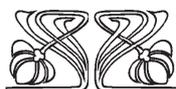
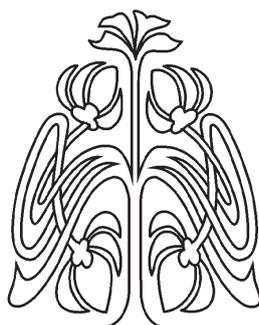
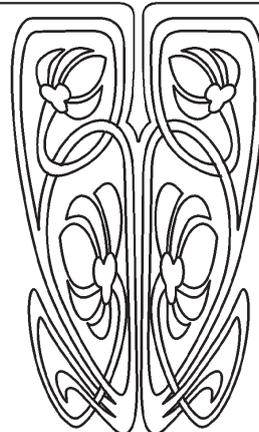




ХИМИЯ



НАУЧНЫЙ
ОТДЕЛ



Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. 2024. Т. 24, вып. 2. С. 122–128
Izvestiya of Saratov University. Chemistry. Biology. Ecology, 2024, vol. 24, iss. 2, pp. 122–128
<https://ichbe.sgu.ru> <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2024-24-2-122-128>
EDN: PUTOIP

Научная статья
УДК 547.787.1:547.814.1

Тионирование 4-((4-оксо-4Н-хромен-3-ил)метил)-2-фенилоксазол-5(4Н)-она с применением реагента LAWESSON'S

Е. М. Арязмова[✉], А. Ю. Егорова

Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, Россия, 410012, г. Саратов, ул. Астраханская, д. 83

Арязмова Екатерина Михайловна, ассистент кафедры органической и биоорганической химии Института химии, katerina285@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2078-4151>

Егорова Алевтина Юрьевна, доктор химических наук, профессор кафедры органической и биоорганической химии Института химии, yegorovaay@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4368-0021>

Аннотация. Анализ периодической печати показал, что сведений о поведении гибридных гетероциклических систем, содержащих несколько фармакофорных фрагментов, на основе оксазол-5(4Н)-онов и хромен-4(4Н)-онов в реакции с тионирующими реагентами в различных условиях не имеется. Впервые изучено взаимодействие 4-((4-оксо-4Н-хромен-3-ил)метил)-2-фенилоксазол-5(4Н)-она с реагентом Лавессона (LR) (2,4-бис-[п-метоксифенил]-1,3-дифосфетан-2,4- дисульфид) в условиях термической активации реакционной смеси и при использовании реактора закрытого типа в среде неполярных растворителей. Реагент Лавессона использован в качестве мягкого тионирующего агента. Обсуждена схема проведенного взаимодействия. Первоначально предполагается диссоциация молекулы реагента Лавессона (LR) на частицы иллидного строения, далее происходит взаимодействие с карбонильной группой хромен-4-онового фрагмента исходного субстрата, в результате образуется спироциклический интермедиат, при последующем разложении которого образуется конечный продукт. Установлено, что использование реактора закрытого типа позволяет сокращать время протекания превращения, добиваться повышения выхода целевого продукта по сравнению с обычным типом активации реакционной смеси. Показано, что в выбранных условиях превращение протекает с сохранением оксазол-5(4Н)-онового кольца. Состав и строение полученного соединения установлены на основании комплексных данных элементного анализа, ИК-, ЯМР-спектроскопии.
Ключевые слова: оксазол-5(4Н)-оны, хромен-4(4Н)-оны, тиопроизводные хроменилоксазолы, физико-химические методы, реактор герметичных сосудов, гибридные структуры, спектроскопия, реагент Lawesson's (LR)

Благодарности. Работа выполнена при финансовой поддержке Фонда содействия инноваций (договор № 18695ГУ/2023).

Для цитирования: Арязмова Е. М., Егорова А. Ю. Тионирование 4-((4-оксо-4Н-хромен-3-ил)метил)-2-фенилоксазол-5(4Н)-она с применением реагента LAWESSON'S // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. 2024. Т. 24, вып. 2. С. 122–128. <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2024-24-2-122-128>, EDN: PUTOIP

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)



Article

Thionation of 4-((4-oxo-4H-chromen-3-yl)methylene)-2-phenyloxazol-5(4H)-one using the LAWESSON'S reagent

E. M. Arzhamova , A. Yu. Egorova

Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia

Ekaterina M. Arzhamova, katerina285@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2078-4151>

Alevtina Yu. Egorova, yegorovaay@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4368-0021>

Abstract. Analysis of periodicals has showed that there is no information on the behavior of hybrid heterocyclic systems containing several pharmacophore fragments based on oxazol-5(4H)-ones and chromen-4(4H)-ones in reactions with thionizing reagents under various conditions. The interaction of 4-((4-oxo-4H-chromen-3-yl)methylene)-2-phenyloxazol-5(4H)-one with Lawesson's reagent (LR) (2,4-bis-[p-methoxyphenyl]) has been studied for the first time – 1,3-dithiaphosphetane-2,4-disulfide) under conditions of thermal activation of the reaction mixture and the use of a closed reactor in the environment of non-polar solvents. Lawesson's reagent is used as a mild thionation agent. The scheme of the interaction has been discussed. Initially, it is assumed that the Lawesson reagent (LR) molecule dissociates into the particles of ylide structure, then the interaction with the carbonyl group of the chromen-4-one fragment of the initial substrate takes place, resulting in the formation of a spirocyclic intermediate, the subsequent decomposition of which produces the final product. It has been established that the use of a closed reactor makes it possible to reduce the transformation time and achieve an increase in the yield of the target product compared to the conventional type of activation of the reaction mixture. It has been shown that under the chosen conditions the transformation proceeds with the preservation of the oxazol-5(4H)-one ring. The composition and structure of the resulting compound have been established on the basis of complex data from elemental analysis, IR and NMR spectroscopy.

Keywords: oxazol-5(4H)-ones, chromen-4(4H)-ones, chromenyloxazolone thio derivatives, physicochemical methods, pressurized vessel reactor, hybrid structures, spectroscopy, Lawesson's reagent (LR)

Acknowledgements. This work received financial support from the Foundation for Assistance to Small Innovative Enterprises (FASIE) (contract No. 18695GU/2023).

For citation: Arzhamova E. M., Egorova A. Yu. Thionation of 4-((4-oxo-4H-chromen-3-yl)methylene)-2-phenyloxazol-5(4H)-one using the LAWESSON'S reagent. *Izvestiya of Saratov University. Chemistry. Biology. Ecology*, 2024, vol. 24, iss. 2, pp. 122–128 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2024-24-2-122-128>, EDN: PUTOIP

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY 4.0)

Введение

Одним из современных подходов к поиску биологически активных препаратов является создание гибридных молекул, включающих несколько фармакофорных фрагментов и групп с разнообразными комбинациями гетероатомов [1–3]. В качестве многообещающих кандидатов, на основе которых могут быть получены подобные гибридные структуры, выступают оксазол-5-оны и хромен-4-оны.

Цикл оксазол-5-она является перспективным билдинг-блоком для получения веществ с широким спектром биологического действия, входя в структуру соединений, обладающих противоопухолевой, антимикробной, антибактериальной и другими видами активности [4–6]. 4Н-хромен-4-оновый фрагмент входит в структуру таких соединений, которые обладают противовирусной, цитотоксической, антибактериальной активностью [7–9].

Сочетание в молекуле структурных фрагментов оксазол-5-она и дополнительного фармакофорного гетероцикла является перспективным вариантом для получения новых биологически активных соединений.

Превращение карбонильной группы в тиокарбонильную группу может значительно изменить физические, химические и биологические свойства органических соединений [10]. Тиокарбонильная группа широко представлена в большом количестве органических соединений. Тиоаналоги лактонов, сложных эфиров и кетонов являются важными биологическими молекулами и широко используются в медицине в качестве терапевтических средств с широким спектром биологической активности [11]. Наличие в одной гибридной молекуле трех различных гетероатомов – азота, кислорода и серы, позволит значительно увеличить потенциал биологического действия подобных структур.

Таким образом, целью данной работы является изучение поведения 4-((4-оксо-4Н-хромен-3-ил)метилена)-2-фенилоксазол-5(4Н)-она в реакции с селективным тионирующим реагентом Lawesson's (LR).

Материалы и методы

Элементный анализ проводился на CHNS анализаторе Elementar Vario Micro cube (Elementar Analysensysteme GmbH, Германия). ИК-спектры



снимали на ИК-фурье-спектрометре Nicolet 6700 (Thermo Scientific, США) в таблетках KBr. Спектры ЯМР ^1H (400 МГц) и ^{13}C (100 МГц) регистрировались на спектрометре Varian 400 (Varian (Agilent), США) в CDCl_3 , внутренний стандарт – ТМС. Однородность соединений подтверждали методом ТСХ на пластинках Alugram® Sil G UV254 (Macherey-Nagel GmbH & Co. KG, Германия), элюент – этилацетат–гексан–ацетон (1:3:1); проявляли в УФ (длина волны 254, 365 нм).

Z-4-((4-Оксо-4Н-хромен-3-ил)метилден)-2-фенилоксазол-5(4Н)-он (**3**) получен по известной методике [12]. ИК-спектр (KBr) ν , cm^{-1} : 1793 (O=C=O), 1649 (C=O), 1613 (C=N), 1562 (C=C). Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д.: 9.73 (с, 1H, $\text{CH}_{\text{хромон}}$), 8.32 (д, 1H, $\text{H}_{\text{аром}}$), 8.17 (д, 2H, $\text{H}_{\text{аром}}$), 7.76 (с, 1H, $\text{CH}_{\text{экз}}$), 7.46–7.74 (м, 6H, $\text{H}_{\text{аром}}$). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д.: 174.95 (C=O $_{\text{хромон}}$), 166.01 (O=C=O), 164.07, 161.16, 155.87, 134.44, 133.61, 133.18, 131.31, 129.13, 128.46, 126.64, 126.14, 126.05, 125.35, 123.80, 121.49, 119.30, 118.33.

2-Фенил-4-((4-тиоксо-4Н-хромен-3-ил)метилден)оксазол-5(4Н)-он (**5**)

Метод А. В коническую колбу объемом 50 мл, снабженную воздушным холодильником, помещают 10 мл абсолютизированного толуола (бензола), 0,1 г (0,3 ммоль) 4-((4-оксо-4Н-хромен-3-ил)метилден)-2-фенилоксазол-5(4Н)-она (**3**), 0,12 г (0,3 ммоль) реагента Лавессона (LR) (**4**). Реакционную смесь нагревают при постоянном перемешивании. Выпавшие оранжевые кристаллы 2-фенил-4-((4-тиоксо-4Н-хромен-3-ил)метилден)оксазол-5(4Н)-она (**5**) отфильтровывают, перекристаллизовывают из толуола (бензола), сушат.

Метод Б. Смесь 0,3 ммоль 4-((4-оксо-4Н-хромен-3-ил)метилден)-2-фенилоксазол-5(4Н)-она (**3**), 0,3 ммоль реагента Лавессона (LR) (**4**) помещают в виалу, добавляют 4 мл абсолютизированного толуола (бензола) и подвергают нагреванию с помощью реактора герметичных сосудов при температуре 90°C. Полученные оранжевые кристаллы 2-фенил-4-((4-тиоксо-4Н-хромен-3-ил)метилден)оксазол-5(4Н)-она (**5**) отфильтровывают, перекристаллизовывают из толуола (бензола), сушат.

Метод А: выход 0.04 г (40%) (толуол), выход 0.03 г (30%) (бензол).

Метод Б: выход 0.08 г (80%) (толуол), выход 0.07 г (70%) (бензол), оранжевые кристаллы, $T_{\text{пл}}$ 225–227°C. ИК-спектр (KBr) ν , cm^{-1} : 1746 (O=C=O), 1634 (C=N), 1612 (C=C), 1071 (C=S). Спектр ЯМР ^1H , δ , м. д.: 10.45 (с, 1H, $\text{CH}_{\text{хромон}}$), 8.70 (с, 1H, $\text{CH}_{\text{экз}}$), 7.96 (д, 2H, $\text{H}_{\text{аром}}$), 7.33–7.57 (м, 6H, $\text{H}_{\text{аром}}$), 6.89 (д, 1H, $\text{H}_{\text{аром}}$). Спектр ЯМР ^{13}C , δ , м. д.: 191.40 (C=S), 165.70 (O=C=O), 164.10, 161.19, 155.88, 134.24, 133.60, 133.19, 132.54, 129.05, 128.97, 127.32, 126.06, 125.37, 123.81, 121.43, 119.28, 118.30. $\text{C}_{19}\text{H}_{11}\text{NO}_3\text{S}$. Вычислено: С 68.46%, Н 3.33%, N 4.20%, S 9.62%. Найдено: С 68.52%, Н 3.28%, N 4.31%, S 9.70%.

Результаты и их обсуждение

Ранее нами были разработаны и описаны методы и условия синтеза 5-*R*-3-арилметилден-3Н-фуран-2-тионов на основе двухкомпонентной реакции арилметилденных производных фуран-2-она с селективно тионирующим реагентом Лавессона. На основе совокупности данных ЯМР спектроскопии было установлено строение 5-*R*-3-арилметилден-3Н-фуран-2-тионов, а также исключалась реализация альтернативных направлений реакции [13].

С целью расширения методов конструирования сложных гибридных гетероциклов, содержащих в своем составе несколько билдинг-блоков с разнообразными комбинациями гетероатомов, которые могут применяться в качестве предшественников ветеринарных препаратов и препаратов медицинского назначения, нами в реакцию тионирования введен изоструктурный аналог фуран-2(3Н)-она – 4-((4-оксо-4Н-хромен-3-ил)метилден)-2-фенилоксазол-5(4Н)-он.

Z-4-((4-Оксо-4Н-хромен-3-ил)метилден)-2-фенилоксазол-5(4Н)-он (**3**) получен по классической методике, взаимодействием гиппуровой кислоты (**1**) с 4-оксо-4Н-хромен-3-карбальдегидом (**2**) в присутствии пропионового ангидрида и ацетата натрия (рис. 1) с выходом 85% [12].

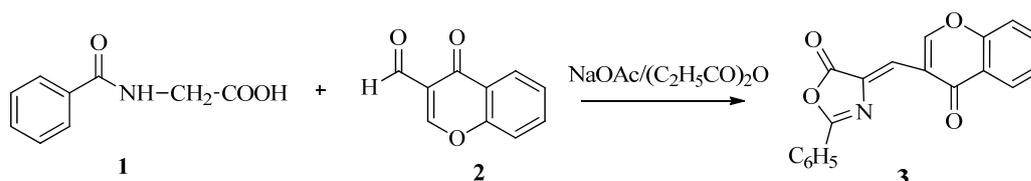


Рис. 1. Синтез 4-((4-Оксо-4Н-хромен-3-ил)метилден)-2-фенилоксазол-5(4Н)-она **3**
Fig. 1. Synthesis of 4-((4-Oxo-4H-chromen-3-yl)methylene)-2-phenyloxazol-5(4H)-one **3**



Нами разработан оптимальный способ получения гибридной гетероциклической системы **5**, основанный на реакции эквимольных количеств 4-((4-оксо-4Н-хромен-3-ил)метил)ен-2-фенилоксазол-5(4Н)-она (**3**) с реагентом Лавессона (LR) (**4**) в абсолютизированном толуоле (бензоле) при термической активации реакционной смеси и использова-

нии реактора закрытого типа с различными выходами (таблица). Использование реагента Лавессона (LR) в качестве сульфидирующего агента обусловлено его высокой растворимостью в органических растворителях, что в результате позволяет достичь существенного увеличения выхода продукта реакции (рис. 2).

Условия синтеза 2-фенил-4-((4-тиоксо-4Н-хромен-3-ил)метил)ен)оксазол-5(4Н)-она

Table. Conditions for the synthesis of 2-phenyl-4-((4-thioxo-4H-chromen-3-yl)methylene)oxazol-5(4H)-one

Опыт / Entry	Растворитель / Solvent	Условия / Conditions	Давление, бар / Pressure, bar	Время, мин / Time, min	Выход, % / Yield, %
1	Толуол / Toluene	Реактор / Reactor	3	15	80
2	Толуол / Toluene	Δ	1	60	40
3	Бензол / Benzene	Реактор / Reactor	3	45	70
4	Бензол / Benzene	Δ	1	180	30

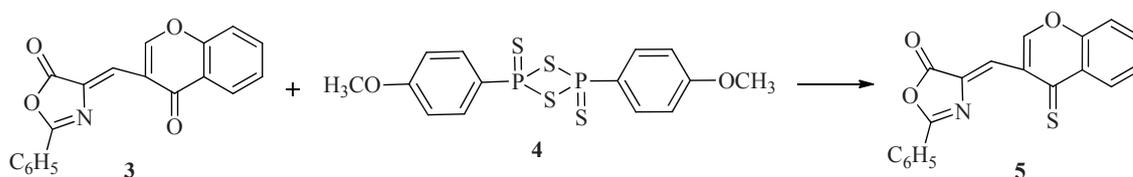


Рис. 2. Синтез 2-фенил-4-((4-тиоксо-4Н-хромен-3-ил)метил)ен)оксазол-5(4Н)-она **5**
 Fig. 2. Synthesis of 2-phenyl-4-((4-thioxo-4H-chromen-3-yl)methylene)oxazol-5(4H)-one **5**

При проведении взаимодействия в классических условиях при использовании бензола в качестве растворителя, время реакции максимально. Последующие попытки сократить время превращения и повысить выход целевого продукта достигались с применением реактора герметичных сосудов. Использование реактора позволило увеличить выход продукта в 2 раза, а также значительно повысить эффективность взаимодействия, что выражается в существенном уменьшении времени реакции по сравнению с классическими условиями (см. таблицу).

Строение 2-фенил-4-((4-тиоксо-4Н-хромен-3-ил)метил)ен)оксазол-5(4Н)-она (**5**) установлено комплексными данными элементного анализа, ИК- и ЯМР-спектроскопии. В ИК-спектре ключевыми полосами поглощения являются полоса поглощения лактонного карбонила (1746 см⁻¹) и тиокарбонильной функции (1071 см⁻¹). Основными сигналами в ЯМР ¹H спектре гибридной структуры **5**, зарегистрированного в CDCl₃, являются синглет протона хромен-4-онового фрагмента при 10.45 м.д. и синглет винилового

протона экзоциклической связи при 8.70 м.д. В слабепольной области спектра ЯМР ¹³C соединения **5** зарегистрированы сигналы лактонного атома углерода при 165.70 м.д. и тиокарбонильного атома углерода хромен-4-онового фрагмента при 191.40 м.д.

Схему процесса можно представить следующим образом, первоначально предполагается диссоциация молекулы «димера» реагента Лавессона (LR) (**4**) на две частицы илидного строения MeO-C₆H₄-P⁺(S)S⁻ – дисульфида (4-метоксифенил)фосфина **6**, далее происходит взаимодействие частицы **6** с карбонильной группой хромен-4-онового фрагмента 4-((4-оксо-4Н-хромен-3-ил)метил)ен)-2-фенилоксазол-5(4Н)-она (**3**), в результате чего образуется соответствующий спироциклический интермедиат **7**. При последующем разложении последнего образуется продукт **5** (рис. 3).

Наличие нескольких реакционных центров в молекуле исходного соединения **3** дает возможность предположить образование разнообразных продуктов реакций (рис. 4).

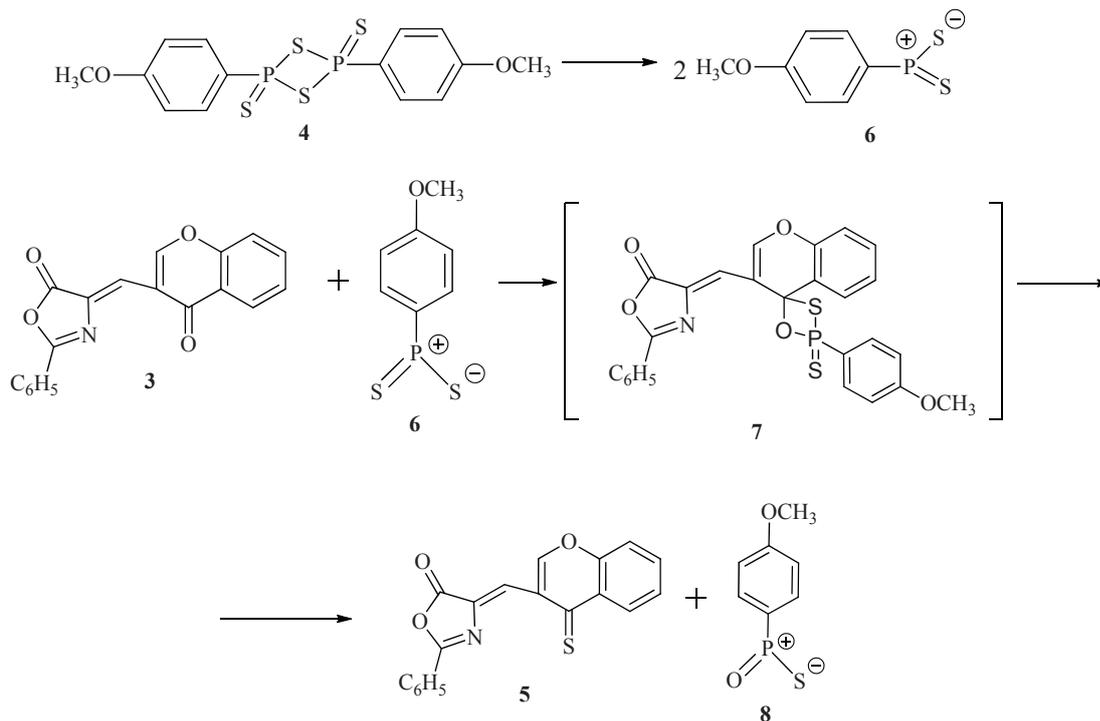


Рис. 3. Схема образования целевой гибридной системы 5

Fig. 3. Scheme of formation of the target hybrid system 5

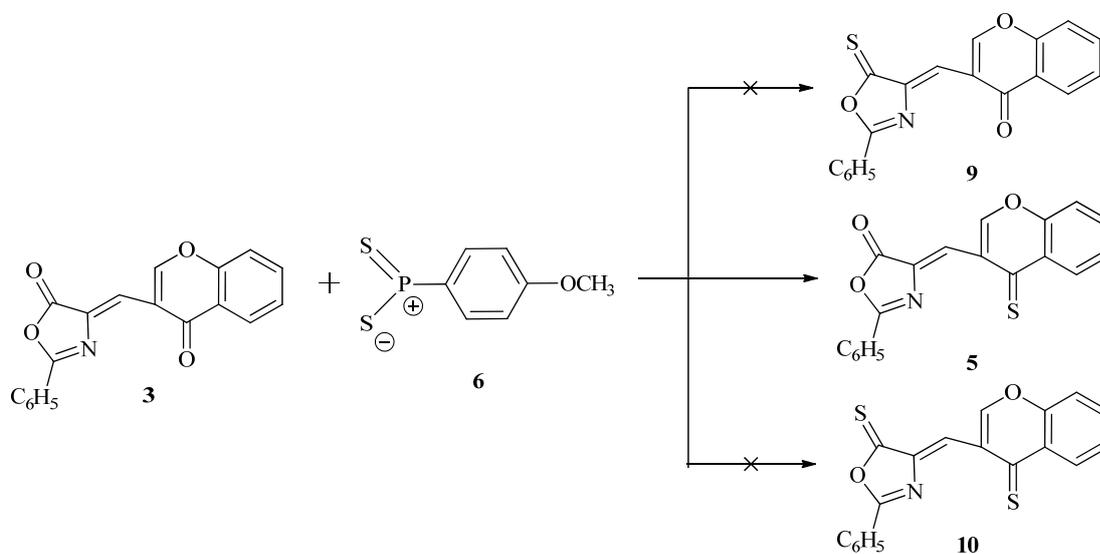


Рис. 4. Возможные продукты реакции тионирования 4-((4-оксо-4H-хромен-3-ил)метилена)-2-фенилоксазол-5(4H)-она 3

Fig. 4. Possible products of the thionation reaction of 4-((4-oxo-4H-chromen-3-yl)methylene)-2-phenyloxazol-5(4H)-one 3

Не исключалась реализация протекания реакции тионирования по оксазол-5-оновому фрагменту 4-((4-оксо-4H-хромен-3-ил)метилена)-2-фенилоксазол-5(4H)-она (3) с возможностью образования хроменилоксазолтиона 9, либо про-

дукта тионирования по обоим фармакофорным фрагментам с получением тиоксохроменилоксазолтиона 10. Однако получить продукты 9 и 10 не удалось. Наибольший дефицит электронной плотности на оксогруппе хромен-4-онового



фрагмента 4-((4-оксо-4Н-хромен-3-ил)метил)-2-фенилоксазол-5(4Н)-она (**3**) и его стерический объем, вероятно, не позволяют реализовать реакцию по оксазол-5-оновому фрагменту. Согласно спектральным данным единственным продуктом реакции тионирования соединения **3** является тиюксохроменилоксазолон **5**.

Заключение

Таким образом, нами разработан способ синтеза гибридной гетероциклической структуры с несколькими фармакофорными фрагментами – 2-фенил-4-((4-тиоксо-4Н-хромен-3-ил)метил)оксазол-5(4Н)-она реакцией тионирования 4-((4-оксо-4Н-хромен-3-ил)метил)-2-фенилоксазол-5(4Н)-она селективным тионирующим реагентом Лавессона (LR). Показана реализация протекания реакции только по одному направлению, а именно по хромен-4-оновому фрагменту.

Список литературы

1. Parveen M., Ahmad F., Malla A. M., Azaz S., Silva M. R., Silva P. S. P. [Et₃NH][HSO₄]-mediated functionalization of hippuric acid: An unprecedented approach to 4-arylidene-2-phenyl-5(4H)-oxazolones // RSC Adv. 2015. Vol. 46, iss. 43. P. 52330–52346. <https://doi.org/10.1002/chin.201543140>
2. Arzyamova E. M., Tarasov D. O., Yegorova A. Yu. Synthesis and characterization of hybrid structures based on furan-2(3h)-ones and chromen-4(4h)-ones – potential antibacterial activity // Chemistry Proceedings. 2023. Vol. 14, № 1. <https://doi.org/10.3390/ecsoc-27-16062>
3. Salema M. S., El-Helwa E. A. E., Derbala H. A. Y. Development of chromone–pyrazole-based anticancer agents // Russ. J. Bioorganic Chem. 2020. Vol. 46, № 1. P. 77–84. <https://doi.org/10.1134/S1068162020010094>
4. Savariz F. C., Foglio M. A., De Carvalho J. E., Ruiz A. L. T. G., Duarte M. C. T., Da Rosa M. F., Meyer E., Sarragiotto M. H. Synthesis and evaluation of new β-carboline-3-(4-benzylidene)-4H-oxazol-5-one derivatives as antitumor agents // Molecules. 2012. Vol. 17, № 5. P. 6100–6113. <https://doi.org/10.3390/molecules17056100>
5. Rambabu B., Priyanka B., Rao Dr. N. K. Design, synthesis and biological evaluation of a novel series of oxazolones promoted by K₃PO₄ as catalyst // World J. Pharm. Res. 2023. Vol. 12, iss. 6. P. 916–928. <https://doi.org/10.20959/wjpr20236-27858>
6. Apostol T-V., Chifriuc M. C., Nitulescu G. M., Olaru O. T., Barbuceanu S-F., Socea L-I., Pahontu E. M., Karmezan C. M., Marutescu L. G. In silico and in vitro assessment of antimicrobial and antibiofilm activity of

some 1,3-oxazole-based compounds and their isosteric analogues // Appl. Sci. 2022. Vol. 12, № 11. <https://doi.org/10.3390/app12115571>

7. Peng F., Liu T., Wang Q., Liu F., Cao X., Yang J., Liu L., Xie C., Xue W. Antibacterial and antiviral activities of 1,3,4-oxadiazole thioether 4 H-chromen-4-one derivatives // J. Agric. Food Chem. 2021. Vol. 69, № 37. P. 11085–11094. <https://dx.doi.org/10.1021/acs.jafc.1c03755>
8. Jiang S., Su S., Chen M., Peng F., Zhou Q., Liu T., Liu L., Xue W. Antibacterial activities of novel dithiocarbamate-containing 4H-chromen-4-one derivatives // J. Agric. Food Chem. 2020. Vol. 68, № 20. P. 5641–5647. <https://dx.doi.org/10.1021/acs.jafc.0c01652>
9. Kurt-Kızıldoğan A., Akarsu N., Otur Ç., Kivrak A., Aslan-Ertas N., Arslan S., Mutlu D., Konus, M., Yilmaz C., Cetin D., Topal T., Şahin N. A novel 4H-chromen-4-one derivative from marine *Streptomyces ovatisporus* S4702T as potential antibacterial and anti-cancer agent // Anticancer Agents Med. Chem. 2022. Vol. 22, № 2. P. 362–370. <https://dx.doi.org/10.2174/1871520621666210311085748>
10. Cava M. P., Levinson M. I. Thionation reactions of Lawessons reagent // Tetrahedron. 1985. Vol. 41, № 22. P. 5061–5087. [https://doi.org/10.1016/S0040-4020\(01\)96753-5](https://doi.org/10.1016/S0040-4020(01)96753-5)
11. Abou-Elmagd W. S. I., Hashem A. I. Synthesis and antitumor activity evaluation of some novel-fused and spiro heterocycles derived from a 2(3H)-furanone derivative // J. Heterocyclic Chem. 2016. Vol. 53, № 1. P. 202–208. <https://doi.org/10.1002/jhet.2401>
12. Fitton A. O., Frost J. R., Suschitzky H., Houghton P. G. Conversion of 3-formylchomons into pyrrole and thiophene derivatives // Synthesis. 1977. № 2. P. 133–135. <https://doi.org/10.1055/s-1977-24298>
13. Аниськова Т. В., Стулова Е. Г., Бабкина Н. В., Егорова А. Ю. Взаимодействие 5-R-3-арилметилен-3Н-фуран-2-онов с реактивом Лавессона // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 8-4. С. 512–515. ID: 26725847. EDN: WMVWTX

References

1. Parveen M., Ahmad F., Malla A. M., Azaz S., Silva M. R., Silva P. S. P. [Et₃NH][HSO₄]-mediated functionalization of hippuric acid: An unprecedented approach to 4-arylidene-2-phenyl-5(4H)-oxazolones. RSC Adv., 2015, vol. 46, iss. 43, pp. 52330–52346. <https://doi.org/10.1002/chin.201543140>
2. Arzyamova E. M., Tarasov D. O., Yegorova A. Yu. Synthesis and characterization of hybrid structures based on furan-2(3H)-ones and chromen-4(4H)-ones – potential antibacterial activity. Chemistry Proceedings., 2023, vol. 14, no. 1. <https://doi.org/10.3390/ecsoc-27-16062>
3. Salema M. S., El-Helwa E. A. E., Derbala H. A. Y. Development of chromone–pyrazole-based anticancer



- agents. *Russ. J. Bioorganic Chem.*, 2020, vol. 46, no. 1, pp. 77–84. <https://doi.org/10.1134/S1068162020010094>
4. Savariz F. C., Foglio M. A., De Carvalho J. E., Ruiz A. L. T. G., Duarte M. C. T., Da Rosa M. F., Meyer E., Sarragiotto M. H. Synthesis and evaluation of new β -carboline-3-(4-benzylidene)-4H-oxazol-5-one derivatives as antitumor agents. *Molecules*, 2012, vol. 17, no. 5, pp. 6100–6113. <https://doi.org/10.3390/molecules17056100>
 5. Rambabu B., Priyanka B., Rao Dr. N. K. Design, synthesis and biological evaluation of a novel series of oxazolones promoted by K_3PO_4 as catalyst. *World J. Pharm. Res.*, 2023, vol. 12, iss. 6, pp. 916–928. <https://doi.org/10.20959/wjpr20236-27858>
 6. Apostol T-V., Chifiriuc M. C., Nitulescu G. M., Olaru O. T., Barbuceanu S-F., Socea L-I., Pahontu E. M., Karnezan C. M., Marutescu L. G. In silico and in vitro assessment of antimicrobial and antibiofilm activity of some 1,3-oxazole-based compounds and their isosteric analogues. *Appl. Sci.*, 2022, vol. 12, no. 11. <https://doi.org/10.3390/app12115571>
 7. Peng F., Liu T., Wang Q., Liu F., Cao X., Yang J., Liu L., Xie C., Xue W. Antibacterial and antiviral activities of 1,3,4-oxadiazole thioether 4-H-chromen-4-one derivatives. *J. Agric. Food Chem.*, 2021, vol. 69, no. 37, pp. 11085–11094. <https://dx.doi.org/10.1021/acs.jafc.1c03755>
 8. Jiang S., Su S., Chen M., Peng F., Zhou Q., Liu T., Liu L., Xue W. Antibacterial activities of novel dithiocarbamate-containing 4H-chromen-4-one derivatives. *J. Agric. Food Chem.*, 2020, vol. 68, no. 20, pp. 5641–5647. <https://dx.doi.org/10.1021/acs.jafc.0c01652>
 9. Kurt-Kızıldoğan A., Akarsu N., Otur Ç., Kivrak A., Aslan-Ertas N., Arslan S., Mutlu D., Konus, M., Yılmaz C., Cetin D., Topal T., Şahin N. A novel 4H-chromen-4-one derivative from marine *Streptomyces ovatisporus* S4702T as potential antibacterial and anti-cancer agent. *Anticancer Agents Med. Chem.*, 2022, vol. 22, no. 2, pp. 362–370. <https://dx.doi.org/10.2174/1871520621666210311085748>
 10. Cava M. P., Levinson M. I. Thionation reactions of Lawessons reagent. *Tetrahedron*, 1985, vol. 41, no. 22, pp. 5061–5087. [https://doi.org/10.1016/S0040-4020\(01\)96753-5](https://doi.org/10.1016/S0040-4020(01)96753-5)
 11. Abou-Elmagd W. S. I., Hashem A. I. Synthesis and antitumor activity evaluation of some novel-fused and spiro heterocycles derived from a 2(3H)-furanone derivative. *J. Heterocyclic Chem.*, 2016, vol. 53, no. 1, pp. 202–208. <https://doi.org/10.1002/jhet.2401>
 12. Fitton A. O., Frost J. R., Suschitzky H., Houghton P. G. Conversion of 3-formylchomons into pyrrole and thiophene derivatives. *Synthesis*, 1977, no. 2, pp. 133–135. <https://doi.org/10.1055/s-1977-24298>
 13. Aniskova T. V., Stulova E. G., Babkina N. V., Egorova A. Yu. Reaction of 5-R-3-arylmethylidene-3H-furan-2-ones with Lawesson's reagent. *International Journal of Applied and Basic Research*, 2016, no. 8-4, pp. 512–515 (in Russian). ID: 26725847. EDN: WMVWTX

Поступила в редакцию 09.12.2023; одобрена после рецензирования 16.02.2024; принята к публикации 19.02.2024
The article was submitted 09.12.2023; approved after reviewing 16.02.2024; accepted for publication 19.02.2024