

УДК 547;542.06;541.65./654

СИНТЕЗ N-АРИЛ- ТА N-АЛКІЛПІРИДИНІЄВИХ СОЛЕЙ

N-Заміщені октагідродигідропіридинієві були одержані взаємодією 1,5-дикетонів з первинними амінами [1-4]. Серія робіт Камінського і Тиліченка [2] присвячена вивченню конденсації 1,5-дикетонів з альдегідами та первинними амінами з утворенням N-заміщених продуктів: 1,2,3,4,5,6,7,8-октагідродигідропіридинієвих та солей 1,2,3,5,6,7-гексагідродигідропіридинієвих.

Серед дициклопентанопіридинієвих солей описані N-заміщені солі 2,3,5,6-бістриметиленпіридинію без замісників у бічних ароматичних кільцях [5], які синтезовані двома шляхами:

- конденсацією циклопентанону, ароматичного альдегіду і первинного аміну в молярному співвідношенні 2:1:1 з додаванням тетрахлориду карбону як окисника.
- реакцією дикетонів з первинними амінами. Виходи солей, одержаних за даними методиками складають 10-17%.

На початковому етапі синтезу N-метилдициклопентанопіридинієвих солей нами проведено алкілювання дициклопентанопіридинієвих за участю атома нітрогену шляхом тривалого нагрівання (90°C, 15 діб) вихідної сполуки з йодистим метилом у запаяній ампулі. Проте, в таких умовах методом ТШХ було зафіксоване утворення лише незначних кількостей піридинієвої солі, яка, на відміну від вихідної сполуки (блакитна флуоресценція), мала яскраво-жовту флуоресценцію. Труднощі в алкілюванні атома нітрогену дициклопентанопіридинію, очевидно пояснюються значними стеричними перешкодами, які створюють атоми гідрогену метиліденових груп.

N-Метилпіридинієві солі нами були одержані конденсацією ароматичних альдегідів, циклопентанону, метиламінгідрохлориду та ацетату натрію. Проте і в таких умовах виходи цільових продуктів були невисокими.

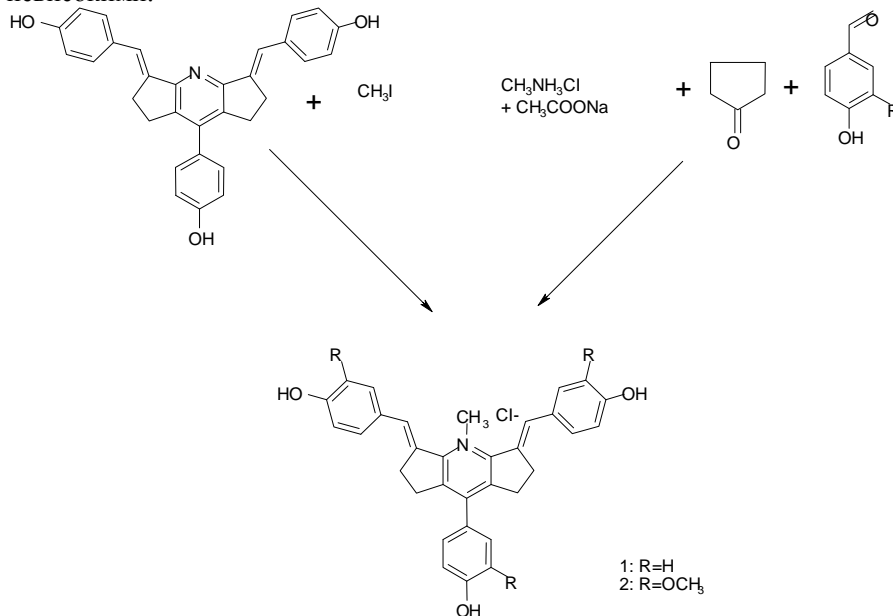


Схема 1

В ЯМР ¹H спектрах піридинієвих солей **1**, **2** крім сигналів ароматичних протонів замісників у положеннях 3, 5 та 8 (6.92-7.46 м. ч.) і метиленових протонів (3.02-3.15 м. ч.), спостерігається характерний трипротонний синглет N-метилюючої групи при 4.61 м. ч., що узгоджується з даними робіт [6-8].

Беручи до уваги, що в умовах синтезу дигідропіридинієвих паралельно утворювались в невеликій кількості продукти їх подальшого окиснення – солі піридинію, нами здійснено спробу синтезу цих солей одностадійним методом, шляхом синтезу відповідних дигідропіридинієвих і подальшого їх окиснення до цільового продукту. Окиснення здійснювали еквімолярними кількостями перексиду водню у розведній хлороводневій кислоті, а піридинієві солі були одержані з виходом 8-15% (схема 2). В більшості випадків реакція супроводжувалась значним смолоутворенням.

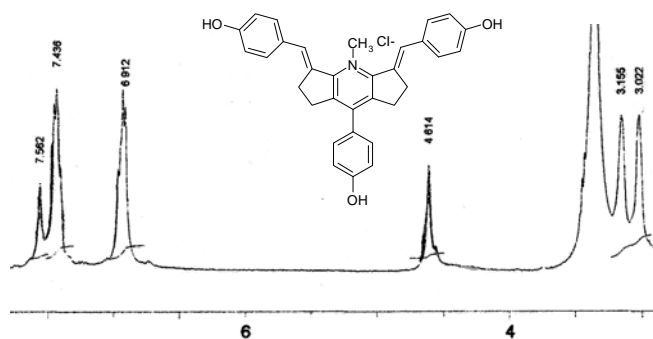


Рис. 1. ЯМР ¹H спектр сполуки 1

Подальшими дослідженнями з'ясовано, що значно кращим методом синтезу солей дициклопентано[*b,e*]піридинію є двостадійний варіант, в умовах якого нейонні високосиметричні проміжні сполуки – похідні 1,4-дигідропіридину виділяються у кристалічному вигляді (вихід – 80-90%) і далі окиснюються у піридинієві солі (вихід – 70-75%).

На стадії окиснення дигідропіридину розчиняли в етанолі та кип'ятили з еквімолярною кількістю концентрованої хлороводневої кислоти і пероксиду водню (ТШХ-контроль). Для повноти виділення продукту реакції, суміш витримували 4-5 діб.

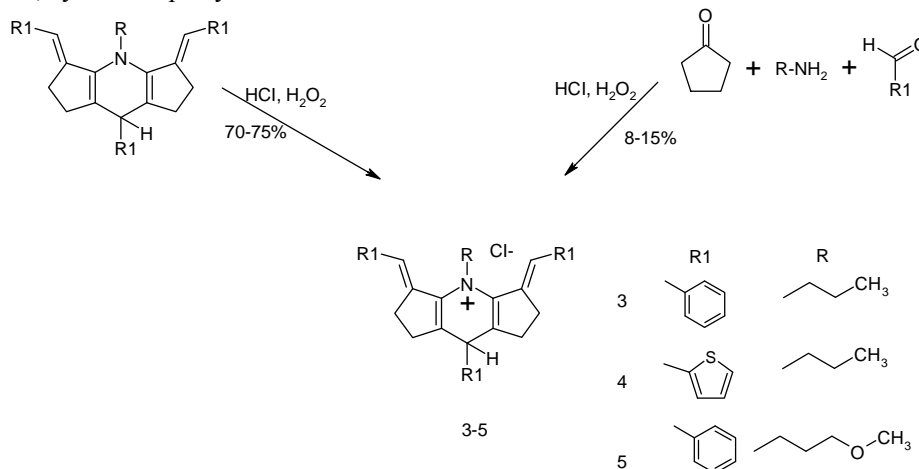


Схема 2

Перхлорати дициклопентано[*b,e*]піридинію **6-8** синтезували аналогічно хлоридам **3-5**, з відповідних дигідропіридинів, одержуючи спочатку хлориди, які далі, без виділення, переводили в перхлорати.

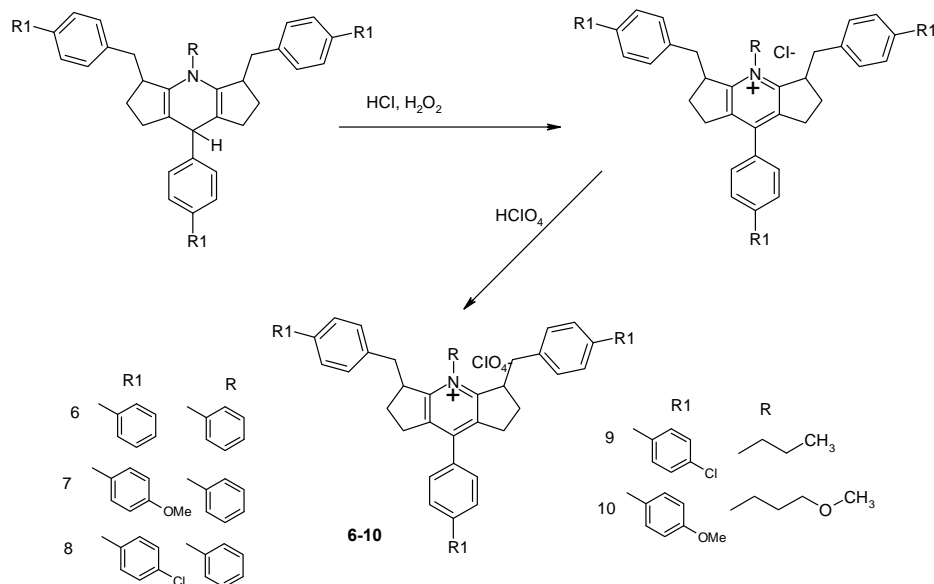


Схема 3

На відміну від дигідропіридинів, які є безбарвними, солі гексагідродидициклопентано[*b,e*]піридинію забарвлені в яскраво-червоні, темно-пурпурові та оранжеві кольори. Завдяки цьому можливо візуально спостерігати за їх утворенням. Швидкість перетворення дигідропіридинів у відповідні солі залежить від кислотності середовища [9-12]. Так, у присутності оцтової кислоти цей перехід стає помітним через 3-4 год., а в присутності більш сильних кислот (хлороводневої, перхлоратної) майже відразу після їх додавання реакційна суміш набуває насиченого червоного чи оранжевого кольору, проте повний перехід до відповідних солей здійснюється за 1-2 год.

Властивість дициклопентанодигідропіридинів переходити у відповідні кольорові піридинієві солі може бути використана для якісного і, можливо, для кількісного визначення цих сполук. Наприклад, при хроматографуванні на пластинках Silufol UV-254 плями сполук дигідропіридинів при незначному нагріванні набувають яскраво-червоного або оранжевого забарвлення. Отже, при нагріванні навіть у присутності слабокислого силікагелю дициклопентанодигідропіридини досить швидко окиснюються [13-16].

Для солей піридинію **3-5** маса молекулярного йону за даними мас-спектрометрії співпадає з молекулярною масою запропонованої для них структури.

Таблиця 1

Характеристики синтезованих сполук **1-10**

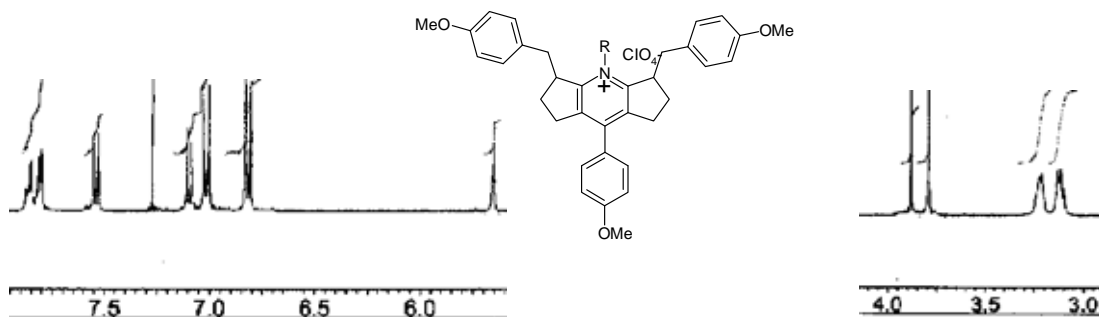
№ сполуки	Вихід, %	Емпірична формула	Молекул. маса	M ⁺ -йон*	T. пл., °C
1	20	C ₃₂ H ₂₈ NO ₃ (Cl)	474.57	473	300 (*)
2	23	C ₃₅ H ₃₄ NO ₆ (Cl)	564.65	563	230 (*)
3	70	C ₃₄ H ₃₂ N(Cl)	454.63	454	159
4	72	C ₂₈ H ₂₆ NS ₃ (Cl)	472.71	472	150
5	75	C ₃₅ H ₃₄ NO(Cl)	484.66	484	156
6	78	C ₃₇ H ₃₀ N(ClO ₄ ⁻)	488.64	488	107(*)
7	73	C ₄₀ H ₃₆ NO ₃ (ClO ₄ ⁻)	578.72	578	105(*)
8	78	C ₃₇ H ₂₇ Cl ₃ N(ClO ₄ ⁻)	591.98	-	94(*)
9	81	C ₃₄ H ₂₉ Cl ₃ N(ClO ₄ ⁻)	557.97	-	101(*)
10	85	C ₃₈ H ₄₀ NO ₄ (ClO ₄ ⁻)	574.73	-	92(*)

* - Температура розкладу.

ІЧ спектри перхлоратів дициклопентано[*b,e*]піридинію **6-10** містять інтенсивну смугу ν_{C=O} та інтенсивну смугу ν_{C=C} ариліденового зв'язку відповідно в областях 1100 і 1600 см⁻¹ [17].

Для всіх одержаних солей головною ознакою є відсутність однопротонного синглету в області 4.30-4.80 м. ч (сигнал протону 8-Н дигідропіридинової системи) – сигналу, характерного для всіх вихідних сполук, дициклопентанодигідропіридинів (рис. 2).

Також для солей гексагідродидициклопентано[*b,e*]піридинію характерний зсув сигналів метиленових груп у більш слабкі поля, до 3.24-3.49 м. ч. (в дигідропіридинів 2.05-2.80 м. ч.). Сигнали олефінових протонів синтезованих солей навпаки, знаходяться у більш сильних полях – 5.23-5.65 м. ч., ніж відповідні сигнали в спектрах ПМР дигідропіридинів (6.49-7.44 м. ч.).

Рис. 2. ЯМР ¹H спектр сполуки **7**

Загальна методика синтезу N-метилпіридинієвих солей 1-2.**8-(4-Гідрокси-3-метоксифеніл)-3,5-ді[(E)-1-(4-гідрокси-3-метоксифеніл)метиліден]-4-метил-1,2,3,5,6,7-гексагідродициклопентано[b,e]піридинію хлорид (2).**

До розчину 4-гідрокси-3-метоксибензальдегіду (7.6 г; 0.05 моль) в абсолютному спирті (50 мл.) додають циклопентанон (1.8 мл; 0.025 моль), метиламінгідрохлорид (0.85 г; 0.025 моль), ацетат натрію (1.1 г; 0.025 моль), каталітичні кількості пероксиду водню та нагрівають протягом 2 год. при 70-80°C, контролюючи повноту проходження реакції хроматографічно. Після припинення нагрівання реакційну суміш охолоджують і витримують при кімнатній температурі 12 год. Осад відфільтровують, промивають водою та перекристалізують з суміші ДМФА-оцтова кислота (2:1).

Спектр ЯМР ¹H, ДМСO-d₆, δ, м. ч.: Замісники в положенні 3 і 5: 5.46 с, 2H (H-олефін); 7.31 с, 2H (H-2); 7.13 д, J=8 Гц, 2H (H-5); 7.21 д, J=8 Гц, 2H(H-6); 4.05 с, 6H(-OCH₃); 10.08 с, 2H(OH); Замісник в положенні 8: 7.46 с, 1H(H-2); 7.04 д, J=8 Гц, 1H(H-5); 7.35 д, J=8 Гц, 1H(H-6); 3.95 с, 3H(-OCH₃); 10.06 с, 1H(OH); Замісник N-R: 4.84 с, 3H(-CH₃); Метиленові групи: 3.49 м, 4H; 3.23 м, 4H.

8-(4-Гідроксифеніл)-3,5-ді[(E)-1-(4-гідроксифеніл)метиліден]-4-метил-1,2,3,5,6,7-гексагідродициклопентано[b,e]піридинію хлорид (1), одержаний аналогічно 2. Спектр ЯМР ¹H, ДМСO- d₆, δ, м. ч.: Замісники в положенні 3 і 5: 5.56 с, 2H (H-олефін); 6.92 д, J=8 Гц, 4H (H-3,5); 7.44 д, J=8 Гц, 4H (H-2,6); 10.17 с, 2H (OH); Замісник в положенні 8: 6.96 д, J=8 Гц, 2H (H-3,5); 7.40 д, J=8 Гц, 2H (H-2,6); 10.10с, 1H (OH); Замісник N-R: 4.61 с, 3H (-CH₃); Метиленові групи: 3.24 м, 4H; 3.10 м, 4H.

4-(3-Метоксипропіл)-8-феніл-3,5-ді[(E)-1-фенілметиліден]-1,2,3,5,6,7-гексагідродициклопентано[b,e]піридиній хлорид (5).

Відповідний дициклопентанодигідропіридин розчиняють в етанолі та нагрівають з еквімолярною кількістю конц. HCl та пероксиду водню до зникнення вихідних сполук (2-3 год., ТШХ-контроль). Для повноти виділення продукту реакції суміш витримують 4-5 діб. Потім осад відфільтровують, послідовно промивають спиртом, водою, розведеною хлоридною кислотою і знову водою до рН 7, та перекристалізують з ізопропанолу. Фільтрати розводять водою, при цьому виділяють додаткові кількості хлоридів.

Спектр ЯМР ¹H, ДМСO- d₆, δ, м. ч.: Замісники в положенні 3 і 5: 5.40 с, 2H (H-олефін); 7.56-7.59 м, 6H (H-2,4,6); 7.47-7.52 м, 4H (H-3,5); Замісник в положенні 8: 7.73 м, 3H (H-2,4,6); 7.42 м, 2H (H-3,5); Замісник N-R: 3.41 м, 2H (1-CH₂); 2.35 м, 2H (2-CH₂); 3.33 м, 5H (3-CH₂, -OCH₃); Метиленові групи: 3.00 м, 4H; 3.24 м, 4H.

Хлориди 3-4 одержані аналогічно 5.

8-Феніл-3,5-ді[(E)-1-фенілметиліден]-4-пропіл-1,2,3,5,6,7-гексагідродициклопентано[b,e]піридиній хлорид (3).

Спектр ЯМР ¹H, ДМСO- d₆, δ, м. ч.: Замісники в положенні 3 і 5: 5.23 с, 2H (H-олефін); 7.40 д, J=8 Гц, 4H (H-2,6); 7.60 т, 4H(H-3,5); 7.53 м, 2H(H-4); Замісник в положенні 8: 7.48 д, J=8 Гц, 2H (H-2,6); 7.58 т, 2H (H-3,5); 7.50 м, 1H (H-4); Замісник N-R: 3.28 м, 2H (1-CH₂); 2.13 м, 2H (2-CH₂); 0.91 т, 3H (3-CH₃); Метиленові групи: 3.30 м, 4H; 2.90 м, 4H.

4-Пропіл-8-(2-тіоніл)-3,5-ді[(E)-1-(2-тіоніл)метиліден]-1,2,3,5,6,7-гексагідродициклопентано[b,e]піридиній хлорид (4).

Спектр ЯМР ¹H, ДМСO- d₆, δ, м. ч.: Замісники в положенні 3 і 5: 5.25 с, 2H (H-олефін); 7.54 д, J=5 Гц, 2H (H-3); 7.56 т, 2H (H-4); 7.83 д, J=5 Гц, 2H (H-5); Замісник в положенні 8: 7.27 д, J=5 Гц, 1H (H-3); 7.34 т, 1H (H-4); 7.73 д, J=5 Гц, 1H (H-5); Замісник N-R: 3.52 т, J=5 Гц, 2H (1-CH₂); 2.08 м, 2H (2-CH₂); 1.17 т, J=5 Гц, 3H (3-CH₃); Метиленові групи: 3.39 м, 4H; 3.27 м, 4H.

8-(4-Метоксифеніл)-3,5-ді[(E)-1-(4-метоксифеніл)метиліден]-4-(3-метоксипропіл)-1,2,3,5,6,7-гексагідродициклопентано[b,e]піридинію перхлорат (10).

Відповідний піридин масою 1 г розчиняють при нагріванні в 50 мл етанолу і додають еквімолярні кількості концентрованої соляної кислоти та пероксиду водню. Реакційну суміш нагрівають протягом 2-3 год. до зникнення вихідних сполук (ТШХ-контроль). Після припинення нагрівання суміш охолоджують та додають 150 мл води. Розчин фільтрують і до фільтрату впродовж 3-4 хв. при перемішуванні додають 0.6 мл 70%-ної хлорної кислоти. Осад відфільтровують, промивають водою до рН 7 і висушують.

Спектр ЯМР ¹H, ДМСO- d₆, δ, м. ч.: Замісники в положенні 3 і 5: 5.32 д, 2H (H-олефін); 7.53 д, J=8 Гц, 4H (H-2,6); 7.02 д, J=8 Гц, 4H (H-3,5); 3.81 с, 6H (4-OCH₃); Замісник в положенні 8: 7.45 д, J=8 Гц, 2H (H-2,6); 7.08 д, J=8 Гц, 2H (H-3,5); 3.86 с, 3H (4-OCH₃); Замісник N-R: 3.37 т, 2H (1-CH₂); 2.32 м, 2H (2-CH₂); 3.64 м, 2H (3-CH₂); 3.85 с, 3H (-OCH₃); Метиленові групи: 3.03 м, 4H; 3.23 м, 4H.

Перхлорати 6-9 синтезують аналогічно 10, з відповідних 8-(арил)-3,5-ді[(E)-арилметиліден]-4-R-1,2,3,4,5,6,7,8-октагідродициклопентано[b,e]піридинів, одержують хлориди і без індивідуального виділення переводять їх шляхом йонного обміну в перхлорати.

4,8-Дифеніл-3,5-ді[(Е)-1-фенілметиліден]-1,2,3,5,6,7-гексагідродициклопентано[*b,e*]піридинію перхлорат (6).

Спектр ЯМР ^1H , ДМСО- d_6 , δ , м. ч.: Замісники в положенні 3 і 5: 5.76 с, 2H (H-олефін); 7.08 д, J=8 Гц, 4H (H-2,6); 7.57 т, J=8 Гц, 2H (H-3,5); 7.25 м, 1H (H-4); Замісник в положенні 8: 7.29 д, J=8 Гц, 2H (H-2,6); 7.58 т, J=8 Гц, 2H (H-3,5); 7.26 м, 1H(H-4); Замісник N-R: 7.81 д, J=8 Гц, 4H (H-2,6); 7.56 т, J=8 Гц, 2H (H-3,5); 7.97 м, 1H(H-4); Метиленові групи: 3.09 м, 4H; 3.27м, 4H.

8-(4-Метоксифеніл)-3,5-ді[(Е)-1-(4-метоксифеніл)метиліден]-4-феніл-1,2,3,5,6,7-гексагідродициклопентано[*b,e*]піридинію перхлорат (7).

Спектр ЯМР ^1H , ДМСО- d_6 , δ , м. ч.: Замісники в положенні 3 і 5: 5.65 с, 2H (H-олефін); 7.02 д, J=8 Гц, 4H (H-2,6); 6.82 д, J=8 Гц, 4H (H-3,5); 3.79 с, 6H (4-OCH₃); Замісник в положенні 8: 7.54 д, J=8 Гц, 2H (H-2,6); 7.10 д, J=8 Гц, 2H (H-3,5); 3.88 с, 3H (4-OCH₃); Замісник N-R: 7.80-7.85 м, 5H; Метиленові групи: 3.12 м, 4H; 3.21 м, 4H.

8-(4-Хлорофеніл)-3,5-ді[(Е)-1-(4-хлорофеніл)метиліден]-4-феніл-1,2,3,5,6,7-гексагідродициклопентано[*b,e*]піридинію перхлорат (8).

Спектр ЯМР ^1H , ДМСО- d_6 , δ , м. ч.: Замісники в положенні 3 і 5: 5.66 с, 2H (H-олефін); 6.99 д, J=8 Гц, 4H (H-2,6); 7.28 д, J=8 Гц, 4H (H-3,5); Замісник в положенні 8: 7.27 д, J=3 Гц, 2H (H-2,6); 7.53 д, J=3 Гц, 2H (H-3,5); Замісник N-R: 7.77-7.79 м, 3H (H-2,4,6); 7.90 м, 2H(H-3,5); Метиленові групи: 3.04 м, 4H; 2.20 м, 4H.

8-(4-Хлорофеніл)-3,5-ді[(Е)-1-(4-хлорофеніл)метиліден]-4-пропіл-1,2,3,5,6,7-гексагідродициклопентано[*b,e*]піридинію перхлорат (9).

Спектр ЯМР ^1H , ДМСО- d_6 , δ , м. ч.: Замісники в положенні 3 і 5: 6.31 с, 2H (H-олефін); 7.48 д, J=8 Гц, 4H (H-2,6); 7.57 д, J=8 Гц, 4H (H-3,5); Замісник в положенні 8: 7.51 д, J=8 Гц, 2H (H-2,6); 7.59 д, J=8 Гц, 2H (H-3,5); Замісник N-R: 4.09 м, 2H(1-CH₂); 3.53 м, 2H (2-CH₂); 1.14 т, J=5 Гц, 3H (3-CH₃); Метиленові групи: 3.01 м, 4H; 2.24 м, 4H;

РЕЗЮМЕ

Синтезовані N-арил- і N-алкілгексагідродициклопентано[*b,e*]піридинієві солі двостадійним методом. Нейонні високосиметричні проміжні сполуки – похідні 1,4-дигідропіридину виділені у кристалічному вигляді (вихід 80-90%), а 1,4-дигідропіридини окиснювали еквімолярною кількістю концентрованої хлоридної кислоти і пероксиду водню у піридинієві солі.

РЕЗЮМЕ

Синтезированы N-арил- и N-алкилгексагидродициклопентано[*b,e*]пиридиниевые соли двохстадийным методом. Неионные високосиметрические промежуточные соединения - производные 1,4-дигидропиридина выделяли в кристаллическом виде (выход 80-90%), а 1,4-дигидропиридины окисляли эквимольным количеством концентрированной соляной кислоты и пероксида водорода в пиридиниевые соли.

SUMMARY

N-aryl and N-alkylhexahydrobicyclopenta[*b,e*]pyridinium salts were synthesized by two-step method. Not ionic highly symmetric intermediate compounds - derivatives of 1,4-dihydropyridine allocated in a crystal state (yield 80-90 %) and 1,4-dihydropyridines were oxidized by equimolar quantity of the concentrated hydrochloric acid and hydrogen peroxide to pyridinium salts.

ЛІТЕРАТУРА

1. Насыщенные азотсодержащие гетероциклы. Синтез и пространственное строение N-R-дициклопентано[*b,e*]пиперидинов / А. П. Кривенько, О. В. Федотова, Т. Г. Николаева [и др.] // Химия гетероцикл. соед. – 1988. – №8. – С. 1094-1099.
2. Каминский В.А., Тиличенко М.Н. О взаимодействии 2,2'-метиленциклопентанона с анилином / В. А. Каминский, М. Н. Тиличенко // Журн. общей химии. – 1969. – Т. 5, № 1-2. – С. 186-187.
3. Реакция 1,5-дикетонов. Взаимодействие алициклических 1,5-дикетонов с первичными алифатическими аминами / А. Н. Саверченко, З. Р. Беккерова, В. А. Каминский [и др.] // Химия гетероцикл. соед. – 1974. – № 2. – С. 243-246.
4. Саверченко А. Н. Реакции 1,5-дикетонов. Взаимодействие 2,3-тетраметилен-4-R-бицикло[3,3,1]нонанон-9-олов-2 с анилином / А. Н. Саверченко, В. А. Каминский, М. Н. Тиличенко // Химия гетероцикл. соед. – 1973. – №3. – С. 384-386.
5. Каминский В. А. Гидроакридины и родственные соединения. N-замещенные 2,3,5,6-бистриметиленпиридины и 2,3-триметиленридроксинолины / В. А. Каминский, И. В. Степанченко, М. Н. Тиличенко // Химия гетероцикл. соед. – 1979. – № 9. – С. 1251-1254.
6. Knyazhansky M. I. Adiabatic structural relaxation in heterocyclic nitrogen-containing cations The structure, absorption and fluorescence of the 2,4,6-triaryl-substituted pyridinium cations / M. I. Knyazhansky, V. A. Kharlanov, Y. R. Tymiansky // Journal of Photochemistry and Photobiology. – 1998. – Vol. 118, № 3. – P. 151-156.

7. Молекулярно-структурные аспекты формирования свойств спектральной люминесценцией арилзамещенных катионов пиридиния / Я. Р. Тымянский, М. И. Княжанский, В. М. Фейгельман [и др.] // Журнал прикладной спектроскопии. – 1985. – Т. 42, № 4. – С. 574-579.
8. Харланов В. А. Проявление структурной релаксации арилзамещенных катионов пиридиния в спектрах флуоресценции / В. А. Харланов, Я. Р. Тымянский, М. И. Княжанский // Оптика и Спектроскопия. – 1985. – Т. 58, №5. – С. 1147-1149.
9. Kinetics and mechanisms of nucleophilic displacements with heterocycles as leaving groups / A. R. Katritzky, W. Basinski, Y. X. Ou [et al.] // Journal of the Chemical Society. – 1982. – Vol 9. – P. 1972-1999.
10. Спектрально-люминесцентные свойства и строение перхлоратов 1-оксифенил замещенных 2,4,6-трифенилпиридиния / С. М. Алдошин, Я. Р. Тымянский, О. А. Дяченко [и др.] // Известия Академии Наук СССР. – 1981. – Т. 10. – С. 2270-2279.
11. Улдрикис Я. Р. Окисление 1,4-дигидропиридинов. Реакционная способность при окислении хлоранилом / Я. Р. Улдрикис, А. О. Кумерова, Г. Я. Дубур // Химия гетероцикл. соед. – 1973. – Т. 5. – С. 691-694.
12. Вольтамперометрия производных 1,4-дигидропиридина. Потенциалы электрохимического окисления 3,5-диацил и 3,5-ди(алкилоксикарбонил)-1,4-дигидропиридинов в ацетонитриле / Я. П. Страдынь, Г. Я. Дубур, Ю. И. Бейлис [и др.] // Химия гетероцикл. соед. – 1972. – Т. 1. – С. 84-87.
13. Knyazhansky M. I. Adiabatic structural relaxation in heterocyclic nitrogen-containing cations The structure, absorption and fluorescence of the 2,4,6-triaryl-substituted pyridinium cations / M. I. Knyazhansky, V. A. Kharlanov, Y. R. Tymiansky // Journal of Photochemistry and Photobiology. – 1998. – Vol. 118, № 3. – P. 151-156.
14. Электрохимическое окисление 1,4-дигидропиридинов на графитных электродах / Н. Р. Коноплева, Я. Р. Страдынь, Н.П. Скворцов [и др.] // Изв. АН ЛатвССР. Сер. хим. – 1983. –Т. 6. – С. 678-82.
15. Фотоциклизация 1,2-диарил-и фотобикклизация 1,2,6-триарилпиридиниевых катионов / А. Р. Катрицкий, Б. Агха, Д. З. Вилле [и др.] // Химия гетероцикл. соед. – 1984. – Т. 11. – С. 1509-1518.
16. Люминесценция и фотоциклизация N-нафтилзамещенных катионов пиридиния / Я. Р. Тымянский, В. М. Фейгельман, М. И. Княжанский [и др.] // Химия гетероцикл. соед. – 1984. – Т. 11. – С. 1528-1532.
17. Simalty-Siemiatycki M. Pyrylium salts. Synthesis of pyrylium perchlorates by condensative dehydrogenation with the triphenylmethyl cation / M. Simalty-Siemiatycki // Bull. de la Societe Chimique de France. – 1965. – Vol. 7. – P. 1944-1950.

Поступило до редакції 05.04.2010 р.