ГРНТИ 31.21.19 **https://doi.org/10.58805/kazutb.v.2.31-1591**

ОЛИГОҚАНТ ЕРІТІНДІСІНДЕГІ КҮМІС ИОНДАРЫНЫҢ ТОТЫҚСЫЗДАНУ ҮЛГІСІНЕ ӘРТҮРЛІ ЖАҒДАЙЛАРДЫҢ ӘСЕРІ

[1]С.Д. Фазылов✉, [2]А.К. Сыздыков, [1]О.А. Нүркенов, [2]С.Ж. Ахметқалиев, [3]Б.Н. Каримова

[1]Органикалық синтез және көмірхимиясы институты, Қарағанды, Қазақстан,
[2]Қарағанды индустриялық университеті, Теміртау, Қазақстан,
[3]Е.А. Бөкетов ат. Қарағанды университеті, Қарағанды, Қазақстан

✉ *Корреспондент-автор: faz8990@mail.ru*

Бұл мақалада табиғи олигоқант β-тұйықдекстриннің ерітіндісіндегі күміс иондарының тотықсыздану сипатына әртүрлі жағдайлардың әсерін зерттеу нәтижелері ұсынылған. Олигоқант бір мезгілде алынған күміс нанобөлшектері үшін тотықсыздандырғыш және тұрақтандырғыш ретінде қолданылды. Сулы-сілтілік ортада нанобөлшектердің тотықсыздану және түзілу процестеріне ерітіндінің pH және температурасының әсері зерттелді. Ортаның сілтілігінің өзгеруі бөлшектердің өлшеміне және реакция ортасындағы ультракүлгін беттік плазмон максимумының сипатына әсер ететіні көрсетілді. Әлсіз сілтілі ортада наноөлшемді бөлшектер түзілетіні көрсетілді. β-Олигоқанттың күміс нанобөлшектерімен әрекеттесуі УК, ИҚ және ЯМР спектроскопиясын әдістемелерін қолдану арқылы анықталды. β-Олигоқанттың қатысуымен беттік плазмон резонанс жолағының батохромдық ығысуы анықталды, бұл күміс нанобөлшектері бар β-олигоқант кешенінің түзілуін көрсетеді. ИҚ-спектроскопиялық талдау β-олигоқанттың гидроксил топтарының депротонациясын тотықсыздану процестерінің нәтижесінде және олардың күміс нанобөлшектерін тұрақтандырудағы рөлін анықтады. ^{1}H және ^{13}C ЯМР деректері әлсіз ван-дер-Ваальс және олигоқанттың H-3 және H-5 протондарын қамтитын электростатикалық «қожайын-қонақ» өзара әрекеттесулерін көрсетті. Алынған эксперименттік деректер сілтілі орта нанобөлшек бетінде тұрақтандырғыш жабын қалыптастыру арқылы суда еритін β-олигоқант-AgNPs клатрат нанокомпозитінің түзілуіне ықпал етеді деген қорытындыға әкелді.

Түйін сөздер: β-олигоқант, күміс нанобөлшектері, ЯМР спектроскопиясы, клатрат кешені, нанокомпозиция.

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЙ НА ХАРАКТЕР ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИОНОВ СЕРЕБРА В РАСТВОРЕ ОЛИГИСАХАРИДА

[1]С.Д. Фазылов✉, [2]А.К. Сыздыков, [1]О.А. Нуркенов, [2]С.Ж. Ахметкалиев, [3]Б.Н. Каримова

[1]Институт органического синтеза и углехимии, Караганда, Казахстан,
[2]Карагандинский индустриальный университет, Темиртау, Казахстан,
[3]Карагандинский университет им. Е.А.Букетова, Караганда, Казахстан,
e-mail: faz8990@mail.ru

В статье представлены результаты исследования влияния различных условий на характер восстановления ионов серебра в растворе натурального олигисахарида β-циклодекстрина. Олигисахарид использовался одновременно как восстановитель и стабилизатор образующихся наночастиц серебра. Исследовано влияние pH и температуры раствора на процессы восстановления и формирования наночастиц в водно-щелочной среде. Показано, что изменение щелочности среды влияет на размер частиц и положение поверхностно-плазмонного максимума УФ в реакционной среде. Показано, что в слабощелочной среде формируются частицы до наноразмерных величин. Методами УФ-спектра, ИК- и ЯМР-спектроскопии установлены особенности взаимодействия β-олигосарида с наночастицами серебра. Обнаружен батохромный сдвиг полосы поверхностно-плазмонного резонанса в присутствии β-олигосахарида, свидетельствующий о формировании комплекса β-олигосахарида с наночастицами серебра. ИК-спектроскопический анализ показал депротонирование гидрок-

сильных групп β-олигосахарида в результате восстановительных процессов и их участие в стабилизации наночастиц серебра. Данные ^{1}H и ^{13}C ЯМР указывают на слабые ван-дер-Ваальсовые, электростатические взаимодействия типа «гость–хозяин» с участием протонов H-3 и H-5 олигосахарида. Результаты полученных экспериментальных данных позволили сделать вывод, что щелочная среда способствует образованию водорастворимой клатратной нанокомпозиции β-олигосахарид-AgNPs за счёт формирования стабилизирующего покрытия на поверхности наночастиц.

Ключевые слова: β-олигосахарид, наночастицы серебра, ЯМР-спектроскопия, клатратный комплекс, нанокомпозиция.

EFFECT OF DIFFERENT CONDITIONS ON THE RECOVERY OF SILVER IONS IN AN OLIGOSACCHARIDE SOLUTION

[1]S.D. Fazylov✉, [2]A.K. Syzdykov, [1]O.A. Nurkenov, [2]S.Zh. Akhmetkaliev, [3]B.N. Karimova

[1]Institute of Organic Synthesis and Coal Chemistry, Karaganda, Kazakhstan,
[2]Karaganda Industrial University, Temirtau, Kazakhstan,
[3]E.A. Buketov Karaganda University, Karaganda, Kazakhstan,
e-mail: faz8990@mail.ru

This article presents the results of a study examining the influence of various conditions on the nature of silver ion reduction in a solution of the natural oligosaccharide β-cyclodextrin. The oligosaccharide was used simultaneously as a reducing agent and stabilizer for the resulting silver nanoparticles. The influence of pH and temperature of the solution on the processes of reduction and formation of nanoparticles in an aqueous-alkaline medium was studied. It was shown that a change in the alkalinity of the medium affects the particle size and the position of the surface plasmon maximum of the UV in the reaction medium. It was shown that in a slightly alkaline medium, particles up to nanoscale sizes are formed. The interaction of β-oligosaccharide with silver nanoparticles was determined using UV, IR, and NMR spectroscopy. A bathochromic shift of the surface plasmon resonance band was detected in the presence of β-oligosaccharide, indicating the formation of a complex of β-oligosaccharide with silver nanoparticles. IR spectroscopic analysis revealed deprotonation of the hydroxyl groups of the β-oligosaccharide as a result of reductive processes and their role in stabilizing the silver nanoparticles. ^{1}H and ^{13}C NMR data indicate weak van der Waals and electrostatic «host–guest» interactions involving the H-3 and H-5 protons of the oligosaccharide. The experimental data obtained led to the conclusion that an alkaline environment facilitates the formation of a water-soluble β-oligosaccharide-AgNPs clathrate nanocomposite by forming a stabilizing coating on the nanoparticle surface.

Keywords: β-oligosaccharide, silver nanoparticles, NMR spectroscopy, clathrate complex, nanocomposition.

Кіріспе. Алдын ала анықталған қасиеттері бар жаңа буын материалдарын жасамай, қазіргі заманғы технологияның дамуы мүмкін емес. Бұл мәселенің бір шешімі - металл нанобөлшектерін қамтитын композиттік материалдарды өндіру. Соңғы жылдары бақыланатын өлшемі мен пішіні бар металл нанобөлшектерін синтездеу олардың бірегей биологиялық қасиеттеріне байланысты фармакология ғылымының маңызды саласына айналды [1,2]. Олардың практикалық маңызды физиологиялық қасиеттеріне беттік-көлемдік қатынасы әсер етеді, бұл олардың физикалық және биологиялық қасиеттерін өзгертуге мүмкіндік береді [3,4].

Металл нанобөлшектері, әсіресе күміс, биомедицина, наноэлектроника, катализ және басқа да салаларда қолдану үшін маңызды физикалық, химиялық және биологиялық қасиеттеріне байланысты ең көп зерттелген бөлшектер болып табылады [5,6]. Нанометрлік режимдегі бөлшектердің қасиеттері оларды дайындаудың мөлшеріне, пішініне және жағдайларына байланысты екенін атап өткен жөн. Сонымен қатар, олар-

ды синтездеуде қолданатын тәсілдер металл нанобөлшектерінің беттік қасиеттерін және маңызын анықтайды, сондықтан мұндай бөлшектерді мақсатты синтездеу өте қажет және бұл мәселеге көп күш жұмсалады [5,6]. Қазіргі уақытта металл нанобөлшектерін қарапайым химиялық әдістерді қолдана отырып синтездеу наноқұрылымды бөлшектерді тиімді және ірі көлемде өндірудің ең қолайлы жолдарының бірі болып табылады [5-7].

Материалдар мен әдістер. Бұл жұмыста біз AgNPs нанобөлшектерінің тотықсыздану және түзілу сипатына әртүрлі тәжірибелік жағдайлардың әсері туралы деректерді ұсынамыз. Әдебиеттерге сәйкес [8-12], күміс иондарын тотықсыздандыратын реакция әртүрлі жағдайларда жүзеге асырылады. Бұл жағдайда күміс нанобөлшектерін тұрақтандыру өте маңызды, себебі олар сулы ортада тез тотығуға ұшырайды және ерітінділерде оңай агрегацияланады. Бұл жұмыста біз табиғи өнім, β-олигоқантты (тұйықдекстрин (ТД) (Е-459), тотықсыздандырғыш және тұрақтандырғыш реагент ретінде күміс нитратына 100:1 қатынасында қолданылды. Реакциялар сулы сілтілі ортада әртүрлі pH (7-12) мәндерінде және температура жағдайларында жүргізілді.



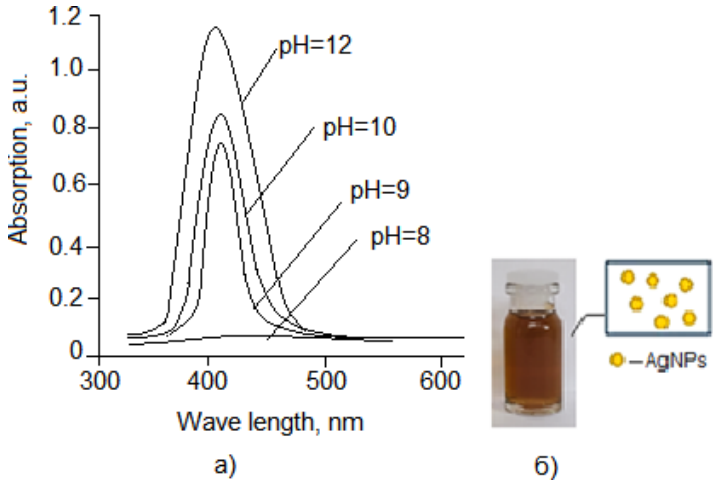
1-сурет. β-ТД-AgNP синтезінің схемалық көрінісі

Нәтижелер және талқылау. *β-ТД-мен күміс иондарын тотықсыздандыру сипатына ерітіндінің pH және температурасының әсерін зерттеу.* Тәжірибелік нәтижелер ерітінді pH-ның Ag нанобөлшектерінің (AgNPs) түзілуінде маңызды рөл атқаратынын көрсетті. Біздің тәжірибелеріміз pH≤8 кезінде және бөлме температурасында AgNPs іс жүзінде түзілмейтінін көрсетті, яғни әлсіз сілтілі ортада β-ТД күміс иондарын тотықсыздандырмайды. Дегенмен, pH-тың 9-12-ге дейінгі аралығында және ерітінді температурасы 70-75°C-қа дейін көтерілгенде, УК-спектрінің 410-415 нм аймағында біртіндеп анық күміс нанобөлшектерінің беттік плазмондық резонанс жолағының сызықтық көрсеткіші пайда болады (сурет 1). Ерітінді температурасының көтерілу жағдайларда AgNPs нанобөлшектер ерітіндісінің түсі ашық сары түске айналып, біртіндеп сарғыш-қоңыр түске ауысып отырады, бұл ерітіндіде күміс нанобөлшектерінің түзілуін көрсетеді. Ерітіндіде тұрақтандырғыш болмаған кезде күміс нанобөлшектерінің өлшемдері ұлғайып, олар ерітіндіде біртіндеп сұрлы күміс тұнбалары түрде түсе бастайды. Әдетте, УК-спектрінің 400-430 нм аймағында сфералық күміс нанобөлшектерінің күшті жұтылу шыңы болады, бұл олардың беттік плазмондық резонансына сәйкес келеді [7,8].

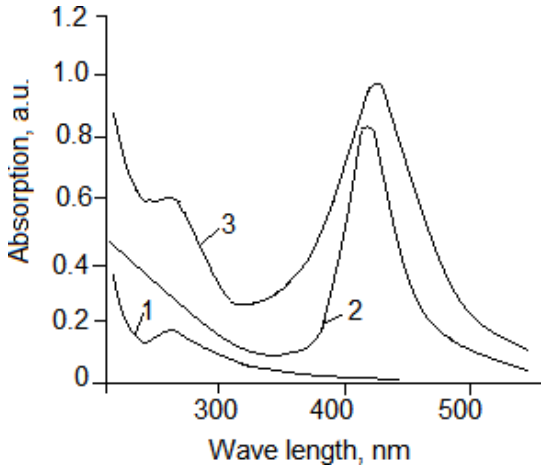
Ерітіндіде тұрақтандырғыш реагенттің болуы субстраттың тотықсыздану сипатына, AgNPs беттік плазмондық резонанс жолағының ультракүлгін спектрлеріндегі орналасуы мен қарқындылығына айтарлықтай әсер ететіні белгілі [9]. Сондықтан, AgNPs нанобөлшектері бар β-ТД кешендерінің спектрлік сипаттамаларын зерттеу AgNPs мен олигосахарид (тұрақтандырғыш) молекулалары арасындағы өзара әрекеттесу туралы ақпарат береді. 2-суретте әртүрлі pH мән-

дерінде дайындалған AgNPs бар ерітіндінің УК спектрлері (а) және 3-суретте β-ТД ерітіндісінің (1), AgNPs нанобөлшектерінің (2) және β-ТД-AgNPs-клаттратты кешенінің (3) УК жұтылу спектрлері көрсетілген.2(а,б)-суреттегі деректерден көрініп тұрғандай, Ag^+ тотықсыздануы тек сілтілі ортада қарқынды жүреді. 400 нм-ге жақын аймақтағы спектрлік максимумдар оқшауланған және әлсіз өзара әрекеттесетін күміс нанобөлшектерінің беттік плазмондық резонансына (БПР) сәйкес келеді. Көрінетін аймақта айтарлықтай жұтылуы бар УК спектрлеріндегі сипаттамалық шың металл нанобөлшектерінің түзілуінің нәтижесі болып табылады [10].

2 және 3-суреттердегі мәліметтерден көрініп тұрғандай, β-ТД ерітіндісінің сіңіру максимумы 275-280 нм (1) аймағында, ал күміс иондарының сіңірілу жолақтары - 400-425 нм (2) аймағында көрініп тұр. 440-450 нм толқын ұзындығында ерітіндідегі β-ТД-AgNPs кешенінің сіңіру жолағы байқалады (3) (сурет 3). Алынған деректерді талдаудан β-ТД-AgNPs кешенінің түзілуі кезінде электромагниттік өрістің әсерінен бөлшектердің беттік плазмон резонанс жолағының (БПР) батохромдық ығысуы жүреді деген қорытынды жасауға болады, себебі күмістің нанобөлшектері де электростатикалық қасиеттерді көрсете алады [11]. NaOH концентрациясының жоғарылауымен сіңіру қисықтарындағы максимум жоғарылайды, оның ені азаяды, себебі синтезделген күміс нанобөлшектерінің өлшемі азаяды және плазмон шыңының көрінісі ұзын толқын ұзындықтарына қарай - 414-425 нм-ге дейін ығысады. Осылайша, аздап сілтілі ортада синтездеу кезінде күміс нанобөлшектерінің өлшемі наноөлшемді мәндерге дейін азаяды. NaOH концентрациясының одан әрі артуы синтезделген нанобөлшектердің өлшемінің артуына әкеледі.



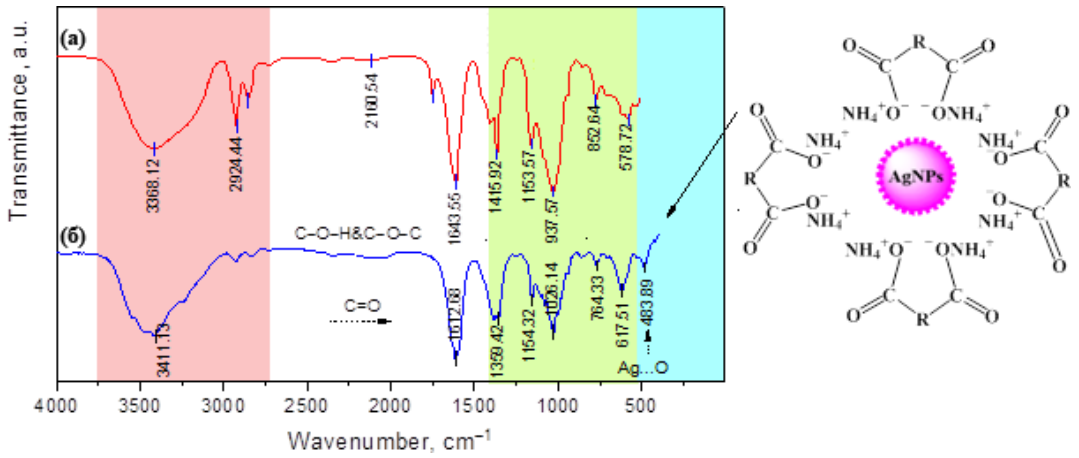
2-сурет.75°С температурада (τ = 2 сағ.) AgNPs ерітіндісінің жұтылу спектрлерінің сипатына ерітіндінің pH мәні әсер етеді.



3-сурет. β-ТД ерітінділерінің (1), AgNPs нанобөлшектерінің дисперсиясының (2) және β-ТД қатысуымен AgNPs нанобөлшектерінің УК жұтылу спектрлері (3)

Осылайша, сілтілік жағдайлар β-ТД-нің ОН топтарының депротонациясын күшейтетіні анықталды. Бұл күміс нанобөлшектерінің түзілуі мен тұрақтануын айтарлықтай жеңілдетеді және олардың беткі қабаттары оң зарядталғандықтан болады [10-12]. Күміс нанобөлшектерінің коллоидты ерітінділері ерекше оптикалық қасиеттерді көрсетеді - олардың түсі бөлшектердің өлшеміне байланысты өзгеріп отырады. Бөлшектердің өлшемі ұлғайған сайын (20-дан 200 нм-ге дейін), олардың түсі келесідей өзгереді: сары-жасыл-қоңыр-сұр.

Қалыптасқан β-ТД-AgNPs нанокомпозитінің құрылымын ИҚ және ЯМР спектроскопиясы арқылы зерттеу. 4-суретте β-ТД және β-ТД-AgNPs кешенінің ИҚ спектрлері көрсетілген.3368 және 3411 $см^{-1}$ аймағындағы β-ТД (а) және β-ТД–AgNPs (б) молекуларындағы ОН топтарының жұтылу жолақтарының өзгеру сипаттары көрініс тауып тұр.2924 $см^{-1}$ аймағындағы шыңдар β-ТД-ның СН-топтары байланыстарының созылу тербелістеріне жатады. Бастапқы β-ТД карбонилді С=О топтары 1643 $см^{-1}$ аймағында жұтылу жолақтарына ие, ал β-ТД-AgNPs кешенінің ИҚ спектрлерінде бұл С=О жолақтары 1612 $см^{-1}$.852, 764 және 578 см $^{-1}$ аймақтарындағы жолақтар пиранозды сақинаның қаңқалық тербелістеріне жатады.1359 $см^{-1}$ (β-ТД-AgNPs) аймағындағы жолақтардың пайда болуын CH_2 иілу сипатына, ал 1026 $см^{-1}$ аймағындағы жолақ СО созылу тербелістеріне жатқызуға болады [13]. β-ТД және β-ТД-AgNPs-лердегі С-О-С асимметриялық созылу тербелістерін сәйкесінше 1153 $см^{-1}$ және 1154 $см^{-1}$ аймағында байқауға болады [13,14].



4-Сурет. β-ТД(b), β-ТД-AgNP(c) үшін инфрақызыл спектр

β-ТД-AgNPs-тері бар инклюзивті кешеннің спектрлік сипаттамалары ^{1}H,^{13}C ЯМР спектроскопиясының деректерімен, сондай-ақ екі өлшемді COSY (^{1}H-^{1}H) және HMQC (^{1}H-^{13}C) спектрлерін талдау арқылы да сипатталды. Кестеде келтірілген деректер бойынша бұл спектрлерді талдау β-ТД-AgNPs-тері инклюзивті кешеніндегі протондық химиялық ығысуларының мәндеріндегі ең үлкен айырмашылық тек β-олигосахаридтің Н-3 және Н-5 атомдарында ғана байқалатынын көрсетті. ИҚ және ЯМР спектроскопиясы арқылы алынған β-ТД-AgNPs нанокомпозитінің құрылымын зерттеу нәтижелері β-ТД-AgNPs молекулалары арасындағы әлсіз байланысты көрсетеді [15].

1-кесте. ^{1}H және ^{13}C ЯМР спектрлерінде β-ТД-нің бос күйдегі және β-ТД-AgNPs қосылу кешенінің құрамындағы химиялық ығысулары (Δδ)

Атомдар саны	β-ТД (δо) (м.д.)		β-ТД-AgNPs (δ) (м.д.)		Δδ (δ-δо) (м.д.)	
	δ(^{1}H)	Δ (^{13}C)	δ(^{1}H)	Δ (^{13}C)	δ (^{1}H)	Δ (^{13}C)
C1	4.823	102.43	4.736	102.23	-0.087	-0.18
C2	3.543	72.85	3.455	72.81	-0.078	-0.04
C3	3.510	73.55	3.395	73.43	-0.115	-0.12

C4	3.477 82.15	3.439 82.08	-0.038 -0.07
C5	3.352 72.51	3.236 72.39	-0.116 -0.12
C6	3.630 60.37	3.547 60.24	-0.083 -0.13

Қорытынды. Осылайша, біздің тәжірибелік нәтижелеріміз ерітіндінің pH мәні мен температурасы β-ТД-AgNPs нанокомпозитінің суда еритін клатрат түрінің түзілуінде маңызды рөл атқаратынын көрсетеді. Сілтілік жағдайлар β-ТД олигосахаридінің ОН топтарының депротонациясына ықпал етеді, бұл күміс нанобөлшектерінің беткі қабат жабындарының тұрақтануына әкеледі. Тәжірибелік нәтижелер күміс нанобөлшектерінің бейтарап және әлсіз сілтілік орталарда және төмен температуралы сұйық ерітінділерде түзілмейтінін көрсетеді.

Литература

1. Sharma V.K., Yngard R.A., Lin, Y. Silver nanoparticles: Green synthesis and their microbial activities // Advances Colloid and Interface Scince. -2009. -Vol.145. -P.83–96. DOI 10.1016/j.cis.2008.09.002.

2. Li W., Wang J., Chi H., Wei G., Zhang J., Dai L. Preparation and antibacterial activity of composite fibers made of polyvinyl alcohol/regenerated silk fibroin containing Ag nanoparticles. // Journal of Applied Polymer Science. -2012. -Vol.123(1). -P.20-25. DOI 10.1002/app.34434.

3. Caro C., Castillo P.M., Klippstein R., Pozo D., Zaderenko A.P. Silver Nanoparticles: Sensing and Imaging Applications// Silver Nanoparticles. InTech- 2010. DOI 10.5772/8513.

4. Deng Z., Zhu H., Peng B., et al. Synthesis of PS/Ag nanocomposte spheres with catalytic and antibacterial activites. // ACS Applied Materials Interfaces. -2012. -Vol.4(10). - P.5625-5632. DOI 10.1021/am3015313 .

5. He Y., Du Z., Lv H., et al. Green synthesis of silver nanoparticles by Chrysanthemum morifolium Ramat. Extract and their aoolication in clinical ultrasound gel // International Journal Nanomedicine. -2013. -Vol.8. -P.1809-1815. DOI10.2147/IJN.S43289.

6. Myachina G.F., Korzhova S.A., Ermakova T.G., et al. Silver-poly(1-vinyl-1,2,4-triazole) nanocomposites//Doklady Chemistry. -2008. -Vol.420. -P.123-124. DOI 10.1134/S0012500808050030.

7. Li P., Li S., Wang Y., Zhang Yu, Han G.-Z. Green synthesis of β-ЦД-functionalized monodispersed silver nanoparticles with ehanced catalytic activity // Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. -2017. -Vol.520 (5). -P.26-31. DOI 10.1016/j.colsurfa.2017.01.034.

8. Wiley B., Sun Y., Xia Y. Shape-controlled synthesis of metal nanostructures: the case of silver // Chemestry. -2005. -Vol.11(2). - P. 454-463. DOI 10.1002/chem.200400927.

9. Moores A. and Goettmann F. The Plasmon Band in Noble Metal Nanoparticles: An Introduction to Theory and Applications // New Journal of Chemistry. -2006. -Vol.30(8). -P.1121-1132. DOI 10.1039/b604038c.

10. Maillard M., Giorgio S., Pileni M.-P. Tuning the size of silver nanodisks with similar aspectratios: synthesis and optical properties // Journal of Physical Chemistry B. -2003. -Vol.107. - P.2466-2470. DOI 10.1021/jp022357q.

11. Mogensen K.B., Kneipp K. Size-Dependent Shifts of Plasmon Resonance in Silver Nanoparticle Films Using Controlled Dissolution: Monitoring the Onset of Surface Screening Effects //The Journal of Physical Chemistry. -2014. -Vol.118(48). -P.28075-28083. DOI10.1021/jp505632n.

12. Wiley B., Sun Y., Xia Y. Synthesis of silver nanostructures with controlled shapes and properties // Accounts of Chemical Research. -2007. -Vol.40(10). -P.1067-1076. DOI 10.1021/ar7000974.

13. Carbone M., Donia D.T., Sabbatella G., Antiochia R. Silver nanoparticles in polymeric matrices for fresh food packaging // Journal of King Saud University Science. -2016. -Vol.28(4). - P.273-279. DOI 10.1016/j.jksus.2016.05.004.

14. Hernander I.M.S., Aguirre S.I.J., Garsia J. J.O., Cervantes C.M., Camberos E.P. Food Industry Applications of Phyto-Synthesized Silver Nanoparticles // Global Journal of Nutrition & Food Science. -2019. -Vol.2(4). DOI10.33552/GJNFS.2019.02.000537.

15. Fazylov S., NurmaganbetovZh., Nurkenov O., Sarsenbekova A. et al. Synthesis and properties of silver nanoparticles functionalized with β-cyclodextrin and their loading with lupinine and its acetyl derivatives // Molecules. -2025. -Vol.30(16): 3354. DOI 10.3390/molecules30163354.

Авторлар туралы мәлімет

Фазылов С.Д.- ҚР Ұлттық ғылым академиясының академигі, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР Органикалық синтез және көмір химиясы институты, Қарағанды, Қазақстан, e-mail: faz8990@mail.ru;

Сыздықов А.Қ.-Кіші ғылыми қызметкер, Қарағанды индустриялық университеті, Теміртау, Қазақстан, e-mail: ardak.syzdykov.96@inbox.ru;

Нүркенов О.А.-Химия ғылымдарының докторы, профессор, Қазақстан Республикасының Органикалық синтез және көмір химиясы институты, Қарағанды, Қазақстан, e-mail: nurkenov_oral@mail.ru;

Ахметкалиев С.Ж. – докторант, Қарағанды индустриальды университеті, Теміртау, Қазақстан, e-mail: sanat.akh96@mail.ru;

Кәрімова Б.Н.- Химия ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, Е.А. Бөкетов ат. Қарағанды университеті, Қарағанды, Қазақстан, e-mail: b.karimowa2011@mail.ru.

Information about the authors

Fazylov S.D.-Academician of NAS RK, Doctor of chemical sciences, Professor, Institute of Organic Synthesis and Coal Chemistry of the Republic of Kazakhstan, Karaganda, Kazakhstan, e-mail: faz8990@mail.ru;

Syzdykov A.K.- Junior researcher, Karaganda Industrial University, Temirtau, Kazakhstan, e-mail: ardak.syzdykov.96@inbox.ru;

Nurkenov O.A.-Doctor of chemical sciences, Professor, Institute of Organic Synthesis and Coal Chemistry of the Republic of Kazakhstan, Karaganda, Kazakhstan, e-mail: nurkenov_oral@mail.ru;

Akhmetkaliev S.Zh. -Doctoral student, Karaganda industrial University, Temirtau, Kazakhstan, e-mail: sanat.akh96@mail.ru;

Karimova B.N.-PhD, Associate Professor, E.A. Buketov Karaganda University, Karaganda, Kazakhstan, e-mail:b.karimowa2011@mail.ru.