

Б. Штрумф, Е. Хермане, И. Калвиньш, П. Трапенциерис

## НЕПРИРОДНЫЕ АМИНОКИСЛОТЫ

### 3\*. АЗИРИДИНИЛКЕТОНЫ ИЗ СЛОЖНЫХ ЭФИРОВ И АМИДОВ АЗИРИДИН-2-КАРБОНОВОЙ КИСЛОТЫ

Получен ряд N-замещенных амидов и эфиров азиридин-2-карбоновой кислоты и проведены реакции их депротонирования диизопропиламидом лития. Промежуточные карбанионы легче реагируют с карбонильными группами субстрата, нежели с иодистым метилом. Так, вместо ожидаемых амидов или эфиров 2-метилазиридин-2-карбоновой кислоты выделены амиды или эфиры 2-азиридинилкарбонилазиридин-2-карбоновой кислоты.

**Ключевые слова:** азиридинилкетоны, сложные эфиры и амиды азиридин-2-карбоновой кислоты, депротонирование.

Сложные эфиры и амиды азиридин-2-карбоновой кислоты являются удобными исходными соединениями для получения различных производных  $\alpha$ - и  $\beta$ -аминокислот после раскрытия азиридинового цикла [2, 3]. В отличие от других сложных эфиров  $\alpha$ -аминокислот, азиридин-2-карбоксилаты не склонны к димеризации с образованием дикетопиперазинов. Наш интерес к сложным эфирам и амидам азиридин-2-карбоновой кислоты связан с изучением условий депротонирования  $\alpha$ -центра азиридинового цикла для получения стерически затрудненных циклических неприродных  $\alpha$ -аминокислот, пригодных для синтеза различных производных  $\alpha$ - и  $\beta$ -аминокислот.

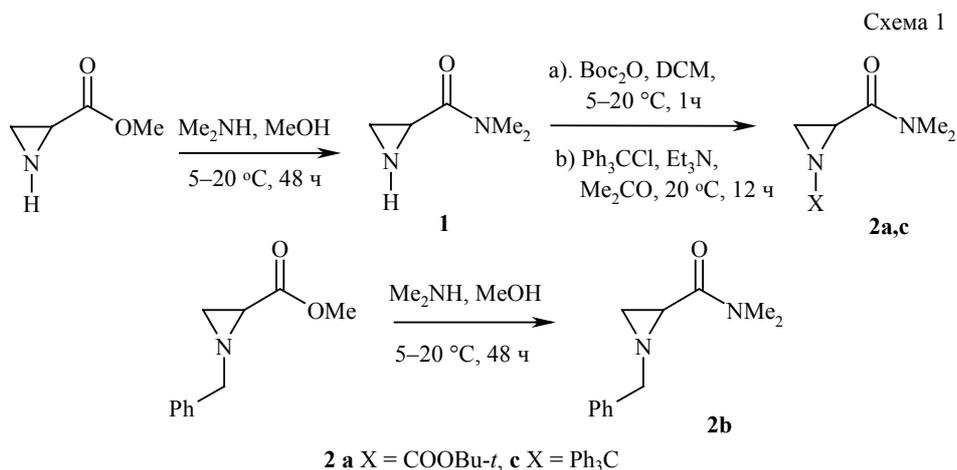
Депротонирование сложных эфиров азиридин-2-карбоновой кислоты впервые проводил Зеебах [4, 5]. Однако выделить продукты реакции ему не удалось. Только при переходе к тиоловым эфирам удалось выделить продукты реакций с электрофилами [4]. В работе [4] впервые постулированы конфигурационно-устойчивые при низких температурах карбанионы. В 1997 г. Ведейс опубликовал работу по литиированию комплексов азиридинов с  $\text{BH}_3$  [6]. Показано, что повышенный  $s$ -характер связей  $\text{CN}$  азиридинового цикла ускоряет литиирование в положение 2 азиридинового цикла, способствуя реакции с электрофилами.

Недавно показана устойчивость карбанионов в ряду сложных эфиров азиридин-2-карбоновой кислоты [7, 8]. Метоксиметильная защитная группа у азиридинового атома азота стабилизирует промежуточный карбанион и позволяет получить ряд 2-замещенных сложных эфиров азиридин-2-карбоновой кислоты [8]. Алкилирование 3-замещенных сложных эфиров 1-(дифенилметил)азиридин-2-карбоновой кислоты дает смесь 2-алкилированных азиридинов с диазиридинилкетонами [9].

\* Сообщение 2 см. [1].

Мы исследовали реакцию депротонирования производных азиридин-2-

карбоновой кислоты с различными заместителями у азиридинового азота, чтобы расширить границы применения упомянутых выше реакций. В качестве заместителей мы выбрали хорошо известные защитные группы, которые можно легко удалить известными методами после проведения реакций. Нами разработан метод получения необходимых для данного исследования 1-замещенных диметиламинов азиридин-2-карбоновой кислоты **2a–c** (схема 1).

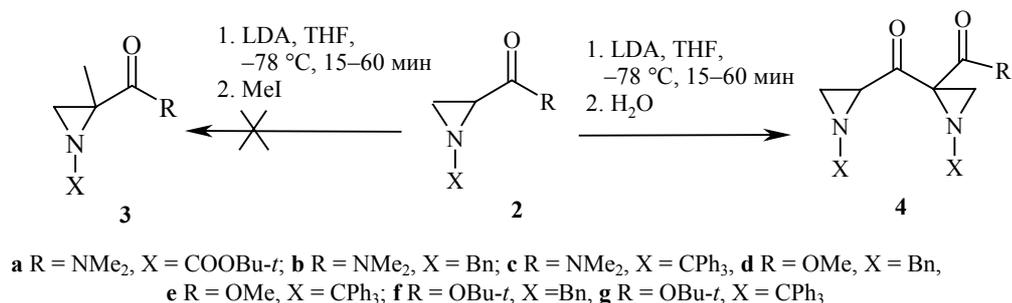


Метилвый эфир азиридин-2-карбоновой кислоты [10] и диметиламид азиридин-2-карбоновой кислоты (**1**) [11] получены по известным методикам. Метилвый эфир 1-бензилазиридин-2-карбоновой кислоты (**2d**) [12] гладко реагирует с диметиламином уже при пониженной температуре, причем диметиламид **2b** [13] был получен с выходом 73%. Однако метилвые эфиры 1-*трет*-бутоксикарбонил- и 1-тритилазиридин-2-карбоновой кислоты (**2e**) дали трудноразделимые реакционные смеси. Поэтому была использована альтернативная схема реакций, в которой исходным соединением служил диметиламид азиридин-2-карбоновой кислоты (**1**). Полученные по этой методике диметиламиды **2a** и **2c** удобнее выделить, а выходы, соответственно, 71 и 91%, приемлемы для проведения последующих реакций.

В начале исследований мы провели депротонирование полученных амидов **2a–c** с целью "гашения" образующихся карбанионов простейшим электрофилом – иодистым метилом и получения 2-метилзамещенных **3** (схема 2). Однако после добавления к реакционной смеси иодистого метила удалось выделить только азиридин **4c** (выход 33%). Тот же продукт **4c** (выход 58%) был выделен и при обработке смеси водой.

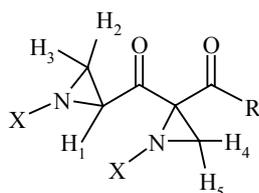
Данные условия реакции мы использовали для депротонирования сложных эфиров **2d–g**. Из 1-бензилзамещенных **2d** и **2f** образуются соответствующие азиридинилкетоны **4d** и **4f**. Полученные азиридинилкетоны **4** трудно получить другими методами.

Схема 2



Следует отметить, что не все реакции однозначно привели к образованию азиридинокетонов. Так, диметиламид 1-*трет*-бутоксикарбонилазиридин-2-карбоновой кислоты (**2a**) дает трудно разделяемую смесь кетона **4a** и другого бисазиридина не установленного пока строения. При синтезе кетона **4e** образуется неразделимая реакционная смесь, состоящая из соответствующего азиридинокетона **4e**, исходного метилового эфира 1-третилазиридин-2-карбоновой кислоты (**2e**) с небольшой примесью (<5%) диизопропиламида 1-третилазиридин-2-карбоновой кислоты.

#### Спектры ЯМР <sup>1</sup>H азиридинокетонов 4



Соединение	X	R	Химические сдвиги, δ, м. д. (J, Гц)
<b>4c</b>	CPh <sub>3</sub>	NMe <sub>2</sub>	1.44 (1H, д. д., <sup>2</sup> J = 1.6, <sup>3</sup> J <sub>cis</sub> = 6.6, <i>cis</i> -H-3); 1.91 (1H, неразрешенный д. д., <i>trans</i> -H-3); 2.05 (1H, д., J = 6.8, H-5); 2.38 (3H, с, N(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ); 2.50 (1H, д., J = 6.8, H-4); 2.54 (3H, с, N(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ); 2.89 (1H, д. д., <sup>3</sup> J <sub>trans</sub> = 2.3, <sup>3</sup> J <sub>cis</sub> = 6.6, H-2); 7.05–7.28 (20H, м, аром.); 7.36–7.54 (10H, м, аром.)
<b>4d</b>	Bn	OMe	1.75 (1H, неразрешенный д. д., <sup>3</sup> J <sub>cis</sub> = 6.5, <i>cis</i> -H-3); 2.13–2.17 (1H, м, H-5); 2.26–2.29 (1H, м, H-4); 2.37 (1H, неразрешенный д. д., <i>trans</i> -H-3); 2.59 (1H, д. д., <sup>3</sup> J <sub>trans</sub> = 2.7, <sup>3</sup> J <sub>cis</sub> = 6.5, H-2); 3.41 и 3.56 (1H и 1H, АВ система, J = 13.4, C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>2</sub> ); 3.64 (3H, с, CH <sub>3</sub> ); 3.79 и 3.95 (1H и 1H, АВ система, J = 13.6, C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>2</sub> ); 7.20–7.38 (10H, м, аром.)
<b>4f</b>	Bn	OBu- <i>t</i>	1.41 (9H, с, (CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> C- <i>t</i> ); 1.71 (1H, д. д., <sup>2</sup> J = 1.2, <sup>3</sup> J <sub>cis</sub> = 6.5, <i>cis</i> -H-3); 2.15–2.19 (1H, м, H-5); 2.25–2.28 (1H, м, H-4); 2.30 (1H, неразрешенный д. д., <i>trans</i> -H-3); 2.52 (1H, д. д., <sup>3</sup> J <sub>trans</sub> = 3.0, <sup>3</sup> J <sub>cis</sub> = 6.5, H-2); 3.41 и 3.55 (1H и 1H, АВ система, J = 13.9, PhCH <sub>2</sub> ); 3.78 и 3.96 (1H и 1H, АВ система, J = 13.8, PhCH <sub>2</sub> ); 7.17–7.50 (10H, м, аром.)

Карбанион, полученный из амида **2b** и *трет*-бутилового эфира **2g**

(наблюдается характерная оранжево-красная окраска реакционной смеси), "гасится" водой с образованием соответствующих исходных соединений. В свою очередь кетон **4c** образуется только при отогреве реакционной смеси до комнатной температуры в течение 3 ч с последующим добавлением воды.

Следовательно, объемистый тритильный заместитель у атома азота понижает реакционную способность субстратов **2**. При этом образование азиридинокетонов происходит только в случае диметиламидов, а не сложных эфиров 1-третилазиридин-2-карбоновой кислоты.

В будущем мы продолжим исследования по изучению поведения карбанионов, генерируемых из N-замещенных сложных эфиров и амидов азиридин-2-карбоновой кислоты.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Спектры ЯМР  $^1\text{H}$  зарегистрированы на спектрометре Varian Mercury (200 МГц) в  $\text{CDCl}_3$ , внутренний стандарт ТМС. Элементные анализы проведены на аппарате Carlo Erba EA-1108. Масс-спектры сняты на приборе Micromass Q-ToF micro. Температуры плавления определены на нагревательном столике Gallenkamp и не корректированы. ТСХ осуществлялась на пластинках DC Alufolien с сорбентом Kieselgel-60. ВЭЖХ соединений **2** проведена на хроматографической системе Gilson и колонке Ultrasphere Si ( $4.6 \times 250$  мм), элюент системы гексан–изопропиловый спирт, 96:4 (поток 1.0 мл/мин, УФ детектор 254 нм). Сухой метиленхлорид приготовлен перегонкой над  $\text{CaH}_2$ . Сухой ТГФ приготовлен двукратной перегонкой над натрием (второй раз в присутствии бензохинона). Сухой диизопропиламин приготовлен двукратной перегонкой над  $\text{CaH}_2$ . Сухой диметиламин получен нагреванием водного раствора диметиламина и пропусканием полученного диметиламина через сухой NaOH.

**Диметиламид азиридин-2-карбоновой кислоты (1)**. К 10.1 г (100 ммоль) метилового эфира азиридин-2-карбоновой кислоты [10] добавляют при перемешивании 100 мл абсолютного метанола. Полученный раствор охлаждают до  $5^\circ\text{C}$  и насыщают сухим диметиламином в течение 20 мин. Полученную смесь перемешивают при комнатной температуре в течение 48 ч в атмосфере аргона. Метанол упаривают при пониженном давлении. Остаток очищают хроматографией на силикагеле (элюент хлороформ–метанол, 9:1). Выход соединения **1** 10.0 г (88%), т. кип.  $85\text{--}87^\circ\text{C}$  (в работе [14] соединение **1** получено азиридинованием диметиламида акриловой кислоты с выходом только 40%). Спектр ЯМР  $^1\text{H}$ ,  $\delta$ , м. д.: 1.40 (1H, уш. с, NH); 1.67–1.83 (2H, м, H-3); 2.55–2.68 (1H, м, H-2); 2.95 (3H, с,  $\text{N}(\text{CH}_3)_2$ ); 3.13 (3H, с,  $\text{N}(\text{CH}_3)_2$ ).

**Диметиламид 1-бензилазиридин-2-карбоновой кислоты (2b)** [13] получают из метилового эфира 1-бензилазиридин-2-карбоновой кислоты **2d** [12] аналогично амидированию по методу [11]. Выход 73%. Спектр ЯМР  $^1\text{H}$ ,  $\delta$ , м. д. ( $J$ , Гц): 1.69 (1H, неразрешенный д. д.,  $^3J_{\text{cis}} = 6.2$ , *cis*-H-3); 2.23–2.35 (2H, м, *trans*-H-3,2); 2.94 (3H, с,  $\text{N}(\text{CH}_3)_2$ ); 2.99 (3H, с,  $\text{N}(\text{CH}_3)_2$ ); 3.50 и 3.65 (1H и 1H, АВ система,  $J = 13.4$ ,  $\text{PhCH}_2$ ); 7.22–7.43 (5H, м, аром.).

**Диметиламид 1-(трет-бутоксикарбонил)азиридин-2-карбоновой кислоты (2a)**. К 11.4 г (100 ммоль) диметиламида **1** при перемешивании добавляют 20 мл сухого метиленхлорида. Полученный раствор охлаждают до  $5^\circ\text{C}$  и в течение 5 мин добавляют 21.8 г (100 ммоль)  $(t\text{-BuOCO})_2\text{O}$  в 10 мл сухого метиленхлорида. Полученную смесь перемешивают при комнатной температуре в течение 1 ч в атмосфере аргона. Метиленхлорид упаривают при пониженном давлении. Остаток очищают хроматографией на силикагеле, элюент петролейный эфир–этилацетат, 1:1. Выход соединения **2a** 15.2 г (71%, масло) (оптически активный аналог **2a** получен по методу Мицунобу из производных L-серина [15]). Спектр ЯМР  $^1\text{H}$ ,  $\delta$ , м. д. ( $J$ , Гц): 1.25 (9H, с,  $\text{C}(\text{CH}_3)_3$ ); 2.15 (1H, д. д.,  $^2J = 1.2$ ,  $^3J_{\text{cis}} = 5.3$ , *cis*-H-3); 2.42 (1H, д. д.,  $^2J = 1.2$ ,  $^3J_{\text{trans}} = 3.1$ , *trans*-H-3); 2.79 (3H, с,  $\text{N}(\text{CH}_3)_2$ ); 3.05 (1H, д. д.,  $^3J_{\text{trans}} = 3.1$ ,  $^3J_{\text{cis}} = 5.3$ , H-2); 3.08 (3H, с,  $\text{N}(\text{CH}_3)_2$ ).

**Диметиламид 1-третилазиридин-2-карбоновой кислоты (2c)**. К 5.7 г (50 ммоль) диметиламида **1** при перемешивании добавляют 20 мл ацетона, 7.0 мл (50 ммоль)

триэтиламина и раствор 13.9 г (50 ммоль) тритилхлорида в 10 мл ацетона. Полученную смесь перемешивают при комнатной температуре в течение 12 ч в атмосфере аргона. Затем смесь выливают в 20 мл ледяной воды и экстрагируют эфиром (3 × 20 мл). Эфирные экстракты объединяют, промывают водой (2 × 20 мл) и насыщенным раствором NaCl (20 мл), сушат над Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, фильтруют и растворитель упаривают при пониженном давлении. Полученный продукт очищают хроматографией на силикагеле, элюент петролейный эфир–этилацетат, 3:1. Выход соединения **2c** 16.2 г (91%). Т. пл. 141 °С (перекристаллизован из смеси петролейный эфир–этилацетат, 2:1). Спектр ЯМР <sup>1</sup>H, δ, м. д. (J, Гц): 1.35 (1H, неразрешенный д. д., <sup>3</sup>J<sub>cis</sub> = 6.0, *cis*-H-3); 1.94 (1H, д. д., <sup>3</sup>J<sub>trans</sub> = 2.9, <sup>3</sup>J<sub>cis</sub> = 6.0, H-2); 2.36 (1H, неразрешенный д. д., *trans*-H-3); 2.80 (3H, с, N(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>); 2.99 (3H, с, N(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>); 7.15–7.34 (9H, м, аром.); 7.50–7.59 (6H, м, аром.). Найдено, %: C 80.44; H 6.79; N 7.71. C<sub>24</sub>H<sub>24</sub>N<sub>2</sub>O. Вычислено, %: C 80.87; H 6.79; N 7.86.

**Сложные эфиры азиридин-2-карбоновой кислоты 2d–g** описаны в литературе. Метилловый эфир **2d** получен по методу [12], *трет*-бутиловые эфиры **2f** и **2g** получены из соответствующих метиловых эфиров **2d** и **2e** и охарактеризованы нами ранее [1].

**Метилловый эфир 1-третилазиридин-2-карбоновой кислоты (2e)** ранее получен по различным методам, а выход 97% достигнут циклизацией *O*-метилсульфонил производных серина [16]. К раствору 2.9 мл (32 ммоль) метилового эфира азиридин-2-карбоновой кислоты [10] в 40 мл ацетона, добавляют при 0–+5 °С при перемешивании 4.5 мл (32 ммоль) триэтиламина и 9.0 г (32 ммоль) тритилхлорида. В течение 1 мин тритилхлорид растворяется и начинает выпадать хлорид триэтиламмония. Смесь перемешивают 12 ч, фильтруют. Фильтрат упаривают при пониженном давлении. Выход соединения **2e** 10.0 г (91%). Т. пл. 133 °С (перекристаллизован из смеси эфир–гексан, 5:1). Спектр ЯМР <sup>1</sup>H, δ, м. д. (J, Гц): 1.41 (1H, д. д., <sup>2</sup>J = 1.9, <sup>3</sup>J<sub>cis</sub> = 6.0, *cis*-H-3); 1.89 (1H, д. д., <sup>3</sup>J<sub>trans</sub> = 2.6, <sup>3</sup>J<sub>cis</sub> = 6.1, H-2); 2.26 (1H, д. д., <sup>2</sup>J = 1.9, <sup>3</sup>J<sub>trans</sub> = 2.6, *trans*-H-3); 3.76 (3H, с, OCH<sub>3</sub>); 7.16–7.33 (9H, м, аром.); 7.46–7.54 (6H, м, аром.). Найдено, %: C 80.51; H 6.16; N 4.10. C<sub>23</sub>H<sub>21</sub>NO<sub>2</sub>. Вычислено, %: C 80.44; H 6.16; N 4.08.

**Конденсация производных эфиров и диметиламида азиридин-2-карбоновой кислоты в присутствии диизопропиламида лития и иодистого метила или диметилсульфата** (общая методика А). В прогретую 5 ч при 150 °С и охлажденную в токе аргона до комнатной температуры 100 мл круглодонную колбу помещают 10 мл абс. ТГФ и добавляют 0.51 г (5 ммоль) сухого диизопропиламина. Полученный раствор охлаждают в токе аргона до –20 °С и добавляют по каплям 2.0 мл (5 ммоль) *n*-BuLi в виде 2.5 М гексанового раствора. Полученный раствор диизопропиламида лития перемешивают 15 мин при –20 °С, потом охлаждают в токе аргона до –78 °С и добавляют по каплям раствор 5 ммоль сложного эфира или диметиламида азиридин-2-карбоновой кислоты **2a–g** в 5 мл абс. ТГФ. После этого реакционную смесь перемешивают 15–60 мин при –78 °С, смесь приобретает оранжево-красную окраску. Затем в реакционную смесь добавляют 1.42 г (10 ммоль) иодистого метила (в экспериментах с эфирами азиридин-2-карбоновой кислоты) или 1.26 г (10 ммоль) диметилсульфата (в экспериментах с диметиламидами азиридин-2-карбоновой кислоты). Затем добавляют 10 мл H<sub>2</sub>O–ТГФ, 1:1, и после исчезновения окраски отогревают до комнатной температуры, выливают в 20 мл ледяной воды и экстрагируют эфиром (3 × 20 мл). Эфирные экстракты объединяют, промывают водой (2 × 20 мл) и насыщенным раствором NaCl (20 мл), сушат над Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, фильтруют и растворитель упаривают при пониженном давлении. Полученные продукты очищают хроматографией на силикагеле, элюент петролейный эфир–этилацетат. Получают только продукты конденсации **4**. Спектры ЯМР <sup>1</sup>H продуктов **4** приведены в таблице.

**Конденсация производных эфиров и диметиламида азиридин-2-карбоновой кислоты в присутствии диизопропиламида лития** (общая методика Б). В прогретую 5 ч при 150 °С и охлажденную в токе аргона до комнатной температуры 100 мл круглодонную колбу помещают 10 мл абс. ТГФ и добавляют 0.51 г (5 ммоль) сухого диизопропиламина. Полученный раствор охлаждают в токе аргона до –20 °С и добавляют по каплям 2.0 мл (5 ммоль) *n*-BuLi в виде 2.5 М гексанового раствора. Полученный раствор диизопропиламида лития перемешивают 15 мин при –20 °С, потом охлаждают в токе аргона до –78 °С и добавляют по каплям раствор 5 ммоль сложного эфира или диметиламида азиридин-2-карбоновой кислоты **2a–g** в 5 мл абс. ТГФ. После этого реакционную смесь перемешивают 15–60 мин при –78 °С, смесь приобретает оранжево-красную окраску. Затем добавляют 10 мл H<sub>2</sub>O–ТГФ, 1:1, и после исчезновения окраски отогревают до комнатной температуры, выливают в 20 мл ледяной воды и экстрагируют эфиром (3 × 20 мл). Эфирные

экстракты объединяют, промывают 2 × 20 мл воды и 20 мл насыщенного раствора NaCl, сушат над Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, фильтруют и растворитель упаривают при пониженном давлении. Полученные продукты конденсации очищают хроматографией на силикагеле, элюент петролейный эфир–этилацетат.

**Диметиламид 1-тримил-2-(1-тримилазиридин-2-карбонил)азиридин-2-карбоновой кислоты (4c)** получают из 1.78 г (5 ммоль) соединения **2c** по общей методике А или Б. Продолжительность реакции 60 мин. При "гашении" водой реакционной смеси при –78 °С продукт не образуется. При повторном эксперименте после медленного отогрева реакционной смеси до комнатной температуры в течение 3 ч с последующим "гашением" водой получают продукт **4c** в виде масла с выходом 1.10 г (33%) (общая методика А) или 1.94 г (58%) (общая методика Б). Найдено: *m/z* 690.3132 [M+Na]<sup>+</sup>. C<sub>46</sub>H<sub>41</sub>N<sub>3</sub>O<sub>2</sub>. M+Na = 690.3096.

**Метилловый эфир 1-бензил-2-(1-бензилазиридин-2-карбонил)азиридин-2-карбоновой кислоты (4d)** получают из 0.96 г (5 ммоль) соединения **2d** по общей методике А или Б. Продолжительность реакции 50 мин. Выход 0.54 г (31%, масло) (общая методика А) или 0.79 г (45%, масло) (общая методика Б). Найдено: *m/z* 350.1736 [M+H]<sup>+</sup>. C<sub>21</sub>H<sub>22</sub>N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. M+H = 350.1756.

**трет-Бутиловый эфир 1-бензил-2-(1-бензилазиридин-2-карбонил)азиридин-2-карбоновой кислоты (4f)** получают из 1.17 г (5 ммоль) трет-бутилового эфира 1-тримил-азиридин-2-карбоновой кислоты (**2f**) по общей методике А или Б. Продолжительность реакции 15 мин. Выход 0.82 г (42%, масло) (общая методика А) или 0.90 г (46%, масло) (общая методика Б). Найдено: *m/z* 393.2165 [M+H]<sup>+</sup>. C<sub>24</sub>H<sub>28</sub>N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. M+H = 393.2178.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Латвийского научного совета (грант LZP 01.192).*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Б. Штрумф, Д. Черняк, И. Кумс, И. Калвиньш, П. Трапенциерис, *XTC*, 850 (2004). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **40**, 725 (2004)].
2. *Small Ring Heterocycles*, A. Hassner (Ed.), John Wiley & Sons, New York, 1983, p. 105.
3. T. Satoh, *Chem. Rev.*, **96**, 3303 (1996).
4. R. Häner, B. Olano, D. Seebach, *Helv. Chim. Acta*, **70**, 1676 (1987).
5. D. Seebach, R. Häner, *Chem. Lett.*, 49 (1987).
6. E. Vedejs, J. T. Kendall, *J. Am. Chem. Soc.*, **119**, 6941 (1997).
7. V. Alezra, M. Bonin, L. Micouin, H.-P. Husson, *Tetrahedron Lett.*, **41**, 651 (2000).
8. V. Alezra, M. Bonin, L. Micouin, C. Policar, H.-P. Husson, *Eur. J. Org. Chem.*, 2589 (2001).
9. A. P. Patwardhan, V. R. Pulgam, Y. Zhang, W. D. Wulff, *Angew. Chem., Int. Ed. Engl.*, **44**, 6169 (2005).
10. P. Trapencieris, I. Kalviņš, L. Kauliņa, V. Kauss, *Organic Process Research & Development*, **1**, 259 (1997).
11. П. Т. Трапенциер, И. Я. Калвиньш, Э. Э. Лиепиньш, Э. Я. Лукевиц, *XTC*, 350 (1983). [*Chem. Heterocycl. Comp.*, **19**, 283 (1983)].
12. P. Davoli, A. Forni, I. Moretti, F. Prati, G. Torre, *Tetrahedron*, **57**, 1801 (2001).
13. C. Lambert, R. Merenyi, B. Caillaux, H. G. Viehe, *Bull. Soc. Chim. Belg.*, **94**, 457 (1985).
14. H. Ishihara, K. Hori, H. Sugihara, Y. N. Ito, T. Katsuki, *Helv. Chim. Acta*, **85**, 4272 (2002).
15. K. W. Kells, A. Ncube, J. M. Chong, *Tetrahedron*, **60**, 2247 (2004).
16. B. McKeever, G. Pattenden, *Tetrahedron*, **59**, 2701 (2003).

*Латвийский институт органического синтеза,  
Рига LV-1006, Латвия  
e-mail: boriss@osi.lv  
e-mail: peteris@osi.lv*

*Поступило 10.10.2006*