NAMANGAN DAVLAT UNIVERSITETI
ILMIY AXBOROTNOMASI, [2026-10]
ISSN:2181-1458
ISSN:2181-0427

02.00.00-KIMYO FANLARI
journal.namdu.uz
CHEMICAL SCIENCES

UDK 547

PIRIDIN ASOSLI N,N-DIMETIL KARBOMAT OLINISHI VA UNING FIZIK-KIMYOVIY ANALIZI

Burxev Farxod Zabxiyevich
Kimyo fanlari falsafa doktori(PhD),dotsent
Guliston davlat universiteti, Agrobiotexnologiyalar va biokimyo ilmiy-tadqiqot instituti, Guliston, O‘zbekiston
E-mail: farkhod_2020@mail.ru, ORCID:0009-0006-9771-2988
Qo‘shiyev Habibjon Hojiboboyevich
Biologiya fanlari doktori, professor
Guliston davlat universiteti, Agrobiotexnologiyalar va biokimyo ilmiy-tadqiqot instituti, Guliston, O‘zbekiston
E-mail: kushiev@mail.ru, ORCID: 0000-0002-3279-3354

Annotatsiya: *Annotatsiya Karbomatlar fiziologik faol moddalar bo‘lib, maqolada 3-xlor 5-triftormetil piridin 2-ol ya’ni piridinli hosila asosida N,N-dimetil karbomatning olinishi (unum 86%) va kimyoviy birikmaning tuzilishini tasdiqlashga oid fizik-kimyoviy tahlillar keltirilgan. Tajribada tetragidofuran (THF) erituvchi sifatida qo‘llanilib, seziy karbonat (Cs_2CO_3) asos o‘rnida qo‘llanildi. Olingan 3-xlor 5 triftormetil 2 oksi N,N-dimetil karomatda 3000-3300 sm-1 sohada gidrokso guruhga xos yutilishning yo‘qligi, 1710-1740 sm-1 sohalarda kuchli karbonil (C=O) guruhining tebranishi qayd etildi. YuSSX usulida olingan xromatogrammada faqat 3.14 minutda yutilish namoyon bo‘lishi olingan moddaning tozaligini ko‘rsatdi. Bundan ma’lum bo‘ldiki, sintez qilib olingan modda - 3-xlor 5 triftormetil 2 oksi N,N-dimetil karomatdagi funksional guruhlar IQ spektrlari yordamida tasdiqlandi, tozalik darajasi ham yuqori ekanligi YuŞX usulida qayd etildi.*

Kalit so‘zlar: *Karbomat, piridin, N,N-dimetil, atsetilxolinesteraza, seziy karbonat, tetragidrofuran (THF), qayta kristallash.*

ПОЛУЧЕНИЕ N,N-ДИМЕТИЛКАРБАМАТА НА ОСНОВЕ ПИРИДИНА И ЕГО ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Аннотация: *Аннотация Карбаматы являются физиологически активными веществами. В статье представлены результаты синтеза N,N-диметилкарбамата на основе пиридинового производного — 3-хлор-5-(трифторметил)пиридин-2-ола с выходом 86%, а также физико-химические данные, подтверждающие структуру полученного соединения. В эксперименте тетрагидрофуран (ТГФ) использовали в качестве растворителя, а карбонат цезия (Cs_2CO_3) — в качестве основания. В ИК-спектре полученного 3-хлор-5-(трифторметил)пиридин-2-ил-N,N-диметилкарбамата отсутствует полоса поглощения, характерная для гидроксильной группы, в области 3000–3300 $см^{-1}$. При этом наблюдается интенсивная полоса валентных колебаний карбонильной группы (C=O) в области 1710–1740 $см^{-1}$. На хроматограмме, полученной методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ), наблюдается один пик при времени удерживания 3,14 мин, что свидетельствует о высокой чистоте полученного соединения. Таким образом, наличие характерных функциональных групп в синтезированном соединении подтверждено методом ИК-спектроскопии, а его высокая степень чистоты установлена методом ВЭЖХ.*

Ключевые слова: *карбамат, пиридин, N,N-диметил, ацетилхолинэстераза, карбонат цезия, тетрагидрофуран (ТГФ), перекристаллизация.*

SYNTHESIS OF PYRIDINE-BASED N,N-DIMETHYLCARBAMATE AND ITS PHYSICOCHEMICAL ANALYSIS

Abstract: *Abstract Carbamates are physiologically active compounds. This article presents the synthesis of an N,N-dimethylcarbamate based on the pyridine derivative 3-chloro-5-(trifluoromethyl)pyridin-2-ol, with a yield of 86%, as well as physicochemical analyses confirming the structure of the synthesized compound. In the experiment, tetrahydrofuran (THF) was used as the solvent, and cesium carbonate (Cs_2CO_3) was employed as the base. The IR spectrum of the resulting 3-chloro-5-(trifluoromethyl)pyridin-2-yl N,N-dimethylcarbamate showed the absence of the absorption band characteristic of the hydroxyl group in the 3000–3300 cm^{-1} region. A strong carbonyl (C=O) stretching vibration band was observed in the 1710–1740 cm^{-1} region. The*

chromatogram obtained by high-performance liquid chromatography (HPLC) showed a single peak at a retention time of 3.14 min, indicating a high degree of purity of the synthesized compound. Thus, the functional groups of the synthesized compound were confirmed by IR spectroscopy, while its high purity was established by HPLC analysis.

Keywords: *carbamate, pyridine, N,N-dimethyl, acetylcholinesterase, cesium carbonate, tetrahydrofuran (THF), recrystallization.*

Kirish

Ekinlarning hosildorligini oshirishda va yetishtirilayotgan mahsulotlar sifatini yaxshilashda kimyoviy vositalar muhim ahamiyatga ega. Chunki ular oʻsimliklarni zararkunanda hasharotlar, kasallik keltiruvchilar va begona oʻtlardan himoya qilishda qoʻllaniladi. Ayniqsa, zararli hasharotlarga qarshi kurashishda insektitsidlar alohida ahamiyatga ega. Biroq ayrim pestitsidlarning atrof-muhitda saqlanib qolishi, insonlar va hayvonlarga zararli tasir qilishi mumkin boʻlib, yuqori samarali va selektiv biologik faol birikmalarni yaratish zaruratini yuzaga keltirmoqda. Shularni hisobga olgan holda karbamatlar azot tutuvchi organik birikmalar sinfi boʻlib, ularning ayrim vakillari insektitsid, gerbitsid va fungitsid xususiyatlariga ega. Xususan, karbamat insektitsidlarning ayrim turlari atsetilxolinesteraza fermentini ingibirlash orqali hasharotlarning nerv tizimiga ta'sir koʻrsatadi. Bu esa fermentning faolligi pasayishi nerv impulslarining uzatilish jarayonini buzadi. Shu bilan birga, karbamatlarning biologik faolligi ularning molekulyar tuzilishi, funksional guruhlari va molekuladagi oʻrinbosarlarning tabiati bilan chambarchas bogʻliq.

Karbamat birikmalarning fizik-kimyoviy va biologik xususiyatlarini maqsadli oʻzgartirishda ularning molekulyar tuzilishini modifikatsiyalash muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega. Bundan tashqari karbamat guruhini turli aromatik va geterotsiklik fragmentlar bilan birlashtirish orqali yangi kimyoviy birikmalar olish, ularning barqarorligi, eruvchanligi va biologik faolligini oʻrganish mumkin. Bunday qarashlar esa biologik faol moddalar kimyosida istiqbolli yoʻnalishlardan biri hisoblanadi.

Tadqiqot uchun tanlab olingan piridin halqasini tutuvchi organik birikmalar farmatsevtik kimyo, agrokimyo va bioorganik tadqiqotlarda muhim ahamiyatga ega. Chunki piridin halqasidagi xlor va trifluormetil guruhlari molekulaning elektron xususiyatlariga, gidrofobligiga hamda kimyoviy reaksiyalarga kirishish qobiliyatiga sezilarli ta'sir koʻrsatadi. Trifluormetil guruhining mavjudligi ayrim hollarda birikmalarning lipofilligi va metabolik barqarorligini oʻzgartiradi. Biroq ushbu oʻzgarishlarning aniq ta'siri molekulaning umumiy tuzilishiga bogʻliq boʻlib, ularni tajribaviy tadqiqotlar asosida baholash lozim.

N,N-dimetilkarbamat hosilalari (xolinesteraza ingibitorlari)ni sintez qilishda tegishli gidroksil (-OH) guruhini karbamat fragmentiga aylantirish asosiy kimyoviy reaksiyalardan biri hisoblanadi. Bunda reaksiya muhitini, erituvchini va asosni (seziy karbinat/trietilamin) toʻgʻri tanlash maqsadli mahsulot hosil boʻlishiga hamda reaksiya unumiga ta'sir koʻrsatadi. Sintez natijasini ishonchli baholash uchun mahsulotning kimyoviy tuzilishini spektroskopik usullar yordamida tasdiqlash va uning tozaligini xromatografik usulda aniqlash talab etiladi.

Adabiyotlar tahlili

Karbamatlardan foydalanish ilgaridan ma'lum boʻlib, dastlab Gʻarbiy Afrikada oʻsuvchi **Calabar loviyasi (Physostigma venenosum)** oʻsimligidan ajratib olingan boʻlib, ular **N-metilkarbamin kislotaning efirlari** sifatida tasniflanadi[1]. Ushbu kimyoviy moddalar sinfi atrof-muhitda va sutemizuvchilar organizmida qoldiq holida uzoq saqlanib qolmasligi bilan tavsiflanadi, chunki ular odatda kamroq toksik metabolitlar-aminlar va karbonat angidridga (CO_2) tez gidrolizlanadi hamda ushbu mahsulotlar organizmdan oson chiqarib yuboriladi [2].

Biroq, karbamatlarning turga nisbatan yuqori selektivlikka ega emasligi, shuningdek, lipofilligi va toksikligi sababli, ularning ortiqcha va surunkali ta'siri atrof-muhit, inson va boshqa hayvon turlari uchun jiddiy xavf tugʻdirishi mumkinligi aniqlangan [3,4]. Boshqa pestitsidlar sinflari bilan taqqoslaganda, karbamatlar eng koʻp turdagi birikmalarni oʻz ichiga oluvchi sinflardan biri boʻlib, ularga **karbendazim, karbaril, karbofuran, aminokarb, tiodikarb** va boshqa birikmalar kiradi. Har bir birikma oʻzining qoʻllanish sohasi (masalan, insektitsid, fungitsid yoki gerbitsid sifatida), xususiyatlari va zararli ta'sirlariga ega [5].

Ushbu farqlarga qaramay, karbamatlar oilasiga mansub birikmalar umumiy xususiyatga ega: ular **asetilxolinesteraza (AChE) fermentining ingibitorlari** boʻlib, fermentning karbamilanishi orqali uning faolligini pasaytiradi. Bundan tashqari, ular **endokrin tizim faoliyatini buzuvchi kimyoviy moddalar** sifatida ham namoyon boʻlishi va natijada turli reproduktiv muammolarni yuzaga keltirishi mumkin [3,6–8].

Endokrin tizim organizm boʻylab joylashgan va turli fiziologik jarayonlarni, jumladan, nafas olish, moddalar almashinuvi, reproduksiya, sezgi, harakat, jinsiy rivojlanish va oʻsishni boshqaruvchi gormonlarni ishlab chiqarib, ajratuvchi bezlar majmuasidan iborat. Har bir bez muayyan gormonlarni ishlab chiqaradi va oʻz navbatida tegishli gormonal signallar ta'sirida faoliyat yuritadi hamda shu orqali organizmdagi gomeostazni boshqaradi. Endokrin

organlarning faoliyatiga qarish, ayrim kasallik va holatlar, stress, atrof-muhit omillari hamda genetik xususiyatlar kabi turli omillar ta'sir koʻrsatishi mumkin [7]. **Endokrin tizim faoliyatini buzuvchi moddalar** gormonlarning ta'sirini taqlid qilishi, ularning retseptorlari bilan bogʻlanishi hamda tegishli signal kanallarini ingibitsiya qilishi yoki stimullashi mumkin boʻlgan birikmalardir. Bundan tashqari, bu turdagi moddalar gormonlarning parchalanishi, biologik mavjudligi yoki sintezini ragʻbatlantirish yoki ingibitsiya qilish orqali ularning organizmdagi konsentratsiyasiga ham ta'sir qilishi mumkin [9].

Karbamatlarning toksikligi **AChE fermentining karbamilanish orqali ingibitsiya qilinishi** bilan bogʻliq. Bu jarayon neyrotransmitter-**asetilxolinning** parchalanishini toʻxtatadi va natijada uning miya sinapslari hamda nerv-mushak birikmalarida toʻplanishiga olib keladi. Fiziologik sharoitda sinaptik AChE asetilxolinni gidrolizlab, **sirka kislotasi va xolinga** aylantirish orqali uning ortiqcha toʻplanishining va buning natijasida asetilxolin retseptorlarining haddan tashqari qoʻzgʻalishining oldini oladi. Keyinchalik sirka kislotasi **Krebs sikliga** kiradi, xolin esa neyron tomonidan qayta oʻzlashtirilib, yangi ACh sintezida foydalaniladi. Shu sababli, **AChE ning ingibitsiya qilinishi asetilxolinning toʻplanishiga**, natijada esa **muskarin va nikotin tipidagi asetilxolin retseptorlarining haddan tashqari qoʻzgʻalishiga** olib keladi. Asetilxolinning toʻplanishi butun organizmga ta'sir koʻrsatadi. Eng koʻp kuzatiladigan simptomlar qatoriga **terlash, soʻlak ajralishining kuchayishi, qorachiqning torayishi, koʻrishning xiralashishi, koʻz yoshlanishi, xirillab nafas olish, koʻngil aynishi, qusish va diareya kabi gastrointestinal buzilishlar, siydikni tutib turolmaslik** kiradi. Ogʻir holatlarda esa **falajlik, sianoz va nafas olish bilan bogʻliq buzilishlar** kuzatilishi mumkin. Ushbu simptomlar bir necha soatdan bir necha kun yoki haftagacha davom etishi mumkin [5].

Organofosfatlardan farqli ravishda, antixolinesteraz pestitsidlarning yana bir sinfi boʻlgan **karbamatlar AChE ni qaytar tarzda ingibitsiya qiladi** va shu sababli ular nisbatan kamroq toksik hisoblanadi [3].

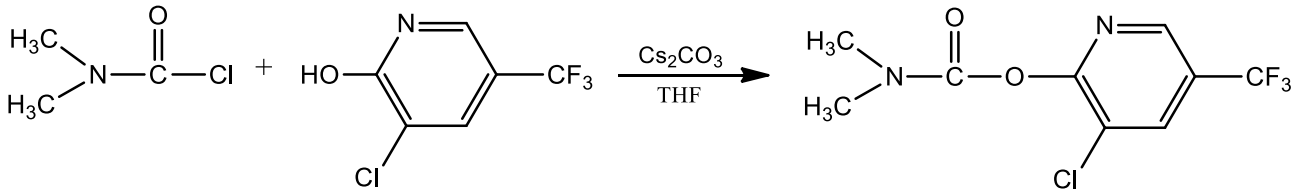
Asetilxolinning (ACh) koʻplab ta'sirlari, jumladan, uning erkaklar reproduktiv tizimiga ta'siri, asetilxolin retseptorlari (mAChR) yoki nikotin tipidagi asetilxolin retseptorlari (nAChR) orqali amalga oshadi. Asetilxolinning oʻz retseptorlari bilan bogʻlanishi Ca^{2+} ionlarining hujayraga kirib kelishini kuchaytiradi. Bu esa Ca^{2+} ga bogʻliq boʻlgan bir qator signal yoʻllarini faollashtiradi [10].

Karbamatlar kabi anti-AChE pestitsidlarning toksikligini koʻrsatuvchi biomarkerlar epididimis va moyaklardagi spermatozoidlar sonining kamayishi, shuningdek, qon zardobidagi testosteron konsentratsiyasining pasayishi bilan bogʻliqligi aniqlangan [11].

N,N-dibenzilamino guruhini tutuvchi N,N-dimetilkarbamatlarning bir qator vakillari Daniela De Vita va boshqalar tomonidan sintez qilindi va ularning atsetilxolinesteraza (AChE) fermentini ingibirlash qobiliyati baholangan. Eng yuqori faollikni namoyon etgan birikmalar 50 mM konsentratsiyada mos ravishda 85% va 69% ingibirlash samaradorligini koʻrsatgan. Bundan tashqari, tuzilish–faollik bogʻliqligining (SAR) ayrim asosiy qonuniyatlari aniqlanib, karbamoil va dibenzilamino guruhlari orasidagi eng maqbul masofani ta'minlovchi bogʻlovchi alkil zanjiri oltita metilen guruhidan tashkil topishi kerak ekanligi, dibenzilamino guruhining aromatik halqalariga elektron tortuvchi oʻrinbosarlarning kiritilishi esa ingibirlash faolligini pasaytirishi oʻrganilgan. AChE fermentining ingibirlanishini sekin boshlash xususiyatiga ega birikmalar esa ferment faolligining vaqtga bogʻliq ravishda oʻzgarishini oʻrganish tajribasi hamda ingibirlangan va tripsin fermenti yordamida parchalangan AChE namunasining MALDI-TOF mass-spektrometrik tahlili ushbu ta'sir fermentning karbamoillanishi bilan bogʻliq emasligini koʻrsatdi. Buning oʻrniga, chiziqli alkil zanjirining yuqori konformatsion erkinligi tufayli AChE ning sekin bogʻlanuvchi ingibitori sifatida ta'sir qilishi mumkinligi taxmin qilingan[12].

Tadqiqot metodologiyasi

Tajriba olib borish uchun 3-xlor 5-triftormetil piridin 2-ol substratlarni eritmaga oʻtkazishda THF organik reaksiya muhiti sifatida ishlatiladi. Reaksiya asosiy komponentlari piridinli hosila tutuvchi substrat, asos sifatida Cs_2CO_3 va N,N-dimetilkarbamoyl xloriddan foydalanildi. Bu usuldan maqsad gidroksil guruhidagi vodorodni chiqarib, substratni O-nukleofilga aylantirish va keyinchalik karbamoyl fragmentini kislorod orqali biriktirishdan iborat. Avvalo quruq, toza va aralashtirgich solingan kolbaga piridinli boshlangʻich moddadan 0,5g miqdorda tortib olinadi. Modda 15 ml THF da eritiladi. Keyingi bosqichda Cs_2CO_3 dastlabki substratga nisbatan 1:1,5 nisbatda (1,25g) qoʻshildi. Asos substratning O–H guruhini faollashtirib, reaksiya davomida kerakli O-nukleofil konsentratsiyasini ta'minlaydi. Aralashma yaxshilab aralashtirilgach, N,N-dimetilkarbamoyl xlorid piridinga nisbatan 1:1,2 nisbatda (0,32 g) miqdorda qoʻshiladi. Reaksiya davomida aralashma doimiy aralashtirib turiladi. Reaksiyaning borishi har 6, 8 va 12 soat oraligʻida YQX yordamida kuzatib borildi. Jarayon piridinli hosila tugaguncha (18 soat) davom etirildi. Reaksiya tugaganidan soʻng seziy tuzlari filtrlab olib tashlandi, Organik faza ajratilib, suv bilan yuviladi ortiqcha metil karbomoyl xlorid suv bilan yuvib tashlandi. Hosil boʻlgan choʻkmalar ajratib olindi. Olingan karbomatning tozaligi TLC bilan tekshiriladi.

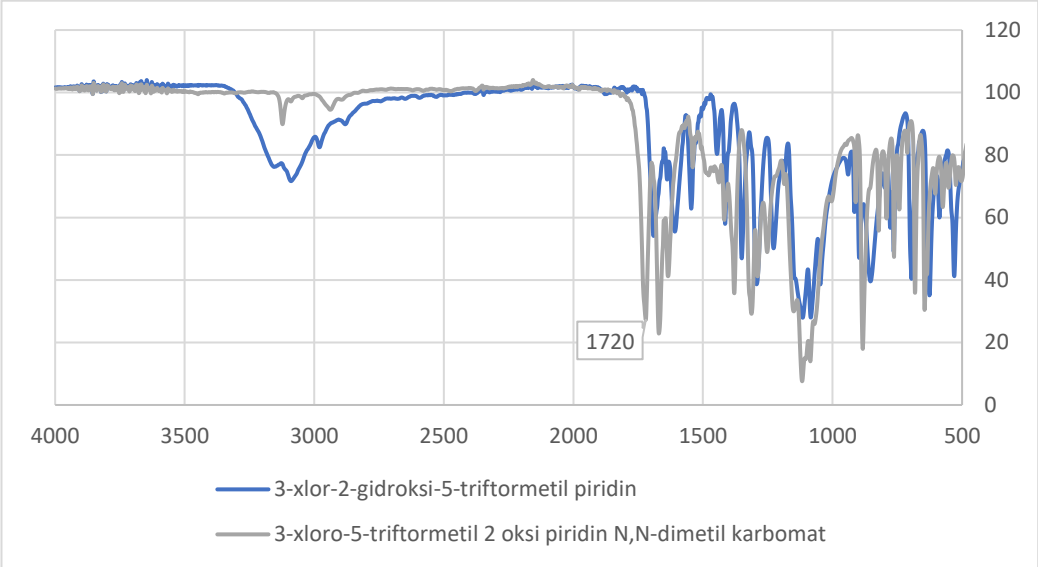


1-sxema. N,N-dimetil karbomat olinishi

Mahsulot doimiy massaga kelguncha 700C li quritish shkafida quritib olindi. Quritilgan massa 0,59 g ni tashkil etib boshlang‘ich moddalarga nisbatan 86% unumni tashkil qildi. Tozaligi HPLC usulda hamda IQ spektroskopiya usullarida tekshirib tasdiqlab olindi.

Natijalar va ularning tahlili

Fiziologik faol modda hisoblangan piridinli hosilasi va shu hosila asosida olingan karbomatning tuzilishini tasdiqlash uchun IQ spektri olindi. 3-xlor 2 gidroksi 5-triftormetil pirindinda quyidagi yutilishlar mavjud: 3000-3300 sm-1 sohada OH guruhining yutilishlari qayd etilgan. Sintez qilingan karbomatning IQ spektrida esa 3000-3300 sm-1 sohada yutilish qayd etilmaganligi, shuningdek karbomatlarga xos bo‘lgan 1710-1740 sm-1 sohalarda karbonil (C=O) guruhining tebranishi aniqlandi.



1-rasm. Piridinli hosila tutgan karbomat va boshlang‘ich moddalarning IQ spektrlari

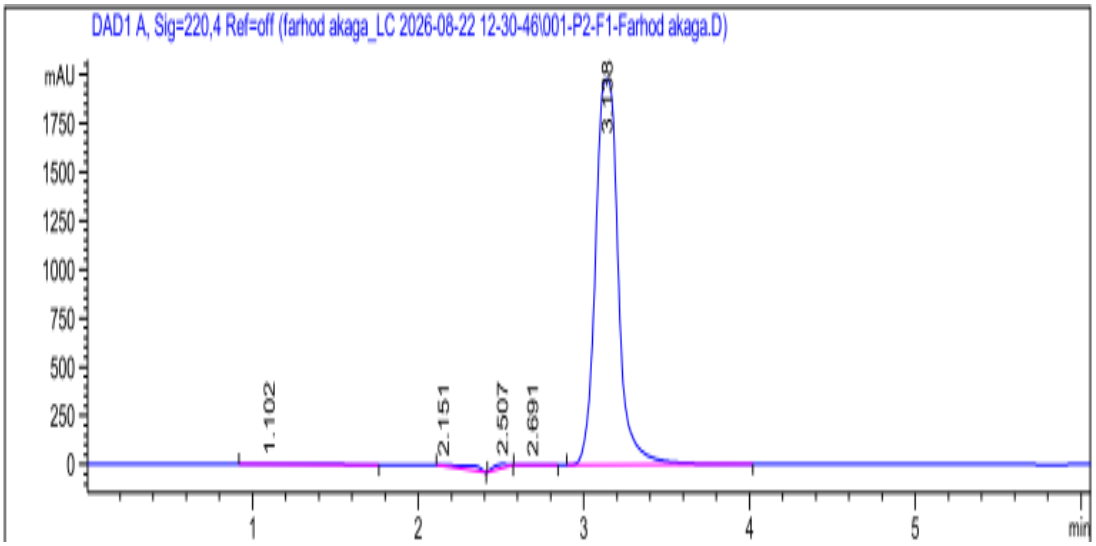
Qayta kristallash usulida tozalab olingan 3-xlor 5 triftormetil 2 oksi N,N-dimetil karomatning tozalik darajasini aniqlash maqsadida atsetonitril (CH3CN)dagi eritmasi tayyorlab olindi.

1-jadval

Karbomat analizi uchun xromotagrafik holat

Mobil faza	(85:15) atsetonitril va buffer eritma
Qo‘zg‘almas faza	(250 mm x 4,6 mm, 3 mkm Supelcosil HPLC column, Agilent)
To‘lqin uzunligi	254 nm
Analiz bajarish vaqti	6 min
Oqim tezligi	0.8 ml/min
Olingan namuna miqdori	1 mkl/min
Harorat	40 °C

Karbomat eritmasi 1.5 ml li YuSSX vialkalariga solinib analiz uchun tayyorlab olindi. PDA diod – matritsali absorbsion detektori sezuvchanlik va selektivlikni oshirish uchun to‘lqin uzunligi 254 nmda ishlatiladi.



2 – rasm. 3-xlor 5 triftormetil 2 oksi N,N-dimetil karbomatning YuSSX analizi

Xromatogrammadan ko‘rinib turibdiki, toza modda sifatida 3,14 minutda faqat bitta yutilish qayd etilganligi tozalik darajasining 97,5 foiz bo‘lishi YuSSX usulida

(2 - rasm) qayd etildi.

Xulosa

O‘tkazilgan tadqiqotlar natijasida 3-xlor-5-triftormetilpiridin-2-ol asosida N,N-dimetil karbomat hosilasi sintez qilindi. Tajriba tetragidrofuranda va seziy karbonat (Cs_2CO_3) asosida olib borildi va maqsadli birikma 86% unum bilan olindi. Olingan mahsulotning tuzilishi zamonaviy tahlil usullari yordamida tasdiqlandi. IQ-spektroskopik tahlil natijalarida boshlang‘ich piridinli birikmaga xos gidroksil guruhining 3000–3300 sm^{-1} sohadagi yutilish signali kuzatilmagani, 1710–1740 sm^{-1} sohada karbonil (C=O) guruhiga tegishli kuchli yutilish piklarining hosil bo‘lishi karbamat hosil bo‘lganini tasdiqladi. YuSSX tahlilida 3,14 minutda yagona xromatografik signalning qayd etilishi sintez qilingan mahsulotning yuqori darajadagi tozaligini ko‘rsatdi. Shunday qilib, tanlangan sintez sharoitlari N,N-dimetil karbamat hosilasini yuqori unum va tozalikda olish imkonini berishi aniqlandi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Martin-Reina, J.; Duarte, J.A.; Cerrillos, L.; Bautista, J.D.; Moreno, I. Insecticide Reproductive Toxicity Profile: Organophosphate, Carbamate and Pyrethroids. J. Toxins 2017, 4, 1–7.

2. WHO. Carbamate Pesticides: A General Introduction; World Health Organization: Geneva, Switzerland, 1986.

3. Gupta, R.C.; Mukherjee, I.R.; Doss, R.B.; Malik, J.K.; Milatovic, D. Organophosphates and Carbamates. In Reproductive and Developmental Toxicology; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 2017; pp. 609–631.

4. Ghosh, A.K.; Brindisi, M. Organic carbamates in drug design and medicinal chemistry. J. Med. Chem. 2015, 58, 2895–2940.

5. King, A.M.; Aaron, C.K. Organophosphate and carbamate poisoning. Emerg. Med. Clin. N. Am. 2015, 33, 133–151.

6. Afzal, S.; Shah, S.S.; Iqbal, M.F.; Noureen, A. Review on effect of carbamate pesticide on male reproductive system of mammals. Int. J. Entomol. Res. 2018, 3, 31–33.

7. Liu, J.; Zhang, P.; Zhao, Y.; Zhang, H. Low dose carbendazim disrupts mouse spermatogenesis might Be through estrogen receptor related histone and DNA methylation. Ecotoxicol. Environ. Saf. 2019, 176, 242–249.

8. Li, H.; Zhang, P.; Zhao, Y.; Zhang, H. Low doses of carbendazim and chlorothalonil synergized to impair mouse spermatogenesis through epigenetic pathways. Ecotoxicol. Environ. Saf. 2020, 188, 109908.

9. Combarnous, Y. Endocrine Disruptor Compounds (EDCs) and agriculture: The case of pesticides. Comptes Rendus Biol. 2017, 340, 406–409.

10. Dajas-Bailador, F.; Wonnacott, S. Nicotinic acetylcholine receptors and the regulation of neuronal signalling. Trends Pharmacol. Sci. 2004, 25, 317–324.

11. Mor, I.; Soreq, H. Cholinergic Toxicity and the Male Reproductive System. Reprod. Dev. Toxicol. 2011, 66, 863–870.

12. Daniela De Vita, Fabiana Pandolfi, Luigi Ornano, Marta Feroci, Isabella Chiarotto, Ilaria Sileno, Federico Pepi, Roberta Costi, Roberto Di Santo & Luigi Scipione. New N,N-dimethylcarbamate inhibitors of acetylcholinesterase: design

synthesis and biological evaluation. Journal of Enzyme Inhibition and Medicinal Chemistry 2016. J Enzyme Inhib Med Chem, Early Online: 1–8.