

ISSN 1561-8331 (Print)

ISSN 2524-2342 (Online)

УДК 547.442.3 + 547.562 + 547.786.1 + 547.788

<https://doi.org/10.29235/1561-8331-2020-56-2-187-191>

Поступила в редакцию 26.02.2020

Received 26.02

Е. А. Акишина, Е. А. Дикусар, С. К. Петкевич, В. И. Поткин*Институт физико-органической химии Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь*

СИНТЕЗ ИЗОКСАЗОЛЬНЫХ И ИЗОТИАЗОЛЬНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ КУРКУМИНА

Аннотация. Куркумин – химическое соединение, содержащееся в клубневидных корневищах растения куркума и обладающее антиоксидантными свойствами, а также оказывающее сильное противовоспалительное, противовирусное, болеутоляющее, антимикробное и противоопухолевое действия. Производные куркумина интенсивно исследуются в качестве потенциальных лекарственных средств – противоопухолевых препаратов для терапии некоторых форм онкологических заболеваний. Благодаря присутствию в его молекуле реакционноспособных функциональных групп может служить удобным и легкодоступным исходным соединением для последующей химической модификации. Описан синтез сложных эфиров куркумина и 5-фенилизоксазол-3-карбоновой, 5-(*p*-толил)изоксазол-3-карбоновой, 4,5-дихлоризотиазол-3-карбоновой кислот и аддукта 5-(*p*-толил)изоксазол-3-карбальдегида с куркумином. Сложные эфиры получали ацилированием куркумина хлорангидридами гетероциклосодержащих карбоновых кислот в среде диэтилового эфира в присутствии триэтиламина. Приведены ИК- и ЯМР-спектры полученных соединений.

Ключевые слова: куркумин, сложные эфиры, изоксазол, изотиазол, конденсация, ацилирование, аддукт

Для цитирования. Синтез изоксазольных и изотиазольных производных куркумина / Е. А. Акишина [и др.] // Вест. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. хім. навук. – 2020. – Т. 56, № 2. – С. 187–191. <https://doi.org/10.29235/1561-8331-2020-56-2-187-191>

E. A. Akishina, E. A. Dikusar, S. K. Petkevich, V. I. Potkin*¹Institute of Physical Organic Chemistry of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus*

SYNTHESIS OF ISOXAZOLE AND ISOTHAZOLE DERIVATIVES OF CURCUMIN

Abstract. Curcumin is a chemical compound with antioxidant properties as well as strong anti-inflammatory, antiviral, analgesic, antimicrobial and antitumor effect, contained in the tuberous rhizomes of the turmeric plant (*Curcuma longa*). Curcumin derivatives are being intensively studied as potential drugs – antitumor drugs for the treatment of certain forms of cancer. The presence of reactive functional groups makes curcumin a convenient starting compound for the further chemical modification. The esters of curcumin and 5-phenylisoxazole-3-carboxylic acid, 5-(*p*-tolyl)isoxazole-3-carboxylic acid, 4,5-dichloroisothiazole-3-carboxylic acid and adduct of 5-(*p*-tolyl)isoxazol-3-carbaldehyde with curcumin were synthesized. Esters were obtained by acylation of curcumin with heterocycle-containing carboxylic acid chloride in diethyl ether in the presence of triethylamine. The IR and NMR spectra of the obtained compounds are described.

Keywords: curcumin, esters, isoxazole, isothiazole, condensation, acylation, adduct

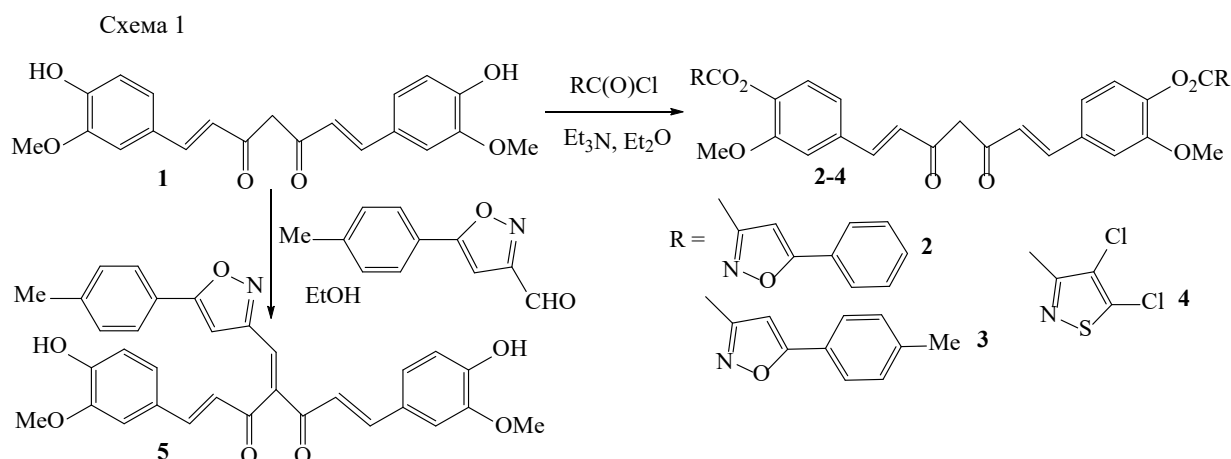
For citation. Akishina E. A., Dikusar E. A., Petkevich S. K., Potkin V. I. Synthesis of isoxazole and isothiazole derivatives of curcumin. *Vestsi Natsyonal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya khimichnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Chemical series*, 2020, vol. 56, no. 2, pp. 187–191 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1561-8331-2020-56-2-187-191>

Введение. Куркума или индийский шафран – это желтоватый порошок, который получают из клубневидных корневищ растений куркума (лат. *curcuma*) семейства имбирные (*zingiberaceae*) – специя с очень сильным ароматом и горьковатым вкусом, похожая на корень имбиря, широко используется в качестве приправы к рису, мясным и рыбным блюдам. Куркума также является лекарственным растением, используемым в медицине. Исследования подтвердили антиоксидантные свойства куркумина **1** [1, 2], содержащегося в куркуме и оказывающего сильное противовоспалительное, противовирусное, болеутоляющее, антимикробное и противоопухолевое действия [3–5]. Куркумин – мощный антиоксидант, который блокирует свободные радикалы, повреждающие клетки и укрепляет иммунную систему организма, что улучшает сопротивляемость клеток к внешним инфекциям и злокачественным опухолям [2].

Куркумин (1,7-бис(4-гидрокси-3-метоксифенил)-1,6-гептадиен-3,5-дион) **1**, добываемый из куркумы, входит в состав лекарственного препарата куркумола, являющегося противовоспалитель-

ным средством и антиоксидантом. Кроме того, благодаря присутствию в его молекуле реакционноспособных функциональных групп, может служить удобным и легкодоступным исходным соединением для последующей химической модификации. Производные куркумина **1** интенсивно исследуются в качестве потенциальных лекарственных средств – противоопухолевых препаратов для терапии некоторых форм онкологических заболеваний [6–8]. В эксперименте *in vitro* на клеточных культурах куркумина **1** способен вызывать апоптоз раковых клеток без выраженного цитотоксического воздействия на здоровые клетки [9]. Кроме того, производные куркумина **1** обладают противоокислительным, противоамилоидным и противовоспалительным действием [10–13].

Среди проблем, возникающих при конструировании новых практически значимых соединений, ключевыми следует выделить идентификацию наиболее перспективных функциональных групп и обеспечение их оптимального пространственного взаиморасположения, что необходимо для проявления конечной молекулярной структуры требуемых свойств. Это достигается при использовании специфических линкеров, которые могут являться и важными функциональными элементами молекул. Примеры линкеров такого типа – замещенные фенолы природного происхождения (4-гидрокси-3-метоксибензальдегид – ванилин и 4-гидрокси-3-этоксibenзальдегид – ванилаль), которые служат как душистыми веществами, так и эффективными блоками для конструирования биологически активных соединений [14]. Это связано с тем, что многие белковые центры (сайты) обладают гораздо более высокой специфичностью связывания именно с субстратами, содержащими специфические 4-гидрокси-3-метоксифенильные фрагменты. К этому классу биологически активных соединений можно отнести 4-аллил-2-метоксифенол – эвгенол, алкалоид ванилиламид 8-метил-6-ноненовой кислоты – капсаицин и куркумин **1**.



Путем простой химической модификации **1** (схема 1) были синтезированы сложные эфиры куркумина и 5-арилизоксазол-3-карбоновых **2**, **3** и 4,5-дихлоризотиазол-3-карбоновой кислоты **4** и аддукт 5-(*p*-толил)изоксазол-3-карбальдегида с куркумином – (1*E*,6*E*)-1,7-бис(4-гидрокси-3-метоксифенил)-4-[[5-(*p*-толил)изоксазол-3-ил]метил]гепта-1,6-диен-3,5-дион **5**.

Сложные эфиры **2–4** получали перемешиванием (36 ч) смеси куркумина **1**, хлорангидрида азоликарбоновой кислоты и Et_3N в среде сухого Et_2O с выходом 82–88 %. Аддукт **5** получали кипячением (64 ч) смеси куркумина **1** и 5-(*p*-толил)изоксазол-3-карбальдегида (1 : 1) в присутствии пиперидина в среде 96 %-ного EtOH с выходом 75 %.

Состав и строение соединений установлены на основании данных элементного анализа, ИК-, УФ-, ЯМР ^1H - и ^{13}C -спектроскопии. Полученные соединения **2–5** представляют интерес для исследования их биологической, в частности противомикробной, активности и были переданы на биотестирование. Кроме того, эти производные куркумина (в данном случае – производные красителя тумаровый желтый) являются перспективными субстратами для получения поляроидных пленок [15].

Экспериментальная часть. ИК-спектры соединений **2–5** записаны на Фурье-спектрофотометре Protege-460 фирмы Nicolet с приготовлением образцов в виде таблеток с KBr. УФ-спектры соединений **2–5** были сняты на спектрофотометре Varian Cary 300 с использованием кварцевых кювет с $l = 1$ см. В качестве растворителя применяли метанол. Концентрация исследуемых соеди-

нений составляла $c = 10^{-5}$ моль/л. Спектры ЯМР ^1H и ^{13}C соединений **2**, **4** записаны на спектрометре Bruker Avance-500. Химические сдвиги измерены относительно остаточных сигналов дейтерированного растворителя [НМРА- d_{18} , δ_{H} 2,73 м.д., δ_{C} 35,83 м.д.]. Запись ЯМР спектров остальных соединений **3**, **5** оказалась невозможной из-за их крайне низкой растворимости в обычно применяемых растворителях.

Сложные эфиры 2–4. Общая методика. Смесь 2,2 ммоль хлорангидрида изоксазол- или изотиазолкарбоновой кислоты, 0,37 г куркумина **1** и 0,25 г (2,5 ммоль) триэтиламина в 100 мл абсолютного эфира перемешивали при 20–23 °С в течение 36 ч. Выпавший осадок отфильтровывали, промывали эфиром (3×10 мл) и большим количеством горячей воды (5×50 мл, 50–60 °С). Продукты реакций сушили на воздухе при 40–50 °С 1–2 сут. Полученные сложные эфиры **2–4** не требовали дальнейшей очистки.

[(1E,6E)-3,5-Диоксогепта-1,6-диен-1,7-диил]бис(2-метокси-4,1-фенилен) бис(5-фенилизоксазол-3-карбоксилат) (2). Выход 82 %, т. пл. 255–256 °С. ИК спектр, ν , см^{-1} : 3124 ($\text{CH}_{\text{изокс}}$), 1753 ($\text{C}=\text{O}$), 1628 ($\text{C}=\text{O}$), 1598, 1573, 1512, 1467, 1446, 1435, 1413, 1302, 1255, 1224, 1158, 1128, 1026, 991, 976, 948, 858, 850, 800, 762, 686, 676, 550. УФ спектр, λ_{max} , нм (ϵ): 269 (6000), 419 (6000). Спектр ЯМР ^1H (500 МГц, НМРА- d_{18}), δ , м.д.: 4,19 с (6H, 2Me), 6,69 с (1H, C=H), 7,41 д (2H, 2C=H, J 15,9 Гц), 7,62 д (2H_{аром}, J 8,9 Гц), 7,72 д (2H_{аром}, J 8,1 Гц), 7,81–7,86 м (6H_{аром}), 7,98 д (2H, 2C=H, J 15,8 Гц), 8,10 уш.с (2H_{аром}), 8,39 с (2CH_{изокс}), 8,45–8,51 м (4H_{аром}), 11,21 уш.с (1H, OH). Спектр ЯМР ^{13}C (125 МГц, НМРА- d_{18}), δ , м.д.: 56,59 (2Me), 101,51 (2CH_{изокс}), 102,25 (C=H), 113,31 (2CH_{аром}), 121,72 (2CH_{аром}), 123,46 (2C=H), 125,72 (2CH_{аром}), 126,55 (4CH_{аром}), 129,73 (4CH_{аром}), 131,47 (2CH_{аром}), 139,99 (2C=H), 126,96, 135,34, 140,75, 151,82, 156,78, 157,50, 172,30, 183,99 (16C_{четв}). Найдено, %: С 69,51; Н 4,63; N 3,34. $\text{C}_{41}\text{H}_{30}\text{N}_2\text{O}_{10}$. Вычислено, %: С 69,29; Н 4,25; N 3,94. M 710,68.

[(1E,6E)-3,5-Диоксогепта-1,6-диен-1,7-диил]бис(2-метокси-4,1-фенилен) бис([5-(*p*-толил)изоксазол-3-карбоксилат] (3). Выход 82 %, т. пл. 260–262 °С. ИК спектр, ν , см^{-1} : 3126 ($\text{CH}_{\text{изокс}}$), 1755 ($\text{C}=\text{O}$), 1629 ($\text{C}=\text{O}$), 1599, 1512, 1467, 1445, 1412, 1305, 1256, 1224, 1161, 1130, 1103, 1027, 990, 978, 947, 863, 862, 850, 808, 768, 680, 500. УФ спектр, λ_{max} , нм (ϵ): 274 (7000), 415 (4000). Найдено, %: С 70,12; Н 4,73; N 3,49. $\text{C}_{43}\text{H}_{34}\text{N}_2\text{O}_{10}$. Вычислено, %: С 69,91; Н 4,64; N 3,79. M 738,74.

[(1E,6E)-3,5-Диоксогепта-1,6-диен-1,7-диил]бис(2-метокси-4,1-фенилен) бис(4,5-дихлоризотиазол-3-карбоксилат) (4). Выход 85 %, т. пл. 164–165 °С. ИК спектр, ν , см^{-1} : 1754 ($\text{C}=\text{O}$), 1631 ($\text{C}=\text{O}$), 1597, 1508, 1483, 1460, 1411, 1397, 1369, 1351, 1301, 1253, 1207, 1185, 1160, 1140, 1119, 1069, 1031, 963, 868, 841, 818, 773, 746, 725, 547, 516. УФ спектр, λ_{max} , нм (ϵ): 267 (13000), 418 (35000). Спектр ЯМР ^1H (500 МГц, НМРА- d_{18}), δ , м.д.: 4,19 с (6H, 2Me), 6,66 с (1H, C=H), 7,38 д (2H, 2C=H, J 15,9 Гц), 7,62 д (2H_{аром}, J 8,9 Гц), 7,69 д (2H_{аром}, J 8,1 Гц), 7,96 д (2H, 2C=H, J 15,8 Гц), 8,08 уш.с (2H_{аром}), 11,20 уш.с (1H, OH). Спектр ЯМР ^{13}C (125 МГц, НМРА- d_{18}), δ , м.д.: 56,61 (2Me), 102,21 (C=H), 113,33 (2CH_{аром}), 121,68 (2CH_{аром}), 123,45 (2C=H), 125,67 (2CH_{аром}), 139,95 (2C=H), 125,47, 135,34, 140,77, 151,50, 151,77, 153,77, 158,53, 183,95 (16C_{четв}). Найдено, %: С 47,98; Н 2,55; Cl 19,30; N 3,80; S 8,67. $\text{C}_{29}\text{H}_{18}\text{Cl}_4\text{N}_2\text{O}_8\text{S}_2$. Вычислено, %: С 47,82; Н 2,49; Cl 19,47; N 3,85; S 8,80. M 728,40.

(1E,6E)-1,7-бис(4-гидрокси-3-метоксифенил)-4-[[5-(*p*-толил)изоксазол-3-ил] метиле]гепта-1,6-диен-3,5-дион (5). Смесь 0,37 г (1 ммоль) куркумина **1** и 0,19 г (1 ммоль) 5-(*p*-толил)изоксазол-3-карбальдегида в 100 мл. 96 %-ного EtOH в присутствии 0,1 г (1,2 ммоль) пиперидина кипятить в течение 64 ч. Полученный раствор разбавляли водой, выпавший осадок отфильтровывали, промывали большим количеством горячей воды (5×50 мл, 50–60 °С) и гексаном (3×10 мл). Продукт сушили на воздухе при 40–50 °С 1–2 сут. Полученный аддукт **5** не требовал дальнейшей очистки. Выход 75 %, т. пл. 150–152 °С. ИК спектр, см^{-1} : 3125 ($\text{CH}_{\text{изокс}}$), 1584 ($\text{C}=\text{C}=\text{O}$), 1513, 1463, 1451, 1429, 1269, 1206, 1167, 1122, 1031, 979, 815, 505. УФ спектр, λ_{max} , нм (ϵ): 266 (28000), 362 (23000). Найдено, %: С 71,61; Н 5,16; N 2,40. $\text{C}_{32}\text{H}_{27}\text{NO}_7$. Вычислено, %: С 71,50; Н 5,06; N 2,61. M 537,56.

Список использованных источников

- Xu, P. Curcumin protects rat heart mitochondria against anoxia-reoxygenation induced oxidative injury / P. Xu [et al.] // Canadian Journal of Physiology and Pharmacology. – 2013. – Vol. 91, N 9. – P. 715–723. <https://doi.org/10.1139/cjpp-2013-0055>
- Menon, V. P. Antioxidant and anti-inflammatory properties of curcumin / V. P. Menon, A. R. Sudheer // Advances in experimental medicine and biology. – 2007. – Vol. 595. – P. 105–125. https://doi.org/10.1007/978-0-387-46401-5_3

3. Alsamydai, A. Pharmacological aspects of curcumin: review article / A. Alsamydai, N. Jaber // *International Journal of Pharmacognosy*. – 2018. – Vol. 5, N 6. – P. 313–326. [https://doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.IJP.5\(6\).313-26](https://doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.IJP.5(6).313-26)
4. Gul, P. Antimicrobial activity of turmeric extract and its potential use in food industry / P. Gul, J. Bakht // *Journal of Food Science and Technology*. – 2015. – Vol. 52. – P. 2272–2279. <https://doi.org/10.1007/s13197-013-1195-4>
5. Said, S. A.-A. Prevention of sodiumvalproate-induced hepatotoxicity by curcumin, rosiglitazone and N-acetylcysteine in rats / S. A.-A. Said, D. S. El-Agamy // *Arzneimittelforschung*. – 2010. – Vol. 60, N 11. – P. 647–653. <https://doi.org/10.1055/s-0031-1296342>
6. Cridge, B. J. Curcumin and its derivatives in breast cancer: Current developments and potential for the treatment of drug-resistant cancers / B. J. Cridge, L. Larsen, R. J. Rosengren // *Oncology Discovery*. – 2013. – Vol. 1, N 6. – P. 1–9. <https://doi.org/10.7243/2052-6199-1-6>
7. Identification of 4-Arylidene Curcumin Analogues as Novel Proteasome Inhibitors for Potential Anticancer Agents Targeting 19S Regulatory Particle Associated Deubiquitinase / X. Yue [et al.] // *Biochemical Pharmacology*. – 2017. – Vol. 137. – P. 29–50. <https://doi.org/10.1016/j.bcp.2017.04.032>
8. Mbese, Z. Curcumin and Its Derivatives as Potential Therapeutic Agents in Prostate, Colon and Breast Cancers / Z. Mbese, V. Khwaza, B. A. Aderibigbe // *Molecules*. – 2019. – Vol. 24, N 23. – P. 4386. <https://doi.org/10.3390/molecules24234386>
9. Effects of Stable Degradation Products of Curcumin on Cancer Cell Proliferation and Inflammation / K. Z. Sanidad [et al.] // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. – 2016. – Vol. 64, N 2. – P. 9189–9195. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b04343>
10. Multicomponent synthesis of new curcumin-based pyrano[2,3-d]pyrimidine derivatives using a nano-magnetic solid acid catalyst / F. Panahi // *New Journal of Chemistry*. – 2017. – Vol. 41, N 20. – P. 12293–12302. <https://doi.org/10.1039/C7NJ02370G>
11. Synthesis and Biological Evaluation of Curcumin Derivatives Containing NSAIDs for Their Anti-inflammatory Activity / W. Liu [et al.] // *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*. – 2015. – Vol. 25, N 15. – P. 3044–3051. <https://doi.org/10.1016/j.bmcl.2015.04.077>
12. Synthesis of innovative biochemical active mixed ligand metal(II) complexes with thiazole containing Schiff base: In vitro antimicrobial profile / N. Raman [et al.] // *Applied Organometallic Chemistry*. – 2017. – Vol. 32, N 1. – P. 1–13. <https://doi.org/10.1002/aoc.3922>
13. Herbo-mineral based Schiff base ligand and its metal complexes: Synthesis, characterization, catalytic potential and biological applications / A. Kareem [et al.] // *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*. – 2016. – Vol. 160. – P. 163–171. <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2016.03.030>
14. Дикусар, Е. А. Простые и сложные эфиры в линкерных технологиях. Современные аспекты молекулярного дизайна – от душистых веществ до биологически активных соединений / Е. А. Дикусар. – Saarbrücken, Deutschland: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. – 582 с.
15. Polarization, excited states, trans-cis properties and anisotropy of thermal and electrical conductivity of the 4-(phenyldiazonyl)aniline in PVA matrix / S. Shahab [et al.] // *Journal of Molecular Structure*. – 2017. – Vol. 1141. – P. 703–709. <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2017.04.014>

References

1. Xu P., Yao Y., Guo P., Wang T., Yang B., Zhang Z. Curcumin protects rat heart mitochondria against anoxia-reoxygenation induced oxidative injury. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*, 2013, vol. 91, no. 9, pp. 715–723. <https://doi.org/10.1139/cjpp-2013-0055>
2. Menon V. P., Sudheer A. R. Antioxidant and anti-inflammatory properties of curcumin. *Advances in experimental medicine and biology*, 2007, vol. 595, pp. 105–125. https://doi.org/10.1007/978-0-387-46401-5_3
3. Alsamydai A., Jaber N. Pharmacological aspects of curcumin: review article. *International Journal of Pharmacognosy*, 2018, vol. 56, no. 6, pp. 313–326. [https://doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.IJP.5\(6\).313-26](https://doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.IJP.5(6).313-26)
4. Gul P., Bakht J. Antimicrobial activity of turmeric extract and its potential use in food industry. *Journal of Food Science and Technology*, 2015, vol. 52, pp. 2272–2279. <https://doi.org/10.1007/s13197-013-1195-4>
5. Said S. A.-A., El-Agamy D. S. Prevention of sodiumvalproate-induced hepatotoxicity by curcumin, rosiglitazone and N-acetylcysteine in rats. *Arzneimittelforschung*, 2010, vol. 60, no. 11, pp. 647–653. <https://doi.org/10.1055/s-0031-1296342>
6. Cridge B. J., Larsen L., Rosengren R. J. Curcumin and its derivatives in breast cancer: Current developments and potential for the treatment of drug-resistant cancers. *Oncology Discovery*, 2013, vol. 1, no. 6, pp. 1–9. <https://doi.org/10.7243/2052-6199-1-6>
7. Yue X., Zuo Y., Ke H., Luo J., Lou L., Qin W., Wang Y., Liu Z., Chen D., Sun H., Zheng W., Zhu C., Wang R., Wen G., Du J., Zhou B., Bu X. Identification of 4-Arylidene Curcumin Analogues as Novel Proteasome Inhibitors for Potential Anticancer Agents Targeting 19S Regulatory Particle Associated Deubiquitinase. *Biochemical Pharmacology*, 2017, vol. 137, pp. 29–50. <https://doi.org/10.1016/j.bcp.2017.04.032>
8. Mbese Z., Khwaza V., Aderibigbe B. A. Curcumin and Its Derivatives as Potential Therapeutic Agents in Prostate, Colon and Breast Cancers. *Molecules*, 2019, vol. 24, no. 23, pp. 4386. <https://doi.org/10.3390/molecules24234386>
9. Sanidad K. Z., Zhu J., Wang W., Du Z., Zhang G. Effects of Stable Degradation Products of Curcumin on Cancer Cell Proliferation and Inflammation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2016, vol. 64, no. 2, pp. 9189–9195. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b04343>
10. Panahi F., Niknam E., Sarikhani S., Haghghi F., Khalafi-Nezhada A. Multicomponent synthesis of new curcumin-based pyrano[2,3-d]pyrimidine derivatives using a nano-magnetic solid acid catalyst. *New Journal of Chemistry*, 2017, vol. 41, no. 20, pp. 12293–12302. <https://doi.org/10.1039/C7NJ02370G>

11. Liu W., Li Y., Yue Y., Zhang K., Chen Q., Wang H., Lu Y., Huang M., Zheng X., Du Z. Synthesis and Biological Evaluation of Curcumin Derivatives Containing NSAIDs for Their Anti-inflammatory Activity. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*, 2015, vol. 25, no. 15, pp. 3044–3051. <https://doi.org/10.1016/j.bmcl.2015.04.077>

12. Raman N., Chandrasekar T., Kumaravel G., Mitu L. Synthesis of innovative biochemical active mixed ligand metal(II) complexes with thiazole containing Schiff base: In vitro antimicrobial profile. *Applied Organometallic Chemistry*, 2017, vol. 32, no. 1, pp. 1–13. <https://doi.org/10.1002/aoc.3922>

13. Kareem A., Laxmi, Arshad M., Nami S. A. A., Nishat N. Herbo-mineral based Schiff base ligand and its metal complexes: Synthesis, characterization, catalytic potential and biological applications. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 2016, vol. 160, pp. 163–171. <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2016.03.030>

14. Dikumar E. A. *Ethers and esters in linker technologies. Modern aspects of molecular design – from fragrant substances to biologically active compounds*. Saarbrücken, Deutschland: LAP LAMBERT Academi, 2014. 582 p. (in Russian).

15. Shahab S., Filippovich L., Sheikhi M., Kumar R., Dikumar E., Yahyaei H., Muravsky A. Polarization, excited states, trans-cis properties and anisotropy of thermal and electrical conductivity of the 4-(phenyldiazenyl)aniline in PVA matrix. *Journal of Molecular Structure*, 2017, vol. 1141, pp. 703–709. <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2017.04.014>

Информация об авторах

Акишина Екатерина Александровна – аспирант, мл. науч. сотрудник. Институт физико-органической химии, Национальная академия наук Беларуси (ул. Сурганова, 13, 220072, Минск, Республика Беларусь). E-mail: akishinaea@ifoch.bas-net.by

Дикусар Евгений Анатольевич – канд. хим. наук, ст. науч. сотрудник. Институт физико-органической химии, Национальная академия наук Беларуси (ул. Сурганова, 13, 220072, Минск, Республика Беларусь). E-mail: dikumar@ifoch.bas-net.by

Петкевич Сергей Константинович – канд. хим. наук, вед. науч. сотрудник. Институт физико-органической химии, Национальная академия наук Беларуси (ул. Сурганова, 13, 220072, Минск, Республика Беларусь). E-mail: petkevich@ifoch.bas-net.by

Поткин Владимир Иванович – член-корреспондент, д-р хим. наук, профессор, зав. отделом. Институт физико-органической химии, Национальная академия наук Беларуси (ул. Сурганова, 13, 220072, Минск, Республика Беларусь). E-mail: potkin@ifoch.bas-net.by

Information about the authors

Ekaterina A. Akishina – Graduate student, Junior Researcher. Institute of Physical Organic Chemistry, National Academy of Sciences of Belarus (13, Surganov Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: akishinaea@ifoch.bas-net.by

Evgenij A. Dikumar – Ph. D. (Chemistry), Senior Researcher. Institute of Physical Organic Chemistry, National Academy of Sciences of Belarus (13, Surganov Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: dikumar@ifoch.bas-net.by

Sergey K. Petkevich – Ph. D. (Chemistry), Leading Researcher. Institute of Physical Organic Chemistry, National Academy of Sciences of Belarus (13, Surganov Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: petkevich@ifoch.bas-net.by

Vladimir I. Potkin – Corresponding Member, D. Sc. (Chemistry), Professor, Head of the Department. Institute of Physical Organic Chemistry, National Academy of Sciences of Belarus (13, Surganov Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: potkin@ifoch.bas-net.by