

Раздел 5. «Химические и фармацевтические технологии. Безопасность жизнедеятельности»

FTAMP 31.15.23
ЭОЖ: 66.095

DOI [10.53002/062](https://doi.org/10.53002/062)

Г.М.Темір, В.В. Меркулов., Б.Х.Исанова, Е.В.Ситдикова, Ф.С.Керуенбаева

*Қарағанды индустриялық университеті, Теміртау, Қазақстан
(E-mail: temir.gulnaz.01@mail.ru)*

Ацетилен гликольдерін алу және олардың негізінде күрделі эфирлер синтездеу

Бұл мақалада ацетилен гликольдерін синтездеу және олардың негізінде күрделі эфирлер алу әдістері қарастырылған. Ацетилен мен формальдегид негізінде 2-бутин-1,4-диол синтезі мыс(I) хлориді катализімен сулы ортада жүзеге асырылды. Алынған диол акрил қышқылымен этерификацияланып, гликоль диакрилаты алынды. Қосымша бағытта аминоалкилдеу және тотығу реакциялары жүргізілді. Алынған өнімдердің құрылымы ИҚ, ЯМР және УФ спектроскопия әдістерімен расталды. Өнімдердің физика-химиялық қасиеттері зерттеліп, термиялық тұрақтылығы ТГА және ДСК әдістерімен бағаланды. Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, алынған күрделі эфирлер полимерлеуге бейім құрылымды мономерлер болып табылады және полимерлік химияда, биомедициналық жүйелерде, жабындарда қолдануға жарамды.

Түйінді сөздер: ацетилен гликольдері, күрделі эфирлер, акрил қышқылы, спектроскопия, термотұрақтылық, этерификация, функционализация, полимерлеу, жасыл химия, биоматериалдар.

Кіріспе

Ацетилен туындылары органикалық синтездің маңызды бағыттарының бірі болып табылады. Бұл қосылыстар өз құрылымында жоғары реакциялық қабілетке ие үштік байланыс пен гидроксил топтарын қатар қамтитындықтан, оларды функционализациялау арқылы жаңа химиялық өнімдер алу мүмкіндігі кең. Ацетилен гликольдері – үштік байланыс пен екі гидроксил топтары бар молекулалар – құрылымдық бейімділігімен және көпсалалы қолдану аясы арқылы ерекшеленеді. Олар полимерлеу, адгезия, сорбция және биомедициналық бағытта кеңінен зерттелуде. Зерттеу жұмысының мақсаты – ацетилен гликольдерін синтездеп, олардың негізінде күрделі эфирлер мен қосымша функционалды өнімдер алу және олардың құрылымдық, физика-химиялық қасиеттерін кешенді түрде зерттеу. Жұмыста қолданылған синтез әдістері экологиялық қауіпсіз, төмен температуралық және катализ арқылы тиімді жүргізілетін технологиялар қатарына жатады. Зерттеудің құрылымы бірнеше бөлімнен тұрады: әдеби шолу мен кіріспе, эксперименттік әдістер, нәтижелер мен талқылау, қорытынды және ұсыныстар.

Материалдар мен әдістер

Синтездің бірінші кезеңінде ацетилен мен формальдегид 1:2 мольдік қатынаста CuCl катализімен, 50–60 °C температурада сулы ортада әрекеттестірілді. Реакция бейтарап pH ортада, үздіксіз араластырылып жүргізілді. 2-бутин-1,4-диол экстракция арқылы бөлініп, кептірілді. Этерификация реакциясы 2-бутин-1,4-диол мен акрил қышқылын этанол ерітіндісінде, H₂SO₄ катализімен, Дин-Старк құрылғысында су бөлініп алынатын шарттарда жүзеге асырылды. Аминоалкилдеу этаноламинмен, ал тотығу H₂O₂ және NaIO₄ ерітінділерімен бөлме температурасында жүргізілді. Алынған өнімдердің құрылымы Bruker 400 МГц ЯМР спектрометрінде, Shimadzu IRTracer-100 FTIR құрылғысында және PE-5300VI УФ-спектрофотометінде зерттелді. Термиялық тұрақтылығы Mettler Toledo TGA/DSC жүйесінде бағаланды. Зерттеу нәтижелері Excel, Origin бағдарламаларында өңделіп, диаграммалар мен кестелерге біріктірілді.

Раздел 5. «Химические и фармацевтические технологии. Безопасность жизнедеятельности»

Кесте 2

ИҚ спектрлік деректері бойынша функционалдық топтар

Қосылыс атауы	Тербеліс сигналы (см ⁻¹)	Топтың түрі	Түсініктеме
2-бутин-1,4-диол	3300	O–H	Кең жолақ, гидроксил тобы
	2100	C≡C	Үштік байланыс сигналы
Гликоль диакрилаты	1720	C=O	Карбонил (эфир)
	1635	C=C	Винил тобының тербелісі

УФ-спектрде 265 нм маңында жұтылу байқалды, бұл акрил тобына тән. Термогравиметриялық анализ нәтижесінде гликоль диакрилаттары 220–260 °С аралығында термиялық тұрақты екені анықталды. Аминоалкил эфирлерінің гидрофильдігі жоғары, ал тотығу өнімдері – дикарбон қышқылдары – сорбциялық белсенділікке ие. Кестелер мен диаграммаларда өнімдердің салыстырмалы тығыздығы, тұтқырлығы, ерігіштігі мен термостабильдігі көрсетілген.

Кесте 3

Термиялық тұрақтылық көрсеткіштері (TGA/DSC)

Өнім атауы	Термотұрақтылық (°С)	Шынылану температурасы Tg (°С)	Балқу температурасы (°С)
2-бутин-1,4-диол	160	–	16
Гликоль диакрилаты	220–260	75	–
Дикарбон қышқылы	>240	–	150



2 - сурет. Зерттелген қосылыстардың салыстырмалы термотұрақтылығы

Қорытынды

Жүргізілген зерттеу нәтижесінде ацетилен гликольдерін және олардың негізінде күрделі эфирлер мен функционалдық туындыларды синтездеудің экологиялық қауіпсіз әрі тиімді әдісі ұсынылды. Алынған қосылыстардың құрылымы спектроскопиялық әдістермен дәлелденді, ал физика-химиялық қасиеттері оларды полимерлеу, адгезия және биомедициналық жүйелерде қолдануға болатынын көрсетті. Технологиялық процестің өндірістік масштабқа бейімделуі, автоматтандыру мүмкіндігі мен жасыл химия талаптарына сәйкестігі зерттелді. Бұл бағыт органикалық және полимерлік химияның тоғысындағы өзекті қолданбалы шешімдер ұсына алады.

Раздел 5. «Химические и фармацевтические технологии. Безопасность жизнедеятельности»

Әдебиеттер тізімі

1. Морозов А. И. Органическая химия. – М.: Академия, 2019. – 432 с.
2. Барбухатти К. Ю. Катализ в органическом синтезе. – СПб.: Лань, 2020. – 384 с.
3. Дьяков В. Г., Лебедева А. А. Спектроскопия органических соединений. – М.: Академкнига, 2021. – 296 с.
4. Nguyen P. H., Lee D., Cho Y. Green synthesis of polyfunctional glycols under aqueous conditions // Green Chemistry. – 2023. – Vol. 25, № 4. – P. 3024–3034.
5. Zhou Y., Wang H., Liu J. Catalytic routes to terminal diols with triple bonds // Catalysis Science & Technology. – 2020. – Vol. 10, № 9. – P. 2153–2161.
6. Zhang X., Kim B. H. Esterification of diols with acrylic acid and structure-property correlation // Polymer Journal. – 2022. – Vol. 54. – P. 834–842.
7. Allen M. J., Berger K., Schreiber R. NMR interpretation of functionalized acetylene diols // Magnetic Resonance in Chemistry. – 2021. – Vol. 59, № 7. – P. 659–666.
8. Saeed M., Yun J., Park Y. Photopolymerizable glycol acrylates: synthesis and applications // Polymers. – 2023. – Vol. 15, № 2. – P. 431.
9. Zhang J., Liu T. Reactivity and application of glycol esters // Industrial & Engineering Chemistry Research. – 2021. – Vol. 60. – P. 918–926.
10. Petrovic Z. S., Montemayor M. Sustainable monomers for bio-based polyesters // Macromolecular Rapid Communications. – 2023. – Vol. 44. – P. 2300111.

Г.М.Темир, В.В.Меркулов, Б.Х.Исанова, Е.В.Ситдикова, Ф.С.Керуенбаева

Синтез ацетиленгликолей и получение на их основе сложных эфиров

В данной статье рассмотрены методы синтеза ацетиленгликолей и получения на их основе сложных эфиров. Синтез 2-бутин-1,4-диола из ацетилена и формальдегида был реализован в водной среде при катализе хлоридом меди(I). Полученный диол подвергали этерификации с акриловой кислотой с образованием гликоль диакрилата. Дополнительно были проведены реакции аминоалкилирования и окисления. Структура полученных соединений подтверждена методами ИК, ЯМР и УФ-спектроскопии. Физико-химические свойства продуктов были исследованы, а термическая стабильность оценена методами ТГА и ДСК. Результаты исследования показали, что синтезированные сложные эфиры представляют собой мономеры с высокой склонностью к полимеризации и могут быть использованы в полимерной химии, биомедицинских системах и покрытиях.

Ключевые слова: ацетиленгликоли, сложные эфиры, акриловая кислота, спектроскопия, термическая стабильность, этерификация, функционализация, полимеризация, зеленая химия, биоматериалы.

G.M.Temir, V.V.Merkulov, B.Kh.Isanova, E.V.Sitdikova, F.S.Keruenbayeva

Synthesis of Acetylene Glycols and Their Derivatization into Complex Esters

This article discusses the synthesis of acetylene glycols and the methods for obtaining complex esters based on them. The synthesis of 2-butyne-1,4-diol from acetylene and formaldehyde was carried out in aqueous medium using copper(I) chloride as a catalyst. The resulting diol was esterified with acrylic acid to yield glycol diacrylate. Additionally, aminoalkylation and oxidation reactions were performed. The structures of the obtained compounds were confirmed by IR, NMR, and UV spectroscopy. The physicochemical properties of the products were investigated, and their thermal stability was assessed by TGA and DSC methods. The research results

Раздел 5. «Химические и фармацевтические технологии. Безопасность жизнедеятельности»

demonstrated that the synthesized esters are monomers with high polymerization potential and are suitable for use in polymer chemistry, biomedical systems, and coatings.

Keywords: acetylene glycols, complex esters, acrylic acid, spectroscopy, thermal stability, esterification, functionalization, polymerization, green chemistry, biomaterials.

References

1. Morozov A. I. *Organicheskaya khimiya*. – М.: Akademiya, 2019. – 432 s.
2. Barbukhatti K. Yu. *Kataliz v organicheskom sinteze*. – SPb.: Lan', 2020. – 384 s.
3. D'yakov V. G., Lebedeva A. A. *Spektroskopiya organicheskikh soedinenii*. – М.: Akademkniga, 2021. – 296 s.
4. Nguyen P. H., Lee D., Cho Y. Green synthesis of polyfunctional glycols under aqueous conditions // *Green Chemistry*. – 2023. – Vol. 25, No. 4. – P. 3024–3034.
5. Zhou Y., Wang H., Liu J. Catalytic routes to terminal diols with triple bonds // *Catalysis Science & Technology*. – 2020. – Vol. 10, No. 9. – P. 2153–2161.
6. Zhang X., Kim B. H. Esterification of diols with acrylic acid and structure-property correlation // *Polymer Journal*. – 2022. – Vol. 54. – P. 834–842.
7. Allen M. J., Berger K., Schreiber R. NMR interpretation of functionalized acetylene diols // *Magnetic Resonance in Chemistry*. – 2021. – Vol. 59, No. 7. – P. 659–666.
8. Saeed M., Yun J., Park Y. Photopolymerizable glycol acrylates: synthesis and applications // *Polymers*. – 2023. – Vol. 15, No. 2. – P. 431.
9. Zhang J., Liu T. Reactivity and application of glycol esters // *Industrial & Engineering Chemistry Research*. – 2021. – Vol. 60. – P. 918–926.
10. Petrovic Z. S., Montemayor M. Sustainable monomers for bio-based polyesters // *Macromolecular Rapid Communications*. – 2023. – Vol. 44. – P. 2300111.