

УДК 547.853.3+ 547.789.6+ 547.789.8

Кут М.М., к.х.н., асист.; Онисько М.Ю., к.х.н., доц.; Лендел В.Г., д.х.н., проф.

РЕГИО- ТА СТЕРЕОСЕЛЕКТИВНІСТЬ ТЕЛУРОІНДУКОВАНОЇ ЦИКЛІЗАЦІЇ 6-МЕТИЛ-2-ПРОПАРГІЛТІОПІРИМІДИН-4(3*H*)-ОНУ *n*-АЛКОКСИФЕНІЛТЕЛУРТРИХЛОРИДАМИ

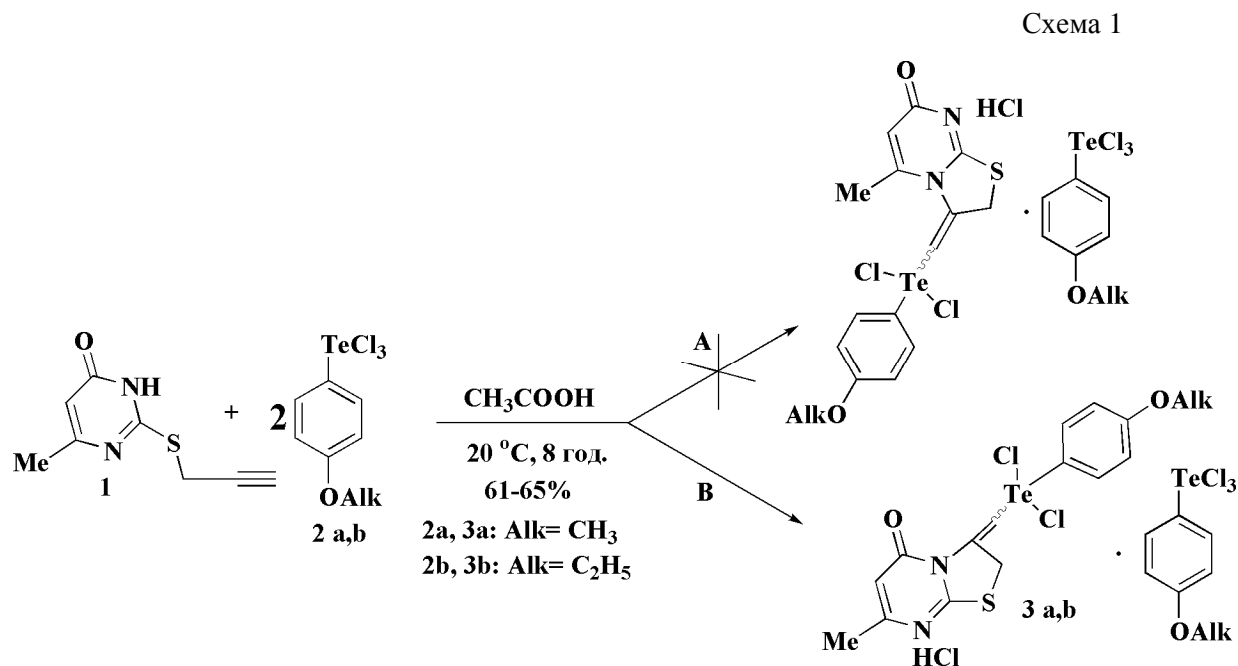
ДВНЗ «Ужгородський національний університет», 88000, м.Ужгород, вул.Підгірна, 46;
e-mail: kutmykola@ukr.net

Відомо, що арилтелуртригалогеніди знайшли використання в якості електрофільних циклізуючих реагентів алкенільних та алкінільних субстратів з додатковим О-нуклеофільним центром [1-9], продукти циклізації яких, проявляють високу біологічну активність [10, 11]. Натомість відомості про телуроіндуковану циклізацію N,S-ненасичених похідних піримідинонів обмежені тільки використанням алкеніл-функціоналізованих гетероциклів [12-20]. Тому метою даної роботи є дослідження регіо- та стереоселективності телуроциклізації S-алкінільного піримідину.

Як об'єкт дослідження було вибрано 6-метил-2-пропаргілтіопіримідин-4(3*H*)-он **1**, отриманий за відомою методикою [21]. В якості телуровмісних електрофільних реагентів використано синтетично доступні *n*-метокси- та *n*-етоксифенілтелуртрихлориди. Враховуючи те, що пропаргільний піримідинон **1** має декілька нуклеофільних центрів для атаки електрофільних реагентів – потрійний карбон-карбонівий зв'язок алкінільного замісника, ендациклічні атоми нітрогену в першому та третьому положеннях піримідинового циклу, робить його зручним об'єктом для дослідження регіо- та стереоселективності арилтелурохлорування. В роботах [7, 8, 22] вказано, що телурогетероциклізація алкенільних похідних гетероциклів відбувається через стадію утворення телуронієвого катіону з наступною внутрішньомолекулярною нуклеофільною атакою додаткового нуклеофільного центру (N, S, чи O). Тому для пропаргільного піримідинону **1** можливе проходження двох конкуруючих напрямків циклізації **A** або **B** із залученням N(1)- чи N(3)-

атомів піримідину і утворенням ізомерних тіазолопіримідинів (Схема 1).

Реакцію 6-метил-2-пропаргілтіопіримідин-4-ону **1** з *n*-алкоксифенілтелуртрихлоридами **2a,b** проводили в оцтовій кислоті за кімнатної температури. Після 8-годинного перемішування реагентів виділено та спектрально ідентифіковано комплекси **3a,b**, що утворюються незалежно від співвідношення реагентів, тобто реалізується шлях **B** (Схема 1). Утворення комплексів тіазолопіримідинонів з *n*-алкоксифенілтелуртрихлоридами було вказано і при телуроциклізації S-алкенільних похідних піримідинонів [17-20]. Аелювання тіазольного циклу із залученням N(3)-атома доказано ЯМР- та ІЧ-спектрами. Так, в ІЧ-спектрі сполуки **3a** валентні коливання карбонільної групи спостерігаються при 1716 см⁻¹, а в спектрі ЯМР ¹³C сигнал атома карбону С=О групи зафіксовано при 167 м.ч., що свідчить про циклізацію на нітроген положення 3 піримідину і добре корелює із спектральними характеристиками близьких за будовою тіазолопіримідинів [19, 20, 23-27]. Про утворення комплексу **3a** свідчить наявність в спектрі ЯМР ¹H характерних сигналів протонів двох *n*-феніленових ядер у вигляді пар дублетів при 8.05 м.ч. і 7.04 м.ч., 8.33 м.ч. і 7.12 м.ч., а також два синглетні сигнали протонів метокси-груп при 3.81 м.ч. і 3.80 м.ч. Пара дублетів при 7.12 м.ч. та 8.33 м.ч. відповідає протонам *n*-метоксифенілтелуртрихлориду, який координується атомом телуру на атом сульфуру тіазолопіримідину (рис. 1).



Слід зазначити, що комплекс **3a** утворюється у вигляді одного конфігураційного ізомеру. Величина хімічного зсуву протону телуromетінової групи в спектрі ЯМР ^1H при 7.20 м.ч. свідчить про утворення *Z*-ізомеру, що добре корелює з літературними даними по утворенню *Z*-ізомеру при електрофільній галогенциклізації пропаргільних тіоетерів піримідинонів [28]. Очевидно, вигідність утворення *Z*-ізомеру **3a** пояснюється можливістю внутрішньомолекулярної координації карбонільного атома кисню на атом телуру екзоциклічної телуromетиліденової групи як це показано на рис. 1.

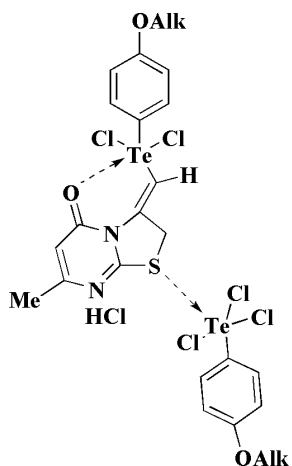


Рис.1. Будова комплексу **3a,b**.

Спектральні характеристики комплексу **3b** аналогічні **3a**.

Висновки

Отже, телуроіндукована циклізація 6-метил-2-пропаргільтіопіримідин-4(3H)-ону відбувається регіоселективно з утворенням комплексу гідрохлориду 7-метил-3-[[дихлоро(4-алкоксифеніл)-телуро]метиліден]-2,3-дигідро-5H-[1,3]тіазоло[3,2-а]піримідин-5-ону з *n*-алкоксифенілтелуртрихлоридом. Показано, що арилтелурохлорування проходить стереоселективно з утворенням одного *Z*-конфігураційного ізомеру.

Експериментальна частина

Спектри ЯМР виміряно на спектрометрі Mercury-400 з робочою частотою для ^1H та ^{13}C 400 МГц. Точки топлення вимірювали на приладі Stuart Melting Point 30. *n*-Алкоксифенілтелуртрихлориди синтезовано за методикою [29].

6-Метил-2-пропаргільтіопіримідин-4(3H)-он 1. Вихід 70%; $T_{\text{пл}}$ 160–16 °С. Літ. $T_{\text{пл}}$ 160–162 °С [21].

Загальна методика синтезу комплексів *n*-алкоксифенілтелуртрихлоридів з гідрохлоридами 7-метил-3-[[дихлоро(4-алкоксифеніл)-телуро]метиліден]-2,3-дигідро-5H-[1,3]тіазоло[3,2-а]піримідин-5-онів **3a,b.**

Метод А. До 0.003 моль 6-метил-2-пропаргільтіопіримідин-4(3H)-ону **1**, розчиненого в 10 мл оцтової кислоти, прикапують 0.003

моль розчину *n*-алкоксифенілтелуртрихлориду в оцтовій кислоті. Після 8 годинного перемішування реакційної суміші, осад фільтрують.

Метод Б. До 0.003 моль 6-метил-2-пропаргілтіопіримідин-4(3*H*)-ону **1**, розчиненого в 10 мл оцтової кислоти, прикапують 0.06 моль розчину *n*-алкоксифенілтелуртрихлориду в оцтовій кислоті. Після 8 годинного перемішування реакційної суміші, осад фільтрують.

Комплекс *n*-метоксибенілтелуртрихлориду з гідрохлоридом 7-метил-3-{[дихлоро(4-метоксибеніл)-телуро]метиліден}-2,3-дигідро-5*H*-[1,3]-тіазоло[3,2-*a*]піримідин-5-ону **3a.** Вихід 65%; $T_{\text{пл}}$ 127–128°C. ^1H ЯМР (DMSO-*d*₆): δ 2.42 (s, 3H), 3.81 (s, 6H), 4.46 (s, 2H), 5.91 (s, 1H), 7.04 (d, $J = 8.0$ Hz, 2H), 7.12 (d, $J = 8.0$ Hz, 2H), 7.20 (s, 1H), 8.05 (d, $J = 8.0$ Hz, 2H), 8.33 (d, $J = 8.0$ Hz, 2H). ^{13}C ЯМР (DMSO-*d*₆): δ 20.3, 33.5, 59.9, 110.1, 113.8, 115.3, 117.6, 127.6, 135.7, 136.4, 144.3, 149.5, 160.8, 161.7, 167.3.

Комплекс *n*-етоксибенілтелуртрихлориду з гідрохлоридом 7-метил-3-{[дихлоро(4-етоксибеніл)-телуро]метиліден}-2,3-дигідро-5*H*-[1,3]-тіазоло[3,2-*a*]піримідин-5-ону **3b.** Вихід 61%; $T_{\text{пл}}$ 127–128°C. ^1H ЯМР (DMSO-*d*₆): δ 1.34 (t, $J = 9.6$ Hz, 6H), 2.42 (s, 3H), 3.81 (m, 4H), 4.42 (s, 2H), 5.93 (s, 1H), 7.02 (d, $J = 8.0$ Hz, 2H), 7.10 (d, $J = 8.0$ Hz, 2H), 7.21 (s, 1H), 8.04 (d, $J = 8.0$ Hz, 2H), 8.31 (d, $J = 8.0$ Hz, 2H).

Список використаних джерел

- Moura Campos M., Petragani N. Nachbargruppenbeteiligung bei Additionsreaktionen. IV. Darstellung von α , α -disubstituierten δ -Arylselenenylund δ -Aryltelluro- γ -valerolactonen. *Chem. Ber.* 1960, 93, 317–320.
- Comasseto J.V., Petragani N. Cyclofunctionalization with Aryltellurium Trichlorides. *Synth. Commun.* 1983, 13, 889–899. Doi: 10.1080/00397918308059542.
- Comasseto J.V., Ferraz H.M.C., Petragani N., Brandt C.A. Cyclofunctionalization of unsaturated alcohols with aryltellurium trihalides. *Tetrahedron Lett.* 1987, 28, 5611–5614. Doi: 10.1016/S0040-4039(00)96793-5.
- Comasseto J.V., Grazini M.V.A. Cyclization of olefinic benzyl ethers with aryltellurium trichlorides. *Synth. Commun.* 1992, 22, 949–954. Doi: 10.1080/00397919208020859.
- Ferraz M.H.C., Sano M.K., Scalfo A.C. Tellurium and Iodine Promoted Cyclofunctionalization of Alkenyl Substituted β -Keto Esters. *Synlett.* 1999, 5, 567–568.
- Stefani H.A., Petragani N., Brandt C.A., Rando D.G., Valduga C.J. Seleno and TelluroCyclofunctionalization of α , γ -Diallyl- β -ketoesters: Polysubstituted Furan Derivatives. *Synth. Commun.* 1999, 29, 3517–3531. Doi: 10.1080/00397919908085985.
- Ferraz H.M.C., Sano V.K., Nunes M.R.S., Bianco G.G. Synthesis of Cyclic Enol Ethers from Alkenyl- β -dicarbonyl Compounds. *J. Org. Chem.* 2002, 67, 4122. Doi: 10.1021/jo011089+.
- Ferraz M.H.C., Comasseto J.V., Borba E.B. Telurociclofuncionalizaçao de compostos 2-alquênil 1,3-Dicarbonílicos. *Quim. Nova.* 1992, 15, 298.
- Zeni G., Chieffi A., Cunha R.L.O.R., Zukerman-Schpector J., Stefani H.A., Comasseto J.V. Addition Reaction of *p*-Methoxyphenyltellurium Trichloride to 3-Hydroxy Alkynes. *Organometallics.* 1999, 18, 803–806. Doi: 10.1021/om980738d.
- Cunha R.L.O.R., Urano M.E., Chagas J.R., Almeida P.C., Bincoletto C., Tersariolb I.L.S., Comasseto J.V. Telluriumbased cysteine protease inhibitors: evaluation of novel organotellurium(IV) compounds as inhibitors of human cathepsin B. *Bioorg. Med. Chem. Lett.* 2005, 15 (3), 755–760. Doi: 10.1016/j.bmcl.2004.11.012.
- Cunha R.L.O.R., Gouvea I.E., Juliano L. A glimpse on biological activities of tellurium compounds. *Ann. Braz. Acad. Sci.* 2009, 81, 393–407. Doi: 10.1590/S0001-37652009000300006.
- Gevci T.O., Kut M.M., Onysko M.Yu., Lendel V.G. Heterocyclization of 5-allyl-6-thioxo-1-methylpyrazolo[3,4-*d*]pyrimidin-4-one by *p*-methoxyphenyltellurium trichloride. *Sci. Bull. Uzhh. Univ. Ser. Chem.* 2015, 34(2), 67–70.
- Povidaychuk M., Kut M., Svaljavyn O., Onysko M., Lendel V. Electrophilic heterocyclization of 5-methyl-6-thioxopyrazolo[3,4-*d*]pyrimidine-4-on. *Sci. Bull. Uzhh. Univ. Ser. Chem.* 2018, 39(1), 66–70. Doi: 10.24144/2414-0260.2018.1.66-70.
- Kut M., Onysko M., Lendel V. The Influence of Condensed Cycle on Regiochemistry of Electrophilic Heterocyclization of 3-Alkenyl-2-Thioxopyrimidin-4-One by *p*-Alkoxyphenyltellurium Trichloride: Regiochemistry of Electrophilic Heterocyclization of 3-Alkenyl-2-Thioxopyrimidin-4-One by *p*-Alkoxyphenyltellurium Trichloride. *J. Heterocycl. Chem.* 2018, 55(4), 888–892. Doi: 10.1002/jhet.3114.
- Kut M., Onysko M., Lendel V. Heterocyclization of 5,6-Disubstituted 3-alkenyl-2-thioxothieno[2,3-*d*]pyrimidin-4-one with *p*-Alkoxyphenyltellurium trichloride. *Heterocycl. Commun.* 2016, 22(6), 347–350. Doi: 10.1515/hc-2016-0169.
- Kut M.M., Fizer M.M., Onysko M.Yu., Lendel V.G. Influence halogen in reaction aryltellur

- tryhaloheneide electrophilic cyclization of N-alkenyl of 2-tioxobenzo(thieno)pyrimidin-4-ones. *Sci. Bull. Uzhh. Univ. Ser. Chem.* 2018, 39(1), 62–65. Doi: 10.24144/2414-0260.2018.1.62-65.
17. Kut M., Onysko M., Lendel V. Investigation of interaction of 2-S-alkenyl derivative quinasolone aryltellurium trichlorides. *Sci. Bull. Uzhh. Univ. Ser. Chem.* 2019, 41(1), 86–89. Doi: 10.24144/2414-0260.2019.1.86-89.
18. Kut M., Onysko M., Lendel V. Electrophile cyclization of 6-methallythio-5-phenyl-1,5-digidro-4H-pyrazolo[3,4-d]pyrimidin-4-on by *p*-methoxyphenyltellurium trichloride. *Sci. Bull. Uzhh. Univ. Ser. Chem.* 2019, 41(1), 90–93. Doi: 10.24144/2414-0260.2019.1.90-93.
19. Kut M.M., Onysko M.Yu., Lendel V.G. Tellurocyclization of fused S-alkenyl derivatives of 4-oxopyrimidin-2-thione. *Sci. Bull. Uzhh. Univ. Ser. Chem.* 2017, 37(1), 89–93.
20. Kut M., Onysko M., Lendel V. Electrophile cyclization of N(S, Se)-alkenyl derivatives of pyrimidinone with *p*-methoxyphenyltellurium trichloride. *Sci. Bull. Uzhh. Univ. Ser. Chem.* 2019, 42(2), 89–93. Doi: 10.24144/2414-0260.2019.2.63-72.
21. Heravi M.M., Agha K., Nooshabadi M.A. Regioselective Acid-Catalyzed Cyclization Reaction: Unique Synthesis of Condensed Thiazoles and Selenazole. *Synth. Commun.* 1998, 28, 233–237. Doi: 10.1080/00397919808005716.
22. Kut M., Fizer M., Onysko M., Lendel V. Reactions of N-alkenyl Thioureas with *p*-alkoxyphenyltellurium Trichlorides. *J. Heterocycl. Chem.* 2018, 55, 2284–2290. Doi: 10.1002/jhet.3281.
23. Bentya A.V., Vas'kevich R.I., Bol'but A.V., Vovk M.V., Staninets V.I., Turov A.V., Rusanov E.B. Electrophilic heterocyclization of 6-alken(yn)ylsulfanyl-pyrazolo[3,4-d] pyrimidin-4(5H)-ones. *Russ. J. Org. Chem.* 2008, 44, 1362–1368. Doi: 10.1134/S1070428008090194.
24. Dyachenko I.V., Vas'kevich R.I., Vovk M.V. Fused pyrimidine systems: XIII. Synthesis and some transformations of 1,3-thiazolo(thiazino)-fused pyrido[3,4-d]pyrimidines. *Russ. J. Org. Chem.* 2014, 50, 26–270. Doi: 10.1134/S1070428014020201.
25. Vas'kevich A.I., Vas'kevich R.I., Staninets V.I., But S.A., Chernega A.N. Reactions of 2-(2-propynylsulfanyl)-5,6,7,8-tetrahydrobenzo[b]thieno[2,3-d]pyrimidin-4(3H)-one with arylsulfenyl chlorides. *Russ. J. Org. Chem.* 2007, 43, 1526–1531. Doi: 10.1134/S107042800710020X.
26. Dyachenko I.V., Vas'kevich A.I., Vas'kevich R.I., Vovk M.V. Fused pyrimidine systems: XIV. Reaction of 2-alkenyl(alkynyl)sulfanylpyrido[3,4-d]pyrimidin-4(3H)-ones with arylsulfenyl chlorides. *Russ. J. Org. Chem.* 2014, 50, 858–863. Doi: 10.1134/S1070428014060189.
27. Slivchuk S.V., Brovarets V.S., Drach B.S. A convenient synthetic approach to derivatives of 5-phenylsulfonyl-2-thiouracil and its condensed analogs. *Russ. J. Gen. Chem.* 2008, 78(6), 1210–1214. Doi: 10.1134/S1070363208060194.
28. Onysko M.Yu., Svalyavin O.V., Turov A.V., Lendel V.G. Synthesis and halogenation of propargyl pyrazolo-[3,4-d]pyrimidine thioether. *Chem. Heterocycl. Compd.* 2008, 44, 872–875. Doi: 10.1007/s10593-008-0123-4.
29. Reichel L., Kirschbaum E. Über aromatische Tellurverbindungen. (I. Mitteilung über Organometallverbindungen). *Ann. Chem.* 1936, 523, 211–223. Doi: 10.1002/jlac.19365230113.

Стаття надійшла до редакції: 01.02.2020.

REGIO- AND STEREOSELECTIVITY OF TELUROINDUCTED CYCLIZATION OF 6-METHYL-2-PROPARGYLTHIOPYRIMIDIN-4(3H)-ON *p*-ALKOXYPHENYLTELLURIUM TRICHLORIDES

Kut M., Onysko M., Lendel V.

Uzhhorod National University, Pidhirna St., 46, 88000 Uzhhorod, Ukraine
e-mail: kutmykola@ukr.net

Aryltellurium trihalides are used as reagents for electrophilic cyclization of alkenyl and alkynyl substances with an additional O-nucleophilic center, the products of cyclization exhibit high biological activity. On the other hand, the information on the tellur-induced cyclization of N, S-unsaturated pyrimidinone derivatives is limited only by the use of alkenylfunctionalized heterocycles.

Therefore, the purpose of this work is to investigate the regio- and stereoselectivity of the tellurocyclization of S-alkynyl pyrimidine.

The 6-methyl-2-propargylthiopyrimidin-4(3*H*)-one was obtained by alkylation of 6-methyl-2-thioxopyrimidin-4-one and it was selected as the object of study. Synthetically available *p*-methoxy- and *p*-ethoxyphenyltellurium trichlorides were used as tellurium-containing electrophilic reagents. Propargyl pyrimidinone has several nucleophilic centers for the attack of electrophilic reagents - the triple carbon-carbon bond of the alkynyl substituent, the endocyclic nitrogen atoms in the first and third positions of the pyrimidine cycle. This makes it a convenient system for the study of the regio- and stereoselectivity of aryltellurochlorination. The telluroheterocyclization of alkenyl derivatives of heterocycles occurs through the stage of formation of a telluronium cation followed by an intramolecular nucleophilic attack of an additional nucleophilic center (N, S, or O). Therefore, for the propargyl pyrimidinone, two competing cyclization directions with the involvement of N (1) - or N (3) -pyrimidine atoms are possible.

The reaction of 6-methyl-2-propargylthiopyrimidin-4-one with *p*-alkoxyphenyltellurium trichlorides was carried out in acetic acid at room temperature. After 8 hours of stirring the reagents, thiazolinopyrimidine complexes with *p*-alkoxyphenyltellurium trichlorides formed and irrespective of the ratio of the reagents were isolated and spectrally identified. NMR and IR spectra proved the annulation of the thiazole cycle with the involvement of the N(3)-atom and the formation of the complex. It should be noted that aryltelluromethylidenthiazolinopyrimidine is formed as one configuration isomer with the *Z*-configuration. The advantage of the formation of the *Z*-isomer is explained by the possibility of intramolecular coordination of the carbonyl oxygen atom to the tellurium atom of the exocyclic telluromethylidene group.

Therefore, the tellurium-induced cyclization of 6-methyl-2-propargylthiopyrimidin-4(3*H*)-one occurs regioselectively with the formation of complex of hydrochloride 7-methyl-3-[[dichloro (4-alkoxyphenyl)-telluro]methylidene]-2,3-dihydro-5*H*-[1,3]thiazolo[3,2-*a*]pyrimidin-5-one with *p*-alkoxyphenyltellurium trichlorides. Aryltellurochlorination proceeds stereoselectively with the formation of the single *Z*-configuration isomer.

Keywords: electrophilic cyclization; *p*-alkoxyphenyltellurium trichloride; 6-methyl-2-propargylthiopyrimidin-4(3*H*)-one; anelination; 7-methyl-3-[[dichloro(4-alkoxyphenyl)-telluro]methylidene]-2,3-dihydro-5*H*-[1,3]thiazolo[3,2-*a*]pyrimidin-5-one.

References

1. Moura Campos M., Petragnani N. Nachbargruppenbeteiligung bei Additionsreaktionen, IV. Darstellung von α , α -disubstituierten δ -Arylselenenylund δ -Aryltelluro- γ -valerolactonen. *Chem. Ber.* 1960, 93, 317–320.
2. Comasseto J.V., Petragnani N. Cyclofunctionalization with Aryltellurium Trichlorides. *Synth. Commun.* 1983, 13, 889–899. Doi: 10.1080/00397918308059542.
3. Comasseto J.V., Ferraz H.M.C., Petragnani N., Brandt C.A. Cyclofunctionalization of unsaturated alcohols with aryltellurium trihalides. *Tetrahedron Lett.* 1987, 28, 5611–5614. Doi: 10.1016/S0040-4039(00)96793-5.
4. Comasseto J.V., Grazini M.V.A. Cyclization of olefinic benzyl ethers with aryltellurium trichlorides. *Synth. Commun.* 1992, 22, 949–954. Doi: 10.1080/00397919208020859.
5. Ferraz M.H.C., Sano M.K., Scalfio A.C. Tellurium and Iodine Promoted Cyclofunctionalization of Alkenyl Substituted β -Keto Esters. *Synlett.* 1999, 5, 567–568.
6. Stefani H.A., Petragnani N., Brandt C.A., Rando D.G., Valduga C.J. Seleno and TelluroCyclofunctionalization of α , γ -Diallyl- β -ketoesters: Polysubstituted Furan Derivatives. *Synth. Commun.* 1999, 29, 3517–3531. Doi: 10.1080/00397919908085985.
7. Ferraz H.M.C., Sano V.K., Nunes M.R.S., Bianco G.G. Synthesis of Cyclic Enol Ethers from Alkenyl- β -dicarbonyl Compounds. *J. Org. Chem.* 2002, 67, 4122. Doi: 10.1021/jo011089+.
8. Ferraz M.H.C., Comasseto J.V., Borba E.B. Telurociclofuncionalizaçao de compostos 2-alquênil 1,3-Dicarbonílicos. *Quim. Nova.* 1992, 15, 298.
9. Zeni G., Chieffi A., Cunha R.L.O.R., Zukerman-Schpector J., Stefani H.A., Comasseto J.V. Addition Reaction of *p*-Methoxyphenyltellurium Trichloride to 3-Hydroxy Alkynes. *Organometallics.* 1999, 18, 803–806. Doi: 10.1021/om980738d.
10. Cunha R.L.O.R., Urano M.E., Chagas J.R., Almeida P.C., Bincoletto C., Tersariolb I.L.S., Comasseto J.V. Telluriumbased cysteine protease inhibitors: evaluation of novel organotellurium(IV) compounds as inhibitors of human cathepsin B. *Bioorg. Med. Chem. Lett.* 2005, 15 (3), 755–760. Doi: 10.1016/j.bmcl.2004.11.012.

11. Cunha R.L.O.R., Gouvea I.E., Juliano L. A glimpse on biological activities of tellurium compounds. *Ann. Braz. Acad. Sci.* 2009, 81, 393–407. Doi: 10.1590/S0001-37652009000300006.
12. Gevci T.O., Kut M.M., Onysko M.Yu., Lendel V.G. Heterocyclization of 5-allyl-6-thioxo-1-methylpyrazolo[3,4-d]pyrimidin-4-one by *p*-methoxyphenyltellurium trichloride. *Sci. Bull. Uzhh. Univ. Ser. Chem.* 2015, 34(2), 67–70 (in Ukr.).
13. Povidaychuk M., Kut M., Svaljavyn O., Onysko M., Lendel V. Electrophilic heterocyclization of 5-methyl-6-thioxopyrazolo[3,4-d]pyrimidine-4-on. *Sci. Bull. Uzhh. Univ. Ser. Chem.* 2018, 39(1), 66–70 (in Ukr.). Doi: 10.24144/2414-0260.2018.1.66-70.
14. Kut M., Onysko M., Lendel V. The Influence of Condensed Cycle on Regiochemistry of Electrophilic Heterocyclization of 3-Alkenyl-2-Thioxopyrimidin-4-One by *p*-Alkoxyphenyltellurium Trichloride: Regiochemistry of Electrophilic Heterocyclization of 3-Alkenyl-2-Thioxopyrimidin-4-One by *p*-Alkoxyphenyltellurium Trichloride. *J. Heterocycl. Chem.* 2018, 55(4), 888–892. Doi: 10.1002/jhet.3114.
15. Kut M., Onysko M., Lendel V. Heterocyclization of 5,6-Disubstituted 3-alkenyl-2-thioxothieno[2,3-d]pyrimidin-4-one with *p*-Alkoxyphenyltellurium trichloride. *Heterocycl. Commun.* 2016, 22(6), 347–350. Doi: 10.1515/hc-2016-0169.
16. Kut M.M., Fizer M.M., Onysko M.Yu., Lendel V.G. Influence halogen in reaction aryltellur tryhalohenide electrophilic cyclization of N-alkenyl of 2-tioxobenzo(thieno)pyrimidin-4-ones. *Sci. Bull. Uzhh. Univ. Ser. Chem.* 2018, 39(1), 62–65 (in Ukr.). Doi: 10.24144/2414-0260.2018.1.62-65.
17. Kut M., Onysko M., Lendel V. Investigation of interaction of 2-S-alkenyl derivative quinasolone aryltellurium trichlorides. *Sci. Bull. Uzhh. Univ. Ser. Chem.* 2019, 41(1), 86–89 (in Ukr.). Doi: 10.24144/2414-0260.2019.1.86-89.
18. Kut M., Onysko M., Lendel V. Electrophile cyclization of 6-methallythio-5-phenyl-1,5-digidro-4H-pyrazolo[3,4-d]pyrimidin-4-on by *p*-methoxyphenyltellurium trichloride. *Sci. Bull. Uzhh. Univ. Ser. Chem.* 2019, 41(1), 90–93 (in Ukr.). Doi: 10.24144/2414-0260.2019.1.90-93.
19. Kut M.M., Onysko M.Yu., Lendel V.G. Tellurocyclization of fused S-alkenyl derivatives of 4-oxopyrimidin-2-thione. *Sci. Bull. Uzhh. Univ. Ser. Chem.* 2017, 37(1), 89–93 (in Ukr.).
20. Kut M., Onysko M., Lendel V. Electrophile cyclization of N(S, Se)-alkenyl derivatives of pyrimidinone with *p*-methoxyphenyltellurium trichloride. *Sci. Bull. Uzhh. Univ. Ser. Chem.* 2019, 42(2), 89–93 (in Ukr.). Doi: 10.24144/2414-0260.2019.2.63-72.
21. Heravi M.M., Agha K., Nooshabadi M.A. Regioselective Acid -Catalyzed Cyclization Reaction: Unique Synthesis of Condensed Thiazoles and Selenazole. *Synth. Commun.* 1998, 28, 233–237. Doi: 10.1080/00397919808005716.
22. Kut M., Fizer M., Onysko M., Lendel V. Reactions of N-alkenyl Thioureas with *p*-alkoxyphenyltellurium Trichlorides. *J. Heterocycl. Chem.* 2018, 55, 2284–2290. Doi: 10.1002/jhet.3281.
23. Bentya A.V., Vas'kevich R.I., Bol'but A.V., Vovk M.V., Staninets V.I., Turov A.V., Rusanov E.B. Electrophilic heterocyclization of 6-alken(yn)ylsulfanyl-pyrazolo[3,4-d] pyrimidin-4(5H)-ones. *Russ. J. Org. Chem.* 2008, 44, 1362–1368. Doi: 10.1134/S1070428008090194.
24. Dyachenko I.V., Vas'kevich R.I., Vovk M.V. Fused pyrimidine systems: XIII. Synthesis and some transformations of 1,3-thiazolo(thiazino)-fused pyrido[3,4-d]pyrimidines. *Russ. J. Org. Chem.* 2014, 50, 26–270. Doi: 10.1134/S1070428014020201.
25. Vas'kevich A.I., Vas'kevich R.I., Staninets V.I., But S.A., Chernega A.N. Reactions of 2-(2-propynylsulfanyl)-5,6,7,8-tetrahydrobenzo[b]thieno[2,3-d]pyrimidin-4(3H)-one with arylsulfenyl chlorides. *Russ. J. Org. Chem.* 2007, 43, 1526–1531. Doi: 10.1134/S107042800710020X.
26. Dyachenko I.V., Vas'kevich A.I., Vas'kevich R.I., Vovk M.V. Fused pyrimidine systems: XIV. Reaction of 2-alkenyl(alkynyl)sulfanylpyrido[3,4-d]pyrimidin-4(3H)-ones with arylsulfenyl chlorides. *Russ. J. Org. Chem.* 2014, 50, 858–863. Doi 10.1134/S1070428014060189.
27. Slivchuk S.V., Brovarets V.S., Drach B.S. A convenient synthetic approach to derivatives of 5-phenylsulfonyl-2-thiouracil and its condensed analogs. *Russ. J. Gen. Chem.* 2008, 78(6), 1210–1214. Doi: 10.1134/S1070363208060194.
28. Onysko M.Yu., Svalyavin O.V., Turov A.V., Lendel V.G. Synthesis and halogenation of propargyl pyrazolo[3,4-d]pyrimidine thioether. *Chem. Heterocycl. Compd.* 2008, 44, 872–875. Doi: 10.1007/s10593-008-0123-4.
29. Reichel L., Kirschbaum E. Über aromatische Tellurverbindungen. (I. Mitteilung über Organometallverbindungen). *Ann. Chem.* 1936, 523, 211–223. Doi: 10.1002/jlac.19365230113.