 5-(4-溴苯基)-3,4-二氢-2-氢-吡咯, 为黄色固体, 将其直接用于下一步骤。

[0360] 步骤 B: 在 0 摄氏度向搅拌着的 5-(4-溴苯基)-3,4-二氢-2-氢-吡咯 (2.0 克, 9.0 毫摩尔) 甲醇 (20 毫升) 溶液中慢慢地加入硼氢化钠 (684 毫克, 18.1 毫摩尔)。加完后, 该反应混合物在室温下搅拌 1 小时。TLC (石油醚 / 乙酸乙酯 = 2:1) 显示原料完全消耗。将得到的混合物用水稀释 (30 毫升)。向上述步骤中的混合物加入碳酸钾 (1.51 克, 10.9 毫摩尔) 和 Boc₂O (2.3 克, 10.5 毫摩尔)。该混合物在 20 摄氏度下搅拌 2 小时后, 薄层色谱板 (展开剂: 石油醚 / 乙酸乙酯 = 2/1) 显示起始物质被消耗完全。然后用乙酸乙酯 (50 毫升 × 2) 萃取, 萃取液减压浓缩, 用硅胶色谱纯化残余物, 得到 2-(4-溴苯基)吡咯烷-1-甲酸叔丁酯 (1.5 克, 收率: 51.1%), 为黄色固体。

[0361] 步骤 C: 在氮气氛围, -78 摄氏度下, 向搅拌的 2-(4-溴苯基)吡咯烷-1-甲酸叔丁酯 (0.6 克, 1.839 毫摩尔) 无水四氢吡喃 (20 毫升) 溶液中加入 n-BuLi (1.5 毫升, 2.76 毫摩尔)。将反应混合物在 -78 摄氏度下搅拌 30 分钟, 然后将 N,N-二甲基甲酰胺 (192 毫克, 2.63 毫摩尔) 缓慢加入到混合物中。将所得混合物升温至室温, 搅拌另外 30 分钟, 用 3 毫升碳酸氢钠水溶液淬灭。用水稀释 (30 毫升), 并用乙酸乙酯 (25 毫升 × 3) 萃取。将合并的有机层, 用盐水洗涤, 用硫酸钠干燥, 过滤并减压蒸干。将残余物通过硅胶色谱纯化 (石油醚: 乙酸乙酯 = 15:1 至 10:1), 得到 2-(4-甲酰基苯基)吡咯烷-1-甲酸叔丁酯 (0.4g, 收率: 79.1%), 为无色油。

[0362] MS (ESI) m/z: 276.0 [M+1⁺].

[0363] 2-丁氧基-7-(4-(吡咯烷-2-基)苄基)-5-氢-吡咯并 [3,2-d] 嘧啶-4-胺的制备:

[0364] 步骤 D: 2-丁氧基-7-(4-(吡咯烷-2-基)苄基)-5-氢-吡咯并 [3,2-d] 嘧啶-4-胺是根据实施例 22, 步骤 E, F 的方法制备。

[0365] MS(ESI) m/z :366.2[M+1⁺].

[0366] 2-丁氧基-7-(4-(1-甲基吡咯烷-2-基)苄基)-5H-吡咯并[3,2-d]嘧啶-4-胺的制备:

[0367] 步骤E:2-丁氧基-7-(4-(1-甲基吡咯烷-2-基)苄基)-5H-吡咯并[3,2-d]嘧啶-4-胺是根据实施例25,步骤G的方法制备。

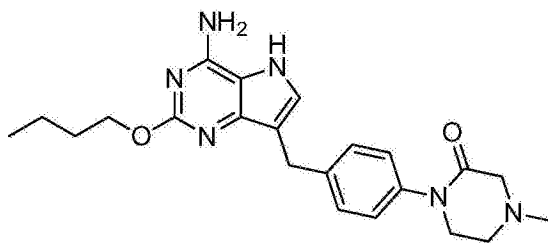
[0368] ¹HNMR(Methanol-d₄,400MHz): δ 7.27(d,J=8.0Hz,2H),7.22(d,J=8.0Hz,2H),7.03(s,1H),4.30(t,J=7.4Hz,2H),3.97(s,2H),3.31-3.19(m,1H),3.07-3.03(m,1H),2.31-2.87(m,1H),2.18-2.15(m,1H),2.13(s,3H),1.89-1.72(m,5H),1.54-1.48(m,2H),0.98(t,J=7.4Hz,3H)。

[0369] MS(ESI) m/z :380[M+1⁺].

[0370] 实施例27

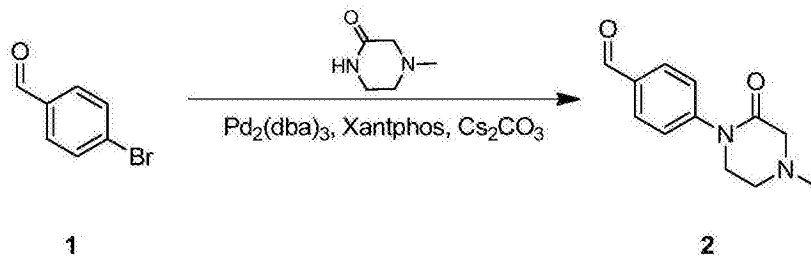
[0371] 1-(4-((4-氨基-2-丁氧基-5-氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-7-基)甲基)苄基)-4-甲基哌嗪-2-酮

[0372]



[0373] 4-(4-甲基-2-氧代哌嗪-1-基)苯甲醛的制备:

[0374]



[0375] 步骤A:往4-溴-苯甲醛(1.8克,9.73毫摩尔),4-甲基哌嗪-2-酮(1.44克,12.6毫摩尔),Pd₂(dba)₃(768毫克,0.84毫摩尔),Xantphos(435毫克,0.75毫摩尔)和碳酸铯(5.48克,16.8毫摩尔)的二恶烷(30mL)溶液中加水(1滴)。混合物在氮气气氛,90摄氏度下搅拌1.5小时。冷却后,将该混合物过滤。将滤液在真空下浓缩至干,残余物通过硅胶色谱法纯化,得到4-(4-甲基-2-氧代哌嗪-1-基)苯甲醛(1.8克,84.8%),为白色固体。

[0376] MS(ESI) m/z :219[M+H⁺].

[0377] 1-(4-((4-氨基-2-丁氧基-5-氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-7-基)甲基)苄基)-4-甲基哌嗪-2-酮的制备:

[0378] 步骤B:1-(4-((4-氨基-2-丁氧基-5-氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-7-基)甲基)苄基)-4-甲基哌嗪-2-酮按照实施例22,步骤E,F所用的方法制备。

[0379] ¹HNMR(Methanol-d₄,400MHz) δ 7.36(s,1H),7.30(d,J=8.4Hz,2H),7.22(d,J=

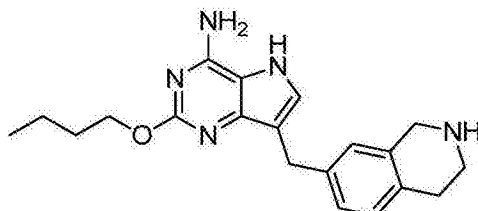
8.4Hz, 2H), 4.52(t, J = 6.4Hz, 2H), 4.02(s, 2H), 3.72-3.69(m, 2H), 3.27(s, 2H), 2.89-2.86(m, 2H), 2.44(s, 3H), 1.83-1.79(m, 2H), 1.54-1.48(m, 2H), 1.00(t, J = 7.4Hz, 3H)。

[0380] MS(ESI)m/z: 409[M+H⁺]。

[0381] 实施例 28

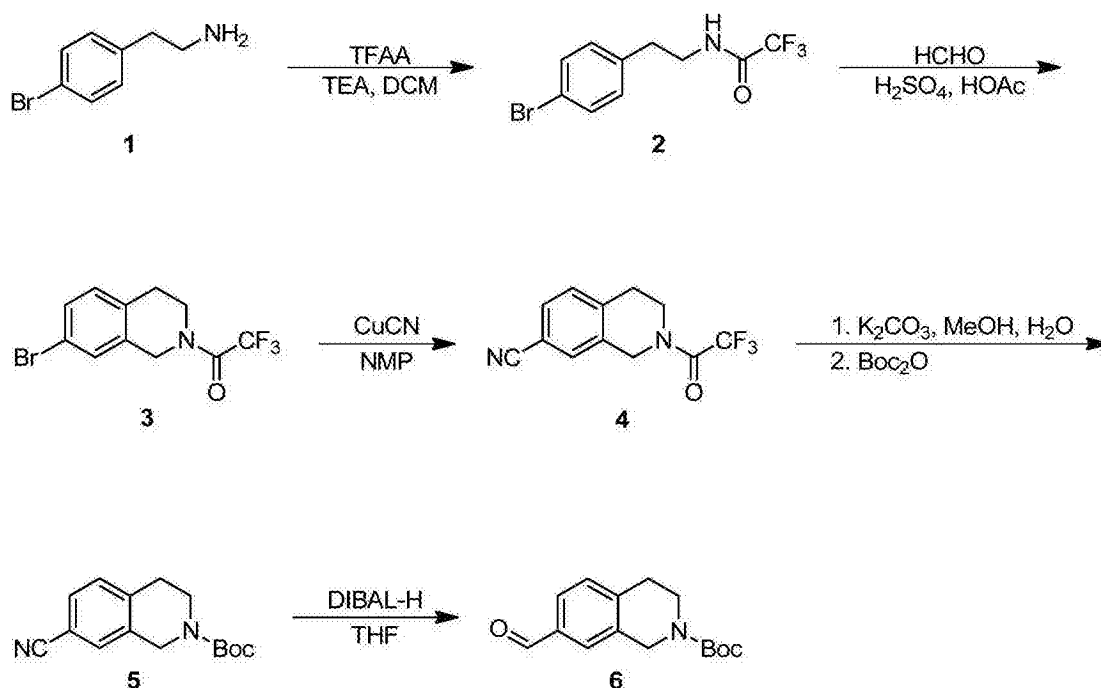
[0382] 2-丁氧基-7-((1,2,3,4-四氢异喹啉-7-基)甲基)-5-氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-4-胺

[0383]



[0384] 7-甲酰基-3,4-二氢异喹啉-2(1H)-羧酸叔丁酯的制备路线：

[0385]



[0386] 步骤 A: 在氮气气氛下, 0 摄氏度下, 向 2-(4-溴苯基)乙胺 (27 克, 0.13 摩尔) 和三乙胺 (16.4 克, 0.16 摩尔) 无水二氯甲烷 (300 毫升) 溶液滴加入三氟乙酸酐 (34 克, 0.16 摩尔)。将反应混合物在室温下搅拌 1 小时, 然后用水稀释。将有机层分离并在真空下浓缩至干, 得到 N-(4-溴苯基)-三氟乙酰胺 (37 克, 96.1%), 为白色固体。

[0387] MS(ESI)m/z: 296, 298[M+H⁺]。

[0388] 步骤 B: 向 N-(4-溴苯基)-三氟乙酰胺 (37 克, 0.12 毫摩尔) 的浓硫酸 (200 毫升) 和乙酸 (300 毫升) 的混酸的搅拌悬浮液溶液中分批加入多聚甲醛 (10.2 克, 0.34 摩尔)。加完后, 该反应混合物在室温下搅拌 12 小时, 然后, 倒入冰水 (1 升) 中, 用乙酸乙酯 (400 毫升 × 2) 萃取。将合并的有机层依次用饱和碳酸氢钠水溶液和盐水洗涤, 用无水硫酸镁干燥, 并减压浓缩。将残余物用硅胶柱色谱法纯化 (洗脱剂: 5% 乙酸乙酯的石油醚溶液), 得到 1-(7-溴-3,4-二氢异喹啉-2(1H)-基)-三氟乙酰胺 (33 克, 89.3%)。

[0389] MS(ESI)m/z:308, 310[M+H⁺].

[0390] 步骤 C:向 1-(7-溴-3,4-二氢异喹啉-2(1H)-基)-三氟乙酮(30克,0.1 摩尔)无水甲基吡咯烷-2-酮(300 毫升)溶液中加入氰化亚铜(18克,0.2 摩尔)。将反应混合物在 180 摄氏度下在氮气气氛下搅拌 4 小时。在冷却到室温后,将该混合物慢慢地倒入冰水(500 毫升)中并用乙酸乙酯(200 毫升×2)萃取。将合并的有机层用水洗涤,经无水硫酸钠干燥并在真空下浓缩,得到 25 克粗 2-三氟乙酰基-四氢异喹啉-7-甲腈,其直接用于下一步骤。

[0391] MS(ESI)m/z:255[M+H⁺].

[0392] 步骤 D:将 2-三氟乙酰基-四氢异喹啉-7-甲腈(25 克,0.1 摩尔)和碳酸钾(25 克,0.18/摩尔)溶在甲醇(300 毫升)和水(60 毫升)的混合溶剂中,在室温下搅拌 2 小时。然后在 10 分钟内将二叔丁基二碳酸酯(26 克,0.12 摩尔)分批加入。将反应混合物在室温下再搅拌 4 小时后,用水(200 毫升)稀释,并用乙酸乙酯(200 毫升×2)萃取。将合并的有机层用盐水洗涤,用无水硫酸钠干燥,并在真空下浓缩。将残余物用硅胶柱色谱法纯化(洗脱剂:5%乙酸乙酯的石油醚溶液),得到 7-氰基-3,4-二氢异喹啉-2(1H)-羧酸叔丁酯(14 克,54%),为白色固体。

[0393] MS(ESI)m/z:259[M+H⁺].

[0394] 步骤 E:在-10 摄氏度氮气气氛下向 7-氰基-3,4-二氢异喹啉-2(1H)-羧酸叔丁酯(1 克,3.9 毫摩尔)无水四氢呋喃(20 毫升)溶液中滴加二异丁基氢化铝(1M,6 毫升,6.0 毫摩尔)。加完后,将反应混合物在 0 摄氏度下搅拌 5 小时,并用水(0.24 毫升)淬灭。然后,将 15%的氢氧化钠水溶液(0.24 毫升)加入,再加入 0.6 毫升水。将所得混合物在室温下进一步搅拌 15 分钟后,用无水硫酸镁干燥并过滤。将滤液在真空下浓缩,残余物用硅胶柱色谱法纯化(洗脱剂 10%的乙酸乙酯石油醚溶液),得到 7-甲酰基-3,4-二氢异喹啉-2(1H)-羧酸叔丁酯(700 毫克,70%),为黄色油状物。

[0395] MS(ESI)m/z:262[M+H⁺].

[0396] 2-丁氧基-7-((1,2,3,4-四氢异喹啉-7-基)甲基)-5 氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-4-胺的制备:

[0397] 步骤 F:根据实施例 22,步骤 E,F 的方法制得 2-丁氧基-7-((1,2,3,4-四氢异喹啉-7-基)甲基)-5 氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-4-胺甲酸盐。

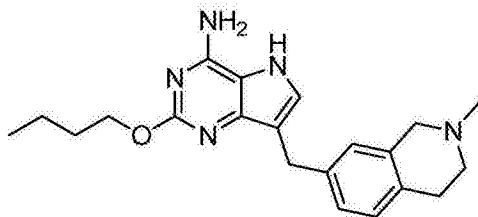
[0398] ¹HNMR(Methanol-d₄,400MHz): δ 8.49(s,2H),7.23-7.15(m,3H),7.10(s,1H),4.44(t,J=6.5Hz,2H),4.30(s,2H),3.98(s,2H),3.47(t,J=6.1Hz,2H),3.08(t,J=6.1Hz,2H),1.83-1.76(m,2H),1.55-1.49(m,2H),1.01(t,J=7.4Hz,3H)。

[0399] MS(ESI)m/z:352[M+H⁺].

[0400] 实施例 29

[0401] 2-丁氧基-7-((2-甲基-1,2,3,4-四氢异喹啉-7-基)甲基)-5 氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-4-胺

[0402]



[0403] 2-丁氧基-7-((2-甲基-1,2,3,4-四氢异喹啉-7-基)甲基)-5-氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-4-胺的制备可以2-丁氧基-7-((1,2,3,4-四氢异喹啉-7-基)甲基)-5-氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-4-胺为原料,按实施例25,步骤G方法制备。

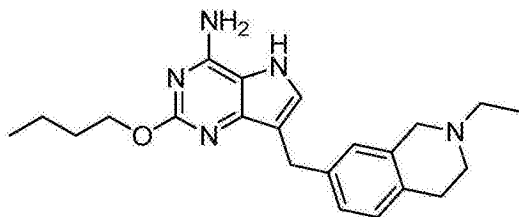
[0404] $^1\text{H NMR}$ (Methanol-d₄, 400MHz): δ 7.11-7.09 (m, 1H), 7.03-7.00 (m, 3H), 4.32 (t, J = 6.4Hz, 2H), 3.92 (s, 2H), 3.55 (s, 2H), 2.91-2.88 (m, 2H), 2.73-2.71 (m, 2H), 2.43 (s, 3H), 1.80-1.73 (m, 2H), 1.56-1.52 (m, 2H), 1.01 (t, J = 7.6Hz, 3H)。

[0405] MS(ESI)m/z: 366 [M+H⁺]。

[0406] 实施例30

[0407] 2-丁氧基-7-((2-乙基-1,2,3,4-四氢异喹啉-7-基)甲基)-5-氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-4-胺

[0408]



[0409] 以2-丁氧基-7-((1,2,3,4-四氢异喹啉-7-基)甲基)-5-氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-4-胺为原料,按实施例25,步骤G的方法制得2-丁氧基-7-((2-乙基-1,2,3,4-四氢异喹啉-7-基)甲基)-5-氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-4-胺甲酸盐。

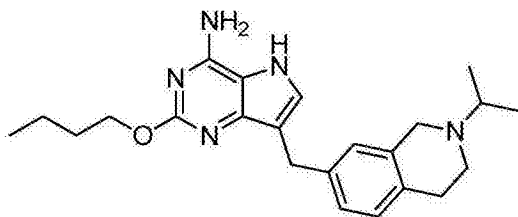
[0410] $^1\text{H NMR}$ (Methanol-d₄, 400MHz): δ 8.43 (s, 2H), 7.25-7.18 (m, 3H), 7.10 (s, 1H), 4.45 (t, J = 6.4Hz, 2H), 4.34 (s, 2H), 3.99 (s, 2H), 3.51 (t, J = 6.0Hz, 2H), 3.32-3.26 (m, 2H), 3.15 (t, J = 6.0Hz, 2H), 1.84-1.77 (m, 2H), 1.58-1.48 (m, 2H), 1.42 (t, J = 8.0Hz, 3H), 1.01 (t, J = 6.0Hz, 3H)。

[0411] MS(ESI)m/z: 380 [M+H⁺]。

[0412] 实施例31

[0413] 2-丁氧基-7-((2-异丙基-1,2,3,4-四氢异喹啉-7-基)甲基)-5-氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-4-胺

[0414]



[0415] 2-丁氧基-7-((2-异丙基-1,2,3,4-四氢异喹啉-7-基)甲基)-5-氢-吡咯并

[3, 2-d] 嘧啶 -4- 胺的制备可以 2- 丁氧基 -7-((1, 2, 3, 4- 四氢异喹啉 -7- 基) 甲基) -5 氢 - 吡咯并 [3, 2-d] 嘧啶 -4- 胺为原料, 按实施例 25, 步骤 G 的方法制备。

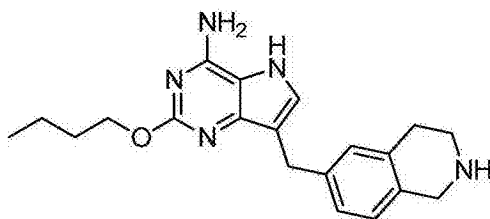
[0416] $^1\text{H NMR}$ (Methanol - d_4 , 400MHz): δ 7.10-7.08 (m, 1H), 7.03-7.00 (m, 3H), 4.32 (t, $J = 6.4\text{Hz}$, 2H), 3.93 (s, 2H), 3.70 (s, 2H), 2.90-2.86 (m, 3H), 2.83-2.80 (m, 2H), 1.80-1.73 (m, 2H), 1.56-1.50 (m, 2H), 1.17 (d, $J = 6.4\text{Hz}$, 6H), 1.01 (t, $J = 7.6\text{Hz}$, 3H)。

[0417] MS (ESI) m/z : 394 $[\text{M}+\text{H}^+]$ 。

[0418] 实施例 32

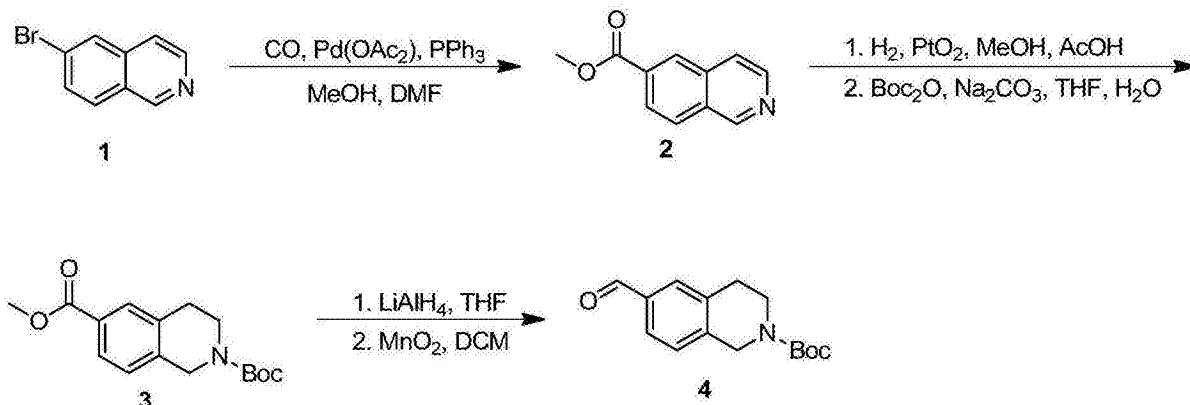
[0419] 2- 丁氧基 -7-((1, 2, 3, 4- 四氢异喹啉 -6- 基) 甲基) -5 氢 - 吡咯并 [3, 2-d] 嘧啶 -4- 胺

[0420]



[0421] N-叔丁氧羰基 1, 2, 3, 4- 四氢异喹啉 -6- 甲醛的制备路线:

[0422]



[0423] 步骤 A: 向 6- 溴异喹啉 (10 克, 48 毫摩尔) 的 N, N- 二甲基甲酰胺 / 甲醇 (V/V = 1/1) (200 毫升) 混合溶液中加入乙酸钠 (5.0 克, 61 毫摩尔), 三苯基膦 (3.0 克, 11.4 毫摩尔), 和醋酸钯 (2.8 克, 12 毫摩尔)。混合物在高压釜中通入 300 千帕的一氧化碳, 并加热至 100 摄氏度。搅拌 15 小时后, 通过 LC-MS 判定反应完成, 其反应物通过过滤硅藻土 (用乙酸乙酯洗脱)。将所得混合物浓缩, 在减压下将残余物通过硅胶柱色谱纯化 (洗脱剂: 石油醚 / 乙酸乙酯 = 5/1)。得到异喹啉 -6- 羧酸甲酯 (8.9 克, 收率 :98%)。

[0424] MS (ESI) m/z : 188 $[\text{M}+\text{H}^+]$ 。

[0425] 步骤 B: 在氮气保护下向搅拌的异喹啉 -6- 羧酸甲酯的 (10 克, 53.5 毫摩尔) 的甲醇 (100 毫升) 溶液中加乙酸 (2 毫升) 和 PtO_2 (200 毫克)。该混合物在氢气气氛中, 在 40 摄氏度下搅拌反应 3 小时, 然后将催化剂通过硅藻土过滤掉, 并在真空下浓缩, 得到 1, 2, 3, 4- 四氢异喹啉 -6- 羧酸甲酯 (9 克, 收率 :88%) 无需进一步纯化。

[0426] MS (ESI) m/z : 192 $[\text{M}+\text{H}^+]$ 。

[0427] 步骤 C: N-叔丁氧羰基 1, 2, 3, 4- 四氢异喹啉 -6- 羧酸甲酯按照实施例 25, 步骤 C

的方法制备。

[0428] MS(ESI)m/z:292[M+H⁺]

[0429] 步骤D:N-叔丁氧羰基1,2,3,4-四氢异喹啉-6-甲醛按照实施例22,步骤C,D的方法制备。

[0430] MS(ESI)m/z:262[M+H⁺]

[0431] 2-丁氧基-7-((1,2,3,4-四氢异喹啉-6-基)甲基)-5-氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-4-胺的制备:

[0432] 步骤E:2-丁氧基-7-((1,2,3,4-四氢异喹啉-6-基)甲基)-5-氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-4-胺是根据实施例22,步骤E,F的方法制备。

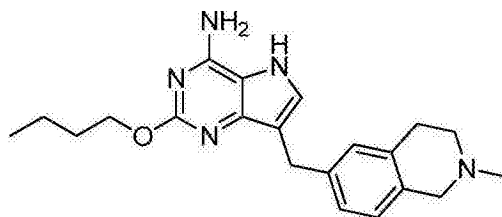
[0433] ¹HNMR(Methanol-d₄,400MHz): δ 7.12-7.09(m,1H),7.08(s,1H),7.04(s,1H),6.96(d,J=7.6Hz,1H),4.32(t,J=7.4Hz,2H),3.98(s,2H),3.93(s,2H),3.13(t,J=6.2Hz,2H),2.85-2.82(m,2H),1.79-1.73(m,2H),1.58-1.48(m,2H),1.01(s,3H)。

[0434] MS(ESI)m/z:352[M+H⁺]

[0435] 实施例33

[0436] 2-丁氧基-7-((2-甲基-1,2,3,4-四氢异喹啉-6-基)甲基)-5-氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-4-胺

[0437]



[0438] 2-丁氧基-7-((2-甲基-1,2,3,4-四氢异喹啉-6-基)甲基)-5-氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-4-胺可以2-丁氧基-7-((1,2,3,4-四氢异喹啉-6-基)甲基)-5-氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-4-胺为原料,按实施例25,步骤G的方法制备。

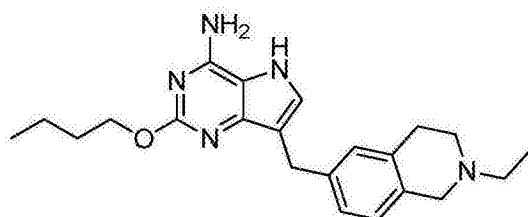
[0439] ¹HNMR(Methanol-d₄,400MHz): δ 7.10-7.09(m,2H),7.03(s,1H),6.96(d,J=8.4Hz,1H),4.32(t,J=6.6Hz,2H),3.93(s,2H),3.60(s,2H),2.92-2.89(m,2H),2.77-2.74(m,2H),2.46(s,3H),1.81-1.73(m,2H),1.58-1.48(m,2H),1.01(t,J=7.4Hz,3H)。

[0440] MS(ESI)m/z:366[M+H⁺]

[0441] 实施例34

[0442] 2-丁氧基-7-((2-乙基-1,2,3,4-四氢异喹啉-6-基)甲基)-5-氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-4-胺

[0443]



[0444] 2-丁氧基-7-((2-乙基-1,2,3,4-四氢异喹啉-6-基)甲基)-5-氢-吡咯并

[3, 2-d] 嘧啶-4-胺可以 2-丁氧基-7-((1, 2, 3, 4-四氢异喹啉-6-基)甲基)-5-氢-吡咯并 [3, 2-d] 嘧啶-4-胺为原料, 按实施例 25, 步骤 G 的方法制备。

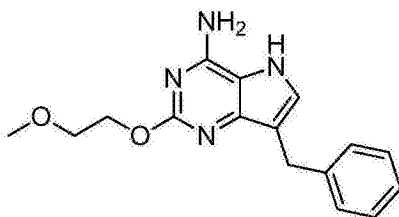
[0445] $^1\text{H NMR}$ (Methanol-d₄, 400MHz): δ 7.11-7.08 (m, 2H), 7.03 (s, 1H), 6.97 (d, J = 8.0Hz, 1H), 4.32 (t, J = 6.6Hz, 2H), 3.94 (s, 2H), 3.63 (s, 2H), 2.93-2.88 (m, 2H), 2.79-2.76 (m, 2H), 2.65-2.60 (m, 2H), 1.79-1.75 (m, 2H), 1.56-1.52 (m, 2H), 1.21 (t, J = 7.2Hz, 3H), 1.01 (t, J = 7.2Hz, 3H)。

[0446] MS (ESI) m/z: 380 [M+H⁺]。

[0447] 实施例 35

[0448] 7-苄基-2-(2-甲氧基乙氧基)-5-氢-吡咯并 [3, 2-d] 嘧啶-4-胺

[0449]



[0450] 步骤 A: (4-氨基-2-(2-甲氧基乙氧基)-5-((2-(三甲基硅基乙基)-5-氢-吡咯 [3, 2-d] 嘧啶-7-基)(苯基)甲醇是按实施例 1, 步骤 C, D, E 的方法制备。

[0451] MS (ESI) m/z: 445 [M+H⁺]。

[0452] 步骤 B: 按实施例 1 步骤 G 的方法制得 7-苄基-2-(2-甲氧基乙氧基)-5-氢-吡咯并 [3, 2-d] 嘧啶-4-胺甲酸盐。

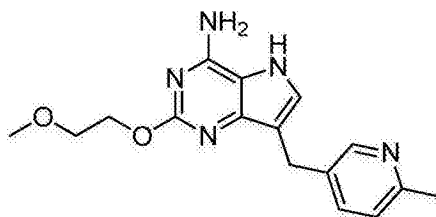
[0453] $^1\text{H NMR}$ (Methanol-d₄, 400MHz): δ 8.39 (s, 1H), 7.29-7.19 (m, 6H), 4.61-4.58 (m, 2H), 4.00 (s, 1H), 3.79-3.76 (m, 2H), 3.42 (s, 3H)。

[0454] MS (ESI) m/z: 299 [M+H⁺]。

[0455] 实施例 36

[0456] 2-(2-甲氧基乙氧基)-7-((6-甲基吡啶-3-基)甲基)-5-氢-吡咯并 [3, 2-d] 嘧啶-4-胺

[0457]



[0458] 按实施例 35, 步骤 A, B 的方法制得 2-(2-甲氧基乙氧基)-7-((6-甲基吡啶-3-基)甲基)-5-氢-吡咯并 [3, 2-d] 嘧啶-4-胺甲酸盐。

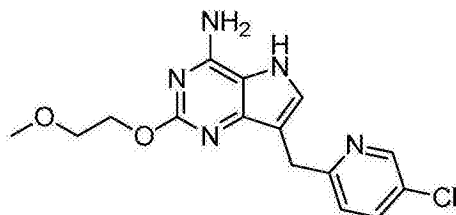
[0459] $^1\text{H NMR}$ (Methanol-d₄, 400MHz): δ 8.34 (s, 3H), 7.66 (dd, J = 2.4Hz/J = 8.0Hz, 1H), 7.31 (s, 1H), 7.24 (d, J = 8.0Hz, 1H), 4.57-4.55 (m, 2H), 4.01 (s, 2H), 3.77-3.75 (m, 2H), 3.41 (s, 3H), 2.51 (s, 3H)。

[0460] MS (ESI) m/z: 314 [M+H⁺]。

[0461] 实施例 37

[0462] 7-((5-氯吡啶-2-基)甲基)-2-(2-甲氧基乙氧基)-5-氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-4-胺

[0463]



[0464] 按实施例 35, 步骤 A, B 的方法制得 7-((5-氯吡啶-2-基)甲基)-2-(2-甲氧基乙氧基)-5H-吡咯并[3,2-d]嘧啶-4-胺甲酸盐。

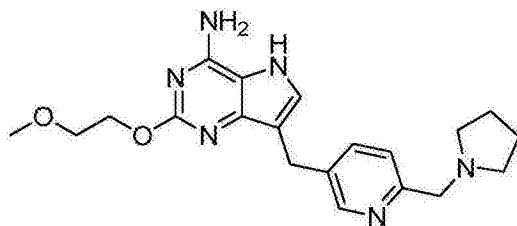
[0465] $^1\text{H NMR}$ (Methanol- d_4 , 400MHz): δ 8.45 (s, 1H), 8.40 (s, 1H), 7.77 (dd, $J = 2.4\text{Hz}/J = 8.0\text{Hz}$, 1H), 7.38 (d, $J = 8.0\text{Hz}$, 1H), 7.32 (s, 1H), 4.52 (t, $J = 4.0\text{Hz}$, 2H), 4.17 (s, 2H), 3.75 (t, $J = 4.0\text{Hz}$, 2H), 3.42 (s, 3H)。

[0466] MS (ESI) m/z : 334 $[\text{M}+\text{H}^+]$ 。

[0467] 实施例 38

[0468] 2-(2-甲氧基乙氧基)-7-((6-(吡咯烷-1-基甲基)吡啶-3-基)甲基)-5-氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-4-胺

[0469]



[0470] 按实施例 35, 步骤 A, B 的方法制得 2-(2-甲氧基乙氧基)-7-((6-(吡咯烷-1-基甲基)吡啶-3-基)甲基)-5-氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-4-胺甲酸盐。

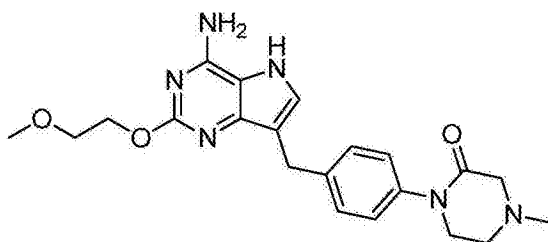
[0471] $^1\text{H NMR}$ (Methanol- d_4 , 400MHz): δ 8.62 (s, 1H), 8.41 (s, 2H), 7.79-7.76 (m, 1H), 7.36 (d, $J = 8.4\text{Hz}$, 1H), 7.28 (s, 1H), 4.49-4.44 (m, 4H), 4.05 (s, 2H), 3.74-3.72 (m, 2H), 3.39 (s, 3H), 3.33-3.30 (m, 4H), 2.10-2.07 (m, 4H)。

[0472] MS (ESI) m/z : 383 $[\text{M}+\text{H}^+]$ 。

[0473] 实施例 39

[0474] 1-(4-((4-氨基-2-(2-甲氧基乙氧基)-5-氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-7-基)甲基)苯基)-4-甲基哌嗪-2-酮

[0475]



[0476] 1-(4-((4-氨基-2-(2-甲氧基乙氧基)-5-氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-7-基)甲基)苯基)-4-甲基哌嗪-2-酮

基)苯基)-4-甲基哌嗪-2-酮是按实施例 35, 步骤 A, B 的方法制备。

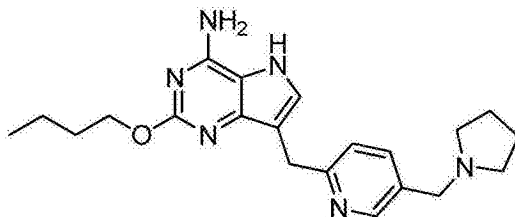
[0477] $^1\text{H NMR}$ (Methanol - d_4 , 400MHz): δ 7.35 (s, 1H), 7.31 (d, $J = 8.4\text{Hz}$, 2H), 7.22 (d, $J = 8.4\text{Hz}$, 2H), 4.65-4.62 (m, 2H), 4.01 (s, 2H), 3.77-3.76 (m, 2H), 3.70-3.67 (m, 2H), 3.35 (s, 3H), 3.32-3.28 (m, 2H), 2.90-2.88 (m, 2H), 2.45 (s, 3H)。

[0478] MS (ESI) m/z : 411 $[\text{M}+\text{H}^+]$ 。

[0479] 实施例 40

[0480] 2-丁氧基-7-((5-(吡咯烷-1-基甲基)吡啶-2-基)甲基)-5-氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-4-胺

[0481]



[0482] 根据实施例 22 的流程制得 2-丁氧基-7-((5-(吡咯烷-1-基甲基)吡啶-2-基)甲基)-5-氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-4-胺甲酸盐。

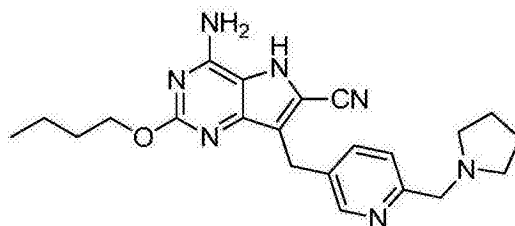
[0483] $^1\text{H NMR}$ (Methanol - d_4 , 400MHz): δ 8.61 (s, 1H), 8.46 (brs, 2H), 7.91 (d, $J = 8.0\text{Hz}$, 1H), 7.47 (d, $J = 7.6\text{Hz}$, 1H), 7.37 (s, 1H), 4.44 (t, $J = 6.4\text{Hz}$, 2H), 4.35 (s, 2H), 4.22 (s, 2H), 3.33-3.27 (m, 4H), 2.09-2.06 (m, 4H), 1.83-1.76 (m, 2H), 1.57-1.50 (m, 2H), 1.01 (t, $J = 7.6\text{Hz}$, 3H)。

[0484] MS (ESI) m/z : 381 $[\text{M}+\text{H}^+]$ 。

[0485] 实施例 41

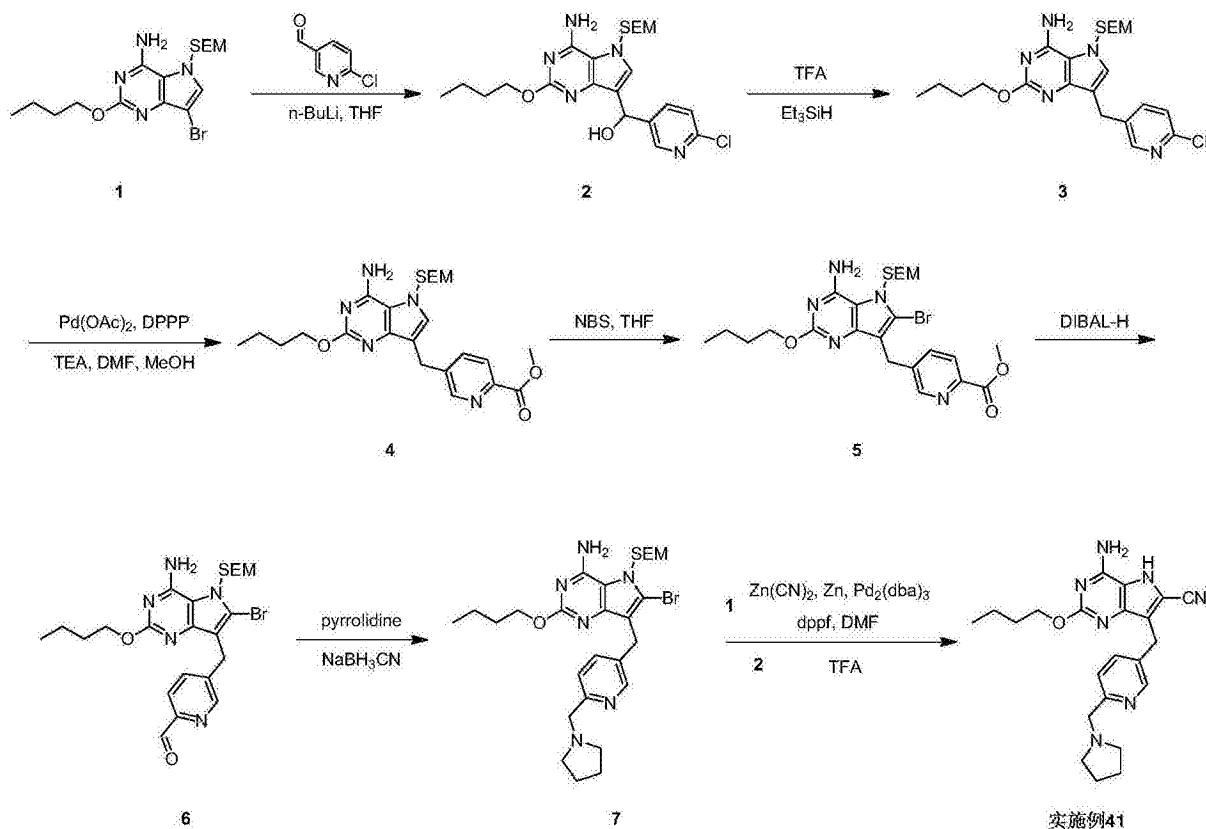
[0486] 4-氨基-2-丁氧基-7-((6-(吡咯烷-1-基甲基)吡啶-3-基)甲基)-5-氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-6-甲腈

[0487]



[0488] 实施例 41 流程:

[0489]



[0490] 实施例 41 流程

[0491] 步骤 A: 在氮气氛围下, -78°C , 向 7-溴-2-丁氧基-5-((2-(三甲基甲硅烷基)乙氧基)甲基)-5-氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-4-胺 (10.00 克, 24.07 毫摩尔) 的无水四氢呋喃 (200 毫升) 溶液中加入 *n*-BuLi (6.17 克, 96.28 毫摩尔)。将混合物在 -78°C 下搅拌 1 小时。然后将 6-氯烟醛 (10.22 克, 72.21 毫摩尔) 的四氢呋喃 (200 毫升) 溶液逐滴加入。将反应混合物在 -78°C 下再搅拌 1 小时, 慢慢地倒入水 (150 毫升) 中, 在室温下搅拌 20 分钟, 然后用乙酸乙酯 (100 毫升 \times 3) 萃取。将合并的有机相用饱和盐水 (50 毫升 \times 2) 洗涤, 经无水硫酸钠干燥, 过滤并真空浓缩。残余物通过硅胶色谱法纯化 (洗脱机: 石油醚/乙酸乙酯 = 5/1 到 1/3), 得到 (4-氨基-2-丁氧基-5-((2-(三甲基甲硅烷基)乙氧基)甲基)-5-氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-7-基)(6-氯吡啶-3-基)甲醇 (5.00 克, 43.45%), 为黄色固体。

[0492] $^1\text{H NMR}$ (400 MHz, CHLOROFORM-*d*) δ 8.52 (d, $J = 2.3\text{ Hz}$, 1H), 7.87 (dd, $J = 2.4, 8.2\text{ Hz}$, 1H), 7.34 (d, $J = 8.0\text{ Hz}$, 1H), 6.65 (s, 1H), 6.14 (s, 1H), 5.97 (br. s., 2H), 5.39-5.26 (m, 2H), 4.31 (t, $J = 6.7\text{ Hz}$, 2H), 3.62-3.49 (m, 2H), 1.86-1.71 (m, 2H), 1.51 (qd, $J = 7.5, 14.9\text{ Hz}$, 2H), 1.28 (t, $J = 7.2\text{ Hz}$, 1H), 1.06-0.87 (m, 5H), 0.00 (s, 9H)。

[0493] MS (ESI) m/z : 478 $[\text{M}+\text{H}^+]$ 。

[0494] 步骤 B: 在室温下, 向 (4-氨基-2-丁氧基-5-((2-(三甲基甲硅烷基)乙氧基)甲基)-5-氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-7-基)(6-氯吡啶-3-基)甲醇 (5.00 克, 10.46 毫摩尔) 的三氟乙酸 (50 毫升) 溶液中分批加入三乙基硅烷 (6.08 克, 52.30 毫摩尔)。将反应混合物在环境温度下搅拌 24 小时, 倒入碳酸氢钠饱和水溶液 (150 毫升), 并进一步搅拌 20 分钟, 然后用乙酸乙酯 (100 毫升 \times 3) 萃取。将合并的有机相用盐水 (20 毫升 \times 2) 洗

涤,经无水硫酸钠干燥,过滤并真空浓缩。残余物通过硅胶色谱法(洗脱剂:石油醚/乙酸乙酯=3/1)纯化,得到2-丁氧基-7-((6-氯吡啶-3-基)甲基)-5-((2-(三甲基甲硅烷基)乙氧基)甲基)-5-氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-4-胺(2.30克,47.59%),为黄色固体。

[0495] $^1\text{H NMR}$ (300MHz, CHLOROFORM-d) δ 8.52 (d, $J = 2.3\text{Hz}$, 1H), 7.88 (dd, $J = 2.4, 8.1\text{Hz}$, 1H), 7.35 (d, $J = 8.3\text{Hz}$, 1H), 6.64 (s, 1H), 6.14 (s, 1H), 5.89 (br. s., 2H), 5.40-5.23 (m, 2H), 4.31 (t, $J = 6.6\text{Hz}$, 2H), 3.66-3.47 (m, 2H), 1.88-1.70 (m, 2H), 1.60-1.46 (m, 2H), 1.07-0.82 (m, 5H), 0.00 (s, 9H)。

[0496] MS (ESI) m/z : 462 $[\text{M}+\text{H}^+]$ 。

[0497] 步骤C:向2-丁氧基-7-((6-氯吡啶-3-基)甲基)-5-((2-(三甲基甲硅烷基)乙氧基)甲基)-5-氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-4-胺(2.30克,4.98毫摩尔)的N,N二甲基甲酰胺(15毫升)溶液中加入醋酸钨(111.75毫克,0.5毫摩尔),1,3-双二苯基膦丙烷(205.30毫克,0.5毫摩尔),三乙胺(1.51克,14.93毫摩尔)和甲醇(797.43毫克,24.89毫摩尔)。将悬浮液抽真空,充一氧化碳数次。将混合物加热到100摄氏度在一氧化碳气氛(3兆帕)下搅拌24小时。薄层色谱板(展开剂:石油醚/乙酸乙酯=1/1)检测显示原料完全消耗。过滤不溶物,并浓缩。将粗产物经硅胶色谱法纯化(洗脱剂:用石油醚/乙酸乙酯=1/1),得到5-((4-氨基-2-丁氧基-5-((2-(三甲基甲硅烷基)乙氧基)甲基)-5-氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-7-基)甲基)吡啶甲酸甲酯(1.10克,45.48%),为黄色固体。

[0498] $^1\text{H NMR}$ (400MHz, CHLOROFORM-d) δ 8.76 (d, $J = 1.8\text{Hz}$, 1H), 8.06 (d, $J = 8.0\text{Hz}$, 1H), 7.85 (dd, $J = 2.0, 8.0\text{Hz}$, 1H), 6.82 (s, 1H), 5.71 (br. s., 2H), 5.35 (s, 2H), 4.33 (t, $J = 6.5\text{Hz}$, 2H), 4.19-4.08 (m, 3H), 4.00 (s, 3H), 3.60-3.51 (m, 2H), 1.85-1.74 (m, 2H), 1.53 (qd, $J = 7.4, 15.0\text{Hz}$, 2H), 1.28 (t, $J = 7.2\text{Hz}$, 2H), 1.02-0.90 (m, 5H), 0.00 (s, 9H)。

[0499] MS (ESI) m/z : 486 $[\text{M}+\text{H}^+]$ 。

[0500] 步骤D:低于0摄氏度下向5-((4-氨基-2-丁氧基-5-((2-(三甲基甲硅烷基)乙氧基)甲基)-5-氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-7-基)甲基)吡啶甲酸甲酯(800.00毫克,1.65毫摩尔)的四氢呋喃(10毫升)溶液中分批加入溴代丁二酰胺(293.18毫克,1.65毫摩尔)。将反应混合物在0摄氏度下搅拌1小时,用水(30毫升)稀释并用二氯甲烷(20毫升 \times 2)萃取。将合并的有机相用硫酸镁干燥并在真空下浓缩。残余物通过制备薄层色谱板纯化,得到甲基5-((4-氨基-6-溴-2-丁氧基-5-((2-(三甲基甲硅烷基)乙氧基)甲基)-5-氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-7-基)甲基)吡啶甲酸甲酯(160.00毫克,17.18%),为黄色固体。

[0501] $^1\text{H NMR}$ (400MHz, CHLOROFORM-d) δ 8.83 (s, 1H), 8.03 (d, $J = 8.0\text{Hz}$, 1H), 7.86 (d, $J = 8.0\text{Hz}$, 1H), 5.85 (br. s., 2H), 5.55 (s, 2H), 4.34 (t, $J = 6.5\text{Hz}$, 2H), 4.10 (s, 2H), 4.00 (s, 3H), 3.71-3.60 (m, 2H), 1.84-1.72 (m, 4H), 1.59-1.47 (m, 2H), 0.98 (q, $J = 7.8\text{Hz}$, 5H), 0.01 (s, 9H)。

[0502] MS (ESI) m/z : 565, 567 $[\text{M}+\text{H}^+]$ 。

[0503] 步骤E:在氮气氛下,-78摄氏度中向搅拌的5-((4-氨基-6-溴-2-丁氧基-5-((2-(三甲基甲硅烷基)乙氧基)甲基)-5-氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-7-基)甲基)吡啶甲酸甲酯(150.00毫克,0.266毫摩尔)的无水四氢呋喃(8毫升)溶液中滴加入二异

丁基氢化铝 (56.28 毫克, 0.396 毫摩尔), 加完后, 该反应混合物在 -78 摄氏度下搅拌 1 小时。用甲醇 (5 毫升) 淬灭, 用水稀释 (20 毫升), 并用乙酸乙酯 (30 毫升 × 2) 萃取。合并的有机层在真空下浓缩至干, 得到约 150 毫克粗品 5-((4-氨基-6-溴-2-丁氧基-5-((2-(三甲基甲硅烷基)乙氧基)甲基)-5-氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-7-基)甲基)吡啶醛, 无需进一步纯化。

[0504] $^1\text{H NMR}$ (400MHz, CHLOROFORM-d) δ 10.05 (s, 1H), 8.87 (s, 1H), 7.96-7.80 (m, 2H), 5.72 (br. s, 2H), 5.56 (s, 2H), 4.34 (t, J = 6.5Hz, 2H), 4.12 (s, 2H), 3.71-3.62 (m, 2H), 1.84-1.72 (m, 2H), 1.56-1.48 (m, 2H), 1.06-0.81 (m, 5H), 0.01 (s, 9H)。

[0505] MS (ESI) m/z: 535, 537 [M+H⁺]。

[0506] 步骤 F: 往混合物 5-((4-氨基-6-溴-2-丁氧基-5-((2-(三甲基甲硅烷基)乙氧基)甲基)-5-氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-7-基)甲基)吡啶醛 (150.00 毫克, 0.281 毫摩尔), 吡咯烷 (29.94 毫克, 0.421 毫摩尔), 乙酸 (0.2 毫升) 的四氢呋喃 (5 毫升) 溶液加入氰基硼氢化钠 (35.27 毫克, 0.561 毫摩尔) 并在室温下搅拌 12 小时。然后倒入冰/水 (体积比 = 1/1, 15 毫升) 混合物中搅拌 20 分钟, 并用乙酸乙酯 (40 毫升 × 3) 萃取。用盐水 (20 毫升 × 2) 洗涤合并的有机相, 用无水硫酸钠干燥, 过滤并在减压浓缩。残余物通过制备型 HPLC 纯化, 得到 150 毫克的 6-溴-2-丁氧基-7-((6-(吡咯烷-1-基甲基)吡啶-3-基)甲基)-5-((2-(三甲基甲硅烷基)乙氧基)甲基)-5-氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-4-胺, 为黄色固体。

[0507] MS (ESI) m/z: 589, 591 [M+H⁺]。

[0508] 步骤 G: 将 6-溴-2-丁氧基-7-((6-(吡咯烷-1-基甲基)吡啶-3-基)甲基)-5-((2-(三甲基硅基)乙氧基)甲基)-5-氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-4-胺 (150.00 毫克, 254.39 微摩尔), Pd₂(dba)₃ (23.30 毫克, 25.44 微摩尔), 1,1'-双(二苯基膦)二茂铁 (14.10 毫克, 25.44 微摩尔), 二氧化锌 (59.74 毫克, 508.78 微摩尔) 和锌 (33.27 毫克, 508.78 微摩尔) 加到无水 N,N-二甲基甲酰胺 (2 毫升) 中, 置换氮气, 然后在氮气气氛下加热到 110 摄氏度 3 小时。冷却后, 该混合物用水稀释 (30 毫升), 并用乙酸乙酯 (25 毫升 × 3) 萃取。将合并的有机相用盐水 (30 毫升) 洗涤, 经无水硫酸钠干燥并在真空下浓缩, 残余物用制备 TLC 纯化, 得到 4-氨基-2-丁氧基-7-((6-(吡咯烷-1-基甲基)吡啶-3-基)甲基)-5-((2-(三甲基甲硅烷基)乙氧基)甲基)-5-氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-6-甲腈 (120 毫克, 88.05%)

[0509] MS (ESI) m/z: 536 [M+H⁺]。

[0510] 步骤 H: 搅拌的 4-氨基-2-丁氧基-7-((6-(吡咯烷-1-基甲基)吡啶-3-基)甲基)-5-((2-(三甲基甲硅烷基)乙氧基)甲基)-5-氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-6-甲腈 (120 毫克, 0.224 毫摩尔) 的三氟乙酸 (5 毫升) 溶液在 20 摄氏度下搅拌 12 小时, 然后在真空下浓缩至干, 残余物通过制备型 HPLC 纯化, 得到 8.7 毫克的 4-氨基-2-丁氧基-7-((6-(吡咯烷-1-基甲基)吡啶-3-基)甲基)-5-氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-6-甲腈。

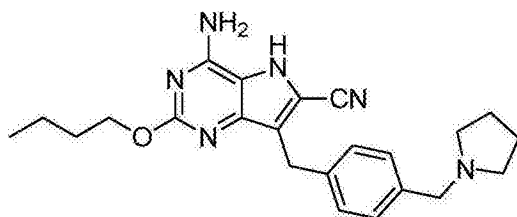
[0511] $^1\text{H NMR}$ (Methanol-d₄, 400MHz): δ 8.52 (s, 1H), 7.79 (d, J = 8.0Hz, 1H), 7.43 (d, J = 8.0Hz, 1H), 4.33 (t, J = 6.8Hz, 2H), 4.17 (s, 2H), 3.76 (s, 2H), 2.61 (s, 4H), 1.82-1.72 (m, 6H), 1.54-1.49 (m, 2H), 1.02-0.99 (t, J = 7.2Hz, 3H)。

[0512] MS (ESI) m/z: 406 [M+H⁺]。

[0513] 实施例 42

[0514] 4-氨基-2-丁氧基-7-(4-(吡咯烷-1-基甲基)苄基)-5-氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-6-甲腈

[0515]



[0516] 4-氨基-2-丁氧基-7-(4-(吡咯烷-1-基甲基)苄基)-5-氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-6-甲腈按照实施例 41 的流程制备,具体步骤见实施例 41 步骤 A, B, C, D, E, F, G, H。

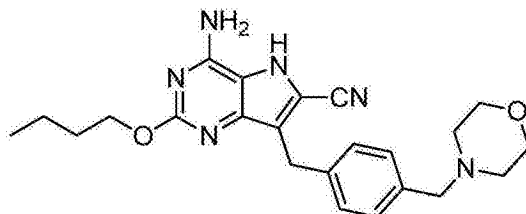
[0517] $^1\text{H NMR}$ (Methanol- d_4 , 400MHz): δ 7.34-7.32 (d, $J = 8.4\text{Hz}$, 2H), 7.26-7.24 (d, $J = 8.4\text{Hz}$, 2H), 4.36-4.33 (t, $J = 6.8\text{Hz}$, 2H), 4.13 (s, 2H), 3.62 (s, 2H), 2.57 (brs, 4H), 1.82-1.77 (m, 6H), 1.52-1.49 (m, 2H), 1.00 (t, $J = 7.2\text{Hz}$, 3H)。

[0518] MS (ESI) m/z : 405 $[\text{M}+\text{H}^+]$ 。

[0519] 实施例 43

[0520] 4-氨基-2-丁氧基-7-(4-(吗啉代甲基)苄基)-5-氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-6-甲腈

[0521]



[0522] 4-氨基-2-丁氧基-7-(4-(吗啉代甲基)苄基)-5-氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-6-甲腈盐酸盐按照实施例 41 的流程制备,具体步骤见实施例 41 步骤 A, B, C, D, E, F, G, H。

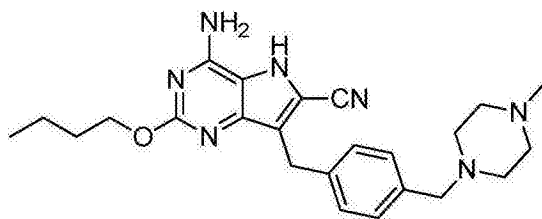
[0523] $^1\text{H NMR}$ (Methanol- d_4 , 400MHz): δ : 7.55 (d, $J = 7.8\text{Hz}$, 2H), 7.43 (d, $J = 7.8\text{Hz}$, 2H), 4.60 (t, $J = 6.5\text{Hz}$, 2H), 4.38 (s, 2H), 4.23 (s, 2H), 4.06-4.02 (m, 2H), 3.80-3.73 (m, 2H), 3.47-3.35 (m, 2H), 3.28-3.14 (m, 2H), 1.89-1.82 (m, 2H), 1.59-1.51 (m, 2H), 1.03 (t, $J = 7.4\text{Hz}$, 3H)。

[0524] LCMS (ESI) m/z : 421 $[\text{M}+\text{H}^+]$ 。

[0525] 实施例 44

[0526] 4-氨基-2-丁氧基-7-(4-((4-甲基哌嗪-1-基)甲基)苄基)-5-氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-6-甲腈

[0527]



[0528] 4-氨基-2-丁氧基-7-(4-((4-甲基哌嗪-1-基)甲基)苄基)-5-氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-6-甲腈盐酸盐按照实施例41的流程制备,具体步骤见实施例41步骤A,B,C,D,E,F,G,H。

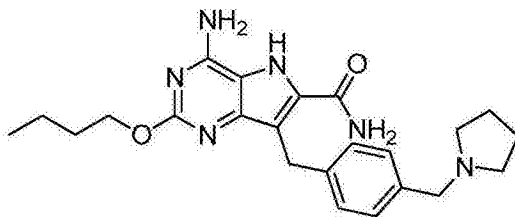
[0529] $^1\text{H NMR}$ (Methanol- d_4 , 400MHz): δ : 7.61 (d, $J = 7.8\text{Hz}$, 2H), 7.42 (d, $J = 7.8\text{Hz}$, 2H), 4.60 (t, $J = 6.5\text{Hz}$, 2H), 4.47 (s, 2H), 4.23 (s, 2H), 3.89-3.45 (m, 8H), 3.02 (s, 3H), 1.92-1.80 (m, 2H), 1.61-1.44 (m, 2H), 1.03 (t, $J = 7.3\text{Hz}$, 3H)。

[0530] LCMS (ESI) m/z : 434 $[\text{M}+\text{H}^+]$ 。

[0531] 实施例45

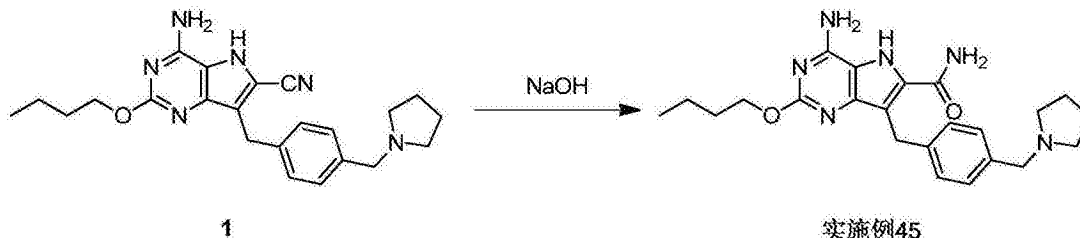
[0532] 4-氨基-2-丁氧基-7-(4-(吡咯烷-1-基甲基)苄基)-5-氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-6-甲酰胺

[0533]



[0534] 实施例45制备流程:

[0535]



[0536] 步骤A:将4-氨基-2-丁氧基-7-(4-(吡咯烷-1-基甲基)苄基)-5-氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-6-甲腈(90毫克,0.22毫摩尔)和氢氧化钠(34毫克,0.85毫摩尔)溶于甲醇(10毫升)和水(10毫升)的混合物溶剂,在80摄氏度下搅拌12小时。冷却后,用水(10毫升)稀释,并用乙酸乙酯(15毫升 \times 2)萃取。将合并的有机层,在真空下浓缩至干,然后通过制备型HPLC纯化,得到10毫克的4-氨基-2-丁氧基-7-(4-(吡咯烷-1-基甲基)苄基)-5-氢-吡咯并[3,2-d]嘧啶-6-甲酰胺。

[0537] $^1\text{H NMR}$ (Methanol- d_4 , 400MHz): δ 7.46 (d, $J = 8.0\text{Hz}$, 2H), 7.32 (d, $J = 8.0\text{Hz}$, 2H), 4.58 (t, $J = 6.4\text{Hz}$, 2H), 4.39 (s, 2H), 4.34 (s, 2H), 3.34-3.32 (m, 2H), 3.18-3.16 (m, 2H), 2.17-2.16 (m, 2H), 2.03-2.00 (m, 2H), 1.86-1.82 (m, 2H), 1.56-1.50 (m, 2H), 1.02 (t, $J = 7.2\text{Hz}$, 3H)。

[0538] MS (ESI) m/z : 423 $[\text{M}+\text{H}^+]$ 。

[0539] 实验例 1 :To11 样受体 7 体外受体结合活性筛选方案

[0540] 试剂 :

[0541] HEK-blue hTLR7 细胞和 HEK-blue hTLR8 细胞 (来源于 InvivoGen 公司)

[0542] DMEM 培养基

[0543] 热灭活胎牛血清

[0544] 抗支原体试剂 Normocin™

[0545] 博来霉素

[0546] 杀稻瘟菌素

[0547] 方案 :

[0548] 1. 96 孔化合物板的准备 : 利用液体工作站 POD 将化合物从 10 毫摩尔 / 升浓度起始, 用 DMSO 做 3 倍梯度稀释, 共稀释 10 个点 (从第 2 列到底 11 列, 每个点 2 个重复)。在第 12 列加入 1 微升 5 毫克 / 毫升的阳性化合物 R848 作为阳性对照, 在第 1 列加入 1 微升 DMSO 作为阴性对照。每孔中含有的 DMSO 体积都是 1 微升。

[0549] 2. 收取细胞培养瓶中的细胞, 将细胞密度稀释成 250,000 个细胞 / 毫升。

[0550] 3. 加入 200 微升 (50,000 个细胞 / 孔) 细胞悬液至准备好的化合物板中。每孔中 DMSO 终浓度为 0.5%。

[0551] 4. 将含有细胞和化合物的培养板放入 CO₂ 培养箱中培养 24 小时, 培养条件为 37 度, 5% CO₂ 浓度。

[0552] 5. 培养 24 小时后, 从细胞培养板中每孔取出 20 微升上清液转移到一块 96 孔透明检测板中。然后往检测板中每孔加入 180 微升 Quanti-Blue 试剂, 并置于 37 度, 5% CO₂ 培养箱孵育 1 小时。

[0553] 6. 1 小时后, 用酶标仪 OD650 读板检测 20 微升上清液中碱性磷酸酶的含量。

[0554] 7. 利用 Prism 软件分析数据, 得出各化合物的 EC₅₀。

[0555] 实验结果如表 1 所示 :

[0556] 表 1

[0557]

化合物	EC ₅₀	化合物	EC ₅₀	化合物	EC ₅₀
实施例 1	C	实施例 16	B	实施例 31	B
实施例 2	C	实施例 17	B	实施例 32	B
实施例 3	C	实施例 18	B	实施例 33	B
实施例 4	B	实施例 19	B	实施例 34	B
实施例 5	C	实施例 20	B	实施例 35	C
实施例 6	B	实施例 21	B	实施例 36	C
实施例 7	B	实施例 22	B	实施例 37	C

实施例 8	B	实施例 23	C	实施例 38	B
实施例 9	C	实施例 24	B	实施例 39	B
实施例 10	C	实施例 25	A	实施例 40	B
实施例 11	B	实施例 26	B	实施例 41	A
实施例 12	B	实施例 27	B	实施例 42	A
实施例 13	B	实施例 28	B	实施例 43	A
实施例 14	B	实施例 29	B	实施例 44	A
实施例 15	B	实施例 30	B	实施例 45	B

[0558] 注： $1\text{nM} \leq A \leq 100\text{nM}$ ； $100\text{nM} < B \leq 1000\text{nM}$ ； $1000\text{nM} < C \leq 50 \mu\text{M}$ 。

[0559] 实验例 2：外周血单个核细胞试验方案

[0560] 本方案的目的在于检测利用现有化合物刺激人外周血单核细胞 (PBMC) 24h 后细胞因子的表达水平。检测时细胞上清液不稀释,直接检测 IFN- α 和 TNF- α 的水平。实验过程中首先将化合物配制成 20mM 的 DMSO 储存液,用细胞培养基做 10 倍梯度稀释,总共稀释 11 个点。取其中 9 个稀释点的化合物(化合物的最高浓度为 200 微摩/升)加入 96 孔板中,每孔 50 微升,然后接种新鲜的人外周血单核细胞,每孔接种 150 微升体系,其中含有 450,000 个细胞。将细胞培养板置于 37°C 和 5% CO₂ 培养箱中培养 24 小时,培养结束后将培养板以 1200rpm 的速度离心 5 分钟,随后收集上清并将其储存于 -20°C 以待检测。细胞因子的检测利用 BD 公司的流式液相多重蛋白定量技术 (CBA),在流式细胞仪上完成检测。利用上述检测方法,我们将刺激产生最低检测限至少 3 倍以上细胞因子水平的最低药物浓度,定义为该化合物在该细胞因子刺激实验上的 MEC (Minimal Effective Concentration) 值。

[0561] 实验结果如表 2 所示：

[0562] 表 2

[0563]

实施例	MEC	实施例	MEC	实施例	MEC
4	C	28	B	31	B
21	A	29	A	42	A
22	B	30	B		

[0564] 注： $0.01\text{nM} \leq A \leq 1\text{nM}$ ； $1\text{nM} < B \leq 10\text{nM}$ ； $10\text{nM} < C \leq 100 \mu\text{M}$ 。