

DOI:10.26104/NNTIK.2023.81.62.011

Равшанбекова М.Р., Омурзак уулу Э.

**НАНОБӨЛҮКЧӨЛӨРДҮ КАМТЫГАН БИОПЛАСТИК АЛУУ ЖАНА
АНЫН АНТИБАКТЕРИАЛДЫК КАСИЕТИН ИЗИЛДӨӨ**

Равшанбекова М.Р., Омурзак уулу Э.

**ПОЛУЧЕНИЕ БИОПЛАСТИКА, СОДЕРЖАЩЕГО НАНОЧАСТИЦЫ
И ИЗУЧЕНИЕ ЕГО АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫХ СВОЙСТВ**

M. Ravshanbekova, Omurzak uulu E.

**OBTAINING BIOPLASTIC CONTAINING NANOPARTICLES
AND STUDYING ITS ANTIBACTERIAL PROPERTIES**

УДК: 546.56+546.57

Нанобөлүкчөлөрдү синтездөө үчүн физикалык синтездөө методдорунун бир түрү – суюктукта импульстук плазма методу колдонулду. Металл кычкыл нанобөлүкчөлөрүн синтездөө үчүн 99,99 % тазалыгындагы жез (Cu) таякчасы колдонулду, синтезделген жез металл нанобөлүкчөлөрүнүн эң кичинекей өлчөмү 20 нм, ал эми эң чоңу 1000 нм өлчөмүн көрсөттү. Синтездөө 20⁰С, 40⁰С, 60⁰С температуралык маанилеринде жүргүзүлдү, бөлмө температурасында 20⁰Сде, дистирленген суу чөйрөсүндө Cu 59% жана анын бир валенттүү оксиди Cu₂O 40%, 60⁰Сде Cu 51%, Cu₂O 48%, 80⁰Сде Cu 53%, ал эми Cu₂O 40% синтезделди. Синтезделген нанобөлүкчөлөрдү материалга бекитүү, жайгаштыруу жана медицина тармагында колдонууга ыңгайлуу болуусун камсыздоо үчүн атайын материал – пластик жасалды. Бирок бул пластик салттуу пластмассадан айырмалуу болуп, адам баласына жана экологияга тийгизген терс таасири төмөн же такыр болбоосу үчүн, салттуу пластик эмес, биопластик жасоо талапка ылайык болду. Биопластикти алуу үчүн баштапкы сырьё катары крахмал – картошка крахмалы, желатин жана агар колдонулду. Байкоолор боюнча, мыкты чоюлчаактык жана бекемдүүлүк биринчи агар биопластигине, андан кийин крахмал жана желатин биопластиктерине таандык болду. Антибактериалдык касиетти текшерүү үчүн, *Shigella*, *Escherichia coli* жана *Staphylococcus* бактериялары менен иш алып барылды. Эң жакшы антибактериалдык эффект крахмал биопластигинде байкалды, *Staphylococcus* бактериясына каршы лизис зонасынын максималдуу диаметри $D_{\max} = 12$ мм, *Escherichia coli* бактериясы үчүн $D_{\max} = 8$ мм, ал эми *Shigella* бактериясы үчүн $D_{\max} = 1$ мм ди түздү. Андан кийинки салыштырмалуу жакшы көрсөткүч агар биопластигинде байкалды. Алынган жыйынтыктардын негизинде, Cu металлнын антибактериалдык касиетке ээ болгондугу тастыкталып, аталган затты медицина тармагында колдонууга берүү багыты каралды.

Негизги сөздөр: жез, жез оксиди, нанобөлүкчө, бактерия, пластик, биопластик, антибактериалдык эффект.

Для синтеза наночастиц был использован один из видов метода физического синтез – метод импульсной плазмы в жидкости. Для синтеза наночастиц оксида металла использовался стержень из меди (Cu) чистотой 99,99%, наименьший размер синтезированных наночастиц металлической меди составлял 20 нм, а наибольший размер – 1000 нм. Синтез проводили при температурах 200С, 400С, 600С, при комнатной температуре

200С, в среде дистиллированной воды 59% Cu и ее одновалентного оксида Cu₂O 40%, при 600С 51% Cu, 48% Cu₂O, при 800С синтезировано 53% Cu и 40% Cu₂O. Для фиксации синтезированных наночастиц на материале, их размещения и обеспечения их пригодности для использования в области медицины был изготовлен специальный материал – пластик. Но для того, чтобы этот пластик отличался от традиционного пластика и практически не оказывал негативного воздействия на человека и окружающую среду, необходимо было производить биопластик вместо традиционного пластика. Крахмал – в качестве сырья для получения биопластика использовали картофельный крахмал, желатин и агар. Согласно наблюдениям, наилучшую эластичность и прочность сначала имели агаровые биопластики, затем крахмальные и желатиновые биопластики. Для проверки антибактериальных свойств использовали бактерии *Shigella*, *Escherichia coli* и *Staphylococcus*. Наилучший антибактериальный эффект наблюдался у крахмального биопластика, максимальный диаметр зоны лизиса в отношении бактерии стафилококка составил $D_{\max} = 12$ мм, для бактерии *Escherichia coli* $D_{\max} = 8$ мм, для бактерии *Shigella* $D_{\max} = 1$ мм. Следующие относительно хорошие результаты наблюдались у агарового биопластика. На основании полученных результатов подтверждено, что металлическая Cu обладает антибактериальными свойствами, и рассмотрены направления использования этого вещества в области медицины.

Ключевые слова: медь, оксид меди, наночастицы, бактерии, пластик, биопластик, антибактериальный эффект.

For the synthesis of nanoparticles, one of the types of physical synthesis methods was used – the method of pulsed plasma in liquid. For the synthesis of metal oxide nanoparticles, a copper (Cu) rod with a purity of 99.99% was used, the smallest size of the synthesized metallic copper nanoparticles was 20 nm, and the largest size was 1000 nm. The synthesis was carried out at temperatures of 200С, 400С, 600С, at room temperature of 200С, in the medium of distilled water 59% Cu and its monovalent oxide Cu₂O 40%, at 600С 51% Cu, 48% Cu₂O., 53% Cu and 40% Cu₂O are synthesized at 800С. To fix the synthesized nanoparticles on the material, place them and ensure their suitability for use in the field of medicine, a special material – plastic. But in order for this plastic to differ from traditional plastic and practically not have a negative impact on people and the environment, it was necessary to produce bioplastic instead of traditional plastic. Starch - potato starch, gelatin and agar were used as raw materials for the production of bioplastics. According to my

observations, agar bioplastics have the best elasticity and strength, followed by starch and gelatin bioplastics. *Shigella*, *Escherichia coli* and *Staphylococcus* bacteria were used to check the antibacterial properties. The best antibacterial effect was observed in starch bioplastic, the maximum diameter of the zone of lysis in relation to *staphylococcus* bacteria was $D_{max} = 12$ mm, for *Escherichia coli* bacteria $D_{max} = 8$ mm, for *Shigella* bacteria $D_{max} = 1$ mm. The following relatively good results were observed in agar bioplastics. On the basis of the obtained results, it is confirmed that metallic Cu has antibacterial properties, and the directions of use of this substance in the field of medicine are considered.

Key words: copper, copper oxide, nanoparticles, bacteria, plastic, bioplastic, antibacterial effect.

Киришүү. Бактериялар айлана-чөйрөдө, анын ичинде адамдарда жана жаныбарларда кеңири таралган микроскопиялык организмдер. Алар адамдын организминде деги эле жалпы жашоодо маанилүү ролду ойноруу белгилүү. Кээ бир түр бактериялар жашоону жеңилдетип [1, 2], адам баласына оң таасирин тийгизсе, айрымдары жеңил түрдөгү оорудан өлүмгө алып баруучу ооруларга чейин алып келери шексиз [3]. Алар менен күрөшүү адам баласынын ден соолугун сактоо, эпидемиялардын жана пандемиялардын алдын алуу үчүн маанилүү. Учурда илимдин өнүгүүсү менен зыяндуу бактерияларга каршы күрөштө миңдеген альтернативдүү жолдор бар, алардын бири замандын талабына жана технологиянын болуп көрбөгөндөй өнүгүүсүнө ылайык, XXI кылымдын технологиялык революциясы саналган – нанотехнология илиминин негизинде бактериялар менен болгон күрөш [4].

Нанотехнология дүйнөсүндө металлдардын нанобөлүкчөлөрү жана металл оксиддери перспективдүү антибактериалдык каражаттар болуп саналышат. Алар бактерияларга, вирустарга, козу карындарга жана протозойлорго каршы кеңири антимикробдук активдүүлүккө ээ, ошондой эле микробдордун туруктуулугунун өнүгүшүнө жол бербөөчү күрөшүүчү агенттер [5].

Көп сандаган металлдардын анын арасында айырмаланып, жез металлынын антибактериалдык

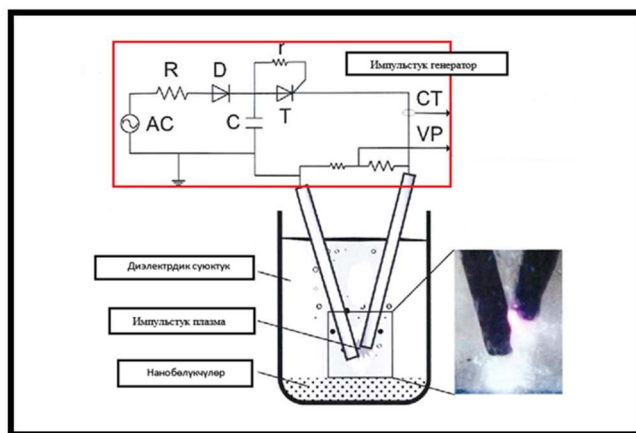
касиетке ээ экендиги белгилүү. Жез анын катарында күмүш металлы илгертен күйүктү, жараларды жана айрым бактериялык инфекцияларды айыктыруу үчүн колдонулуп келген. Бара – бара илимдин, анын ичинде өзгөчө медицина илиминин өнүгүүсү менен аталган металлдардын колдонулуусу артып келет.

Инфекциялык оорулардын жугуу жолунун бири – беттерге жайгашып калган вирустардын контакт аркылуу жайылышы. Беттердеги вирустарды өлтүрүү максатында, ар кандай антисептикалык каражаттар менен тазалоо жүргүзүлөт. Бирок бул тазалоо регулярдуу болбогондуктан, жана вирустун ал бетке качан жайгашары белгисиз болгондуктан антисептикалык каражат менен тазалоо толук жардам бербей келет. Дал ушул маселелерден улам, антибактериалдык касиетке ээ болгон каптоолор, материалдар зарыл болууда.

Эксперименталдык бөлүк.

Материалдар. Реагенттер: Тазалыгы 99,99%, диаметри 2 мм жана узундугу 8-10 мм болгон Cu таякчасы, *Escherichia coli*, *Shigella* жана *Staphylococcus* бактериялары, CH_3COOH , $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$, $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, картошка крахмалы, желатин, агар, дистирленген суу.

Метод. Нанобөлүкчөлөрдү синтездөө ыкмасы акыркы колдонуудагы нанобөлүкчөлөргө коюлган конкреттүү тапшырмага жана талаптарга ылайык тандалат. Суюктукта импульстук плазма методу – физикалык синтездөө методдорунун бир түрү. Аталган метод жасалуу жагынан жөнөкөйлүгү, жеңилдиги, экономикалык жактан арзандыгы, экологиялык жактан тазалыгы жана убакытты көп талап кылбагандыгы менен артыкчылыктуу [6]. Универсалдуу жана оңой жөндөлүүчү синтездөө методу. Аталган методдун негизинде электрдик, эксперименталдык шарттарды жөндөп, электрод материалдарын жана диэлектрдик суюктукту өзгөртүү менен талап кылынган химиялык жана физикалык касиеттердеги заттарды – металлдарды, оксиддерди, сульфиддерди, карбиддерди ж.б. заттарды синтездеп алууга болот [7].



1-сүрөт. Суюктуктагы импульстук плазма методунун схемасы [7,8].

AC – туруктуу ток булагы; R, r – резисторлор; C – конденсатор батареялары; T – тиристор; D – диод.

Суюктукта импульстук плазма (англ.мил.Pulsed Plasma in Liquid, PPI) – бул нанобөлүкчөлөрдү синтездөө үчүн жогорку энергиялуу плазманы суюктукта колдонгон ыкма. Суюктук ичинде импульстук плазма диэлектрдик суюктукка матырылган эки электроддун ортосундагы потенциалдардын чоң айырмасы жана электроддор аралык мейкиндиктин бузулуусунун натыйжасында пайда болот. Импульстук плазма – бул жогорку жыштыктагы электр талаасынын кыска импульстарынын таасири астында суюк чөйрөдө пайда болгон плазманын өзгөчө түрү. Суюктукта импульстук плазма синтез методунда процесс плазмалык разряддын суюктукта пайда болуусу менен башталат, аны жогоруда айтылгандай, жогорку чыналуудагы кыска импульстарды суюктукка өткөрүү аркылуу электроддор пайда кылат. Күчтүү плазмалык разряд көп сандаган эркин радикалдардын, иондордун жана нейтралдык бөлүкчөлөрдүн пайда болуусуна мүмкүндүк берет. Бул бөлүкчөлөр плазма булутунда бири – бирине таасир этип олтуруп, түрдүү формадагы жана өлчөмдөгү нанобөлүкчөлөрдү пайда кылат [8].

Нанобөлүкчөлөрдү синтездөө. Импульстук плазма аппаратынын туура абалда жайгаштырылгандыгы текшерилди. Электрод кармагычтарына металл таякча (Cu) бурмаларды бекемдөө куралы менен бошоп кетпөөчү абалда кылып, бекитилип алынды. Аппарат ток булагына туташтырылып, 50 мл дистирленген суу менен толтурулду, стаканга электрод (металл таякча) матырылды. Синтездөө этаптарында температура 20°C, 60°C жана 80°C маанилеринде кармалды. Электроддун бирөөсү титиреген абалда кармалат. Аппарат ток булагына туташтырылган соң, эритмедеги электроддордун тийишкен жеринен учкундун чыгып жаткандыгы байкалат, бул плазманын пайда болгондугунан кабар берет. Улам синтезделип жаткан суюктуктагы нанобөлүкчөлөр магниттик аралаштыргычтын жардамында тынымсыз аралаштырылды. Синтездөө процесси 40 мүнөт жүргүзүлдү. Процесс соңунда нанобөлүкчөлөр порошок түрүнө алынып келиниши үчүн бууландырылды. Бууландырууга 4,5 саат убакыт керектелди.

Биопластик жасоо.

Крахмал полимеринен биопластик:

Курамы: картошка крахмалы, CH_3COOH , $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$, H_2O , боёк.

6 гр полимерге $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$ 10 мл дистирленген суу кошулуп, аралашма даярдалат. Аралашмага 30 мл CH_3COOH кислотасы жана 15 мл $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$ кошулат, электрдик ысыткычка жайгаштырылып, 15 мүнөт кайнатылат, кайноо процесси бүткөн соң зат бөлмө температурасында кургоого калтырылат.

Желатинден биопластик:

Курамы: желатин, H_2O , $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$. 4 мл $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$ 1000 мл дистирленген сууда эритилип, аралашма даярдалат. Даярдалган аралашманын 360 мл көлөмү 90°C температурада 15 мүнөт кайнатылат, кайноо процессиндеги аралашмага 6,75 гр желатин бөлүктөп кошулат, жакшы аралаштырылып, зат бөлмө температурасында кургоого калтырылат.

Агардан биопластик:

Курамы: агар, желатин, дистирленген суу, $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$.

800 мл көлөмүндөгү дистирленген суу электрдик ысыткычка коюлат, 20 гр агар жана 3 гр өлчөмүндөгү желатин порошоктору өз ара аралаштырылат. Электрдик ысыткычтагы суунун температурасы 40°C жеткенде ага кургак аралашма жана 15 мл $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$ кошулуп, 10 мүнөт кайнатылат. Кайноо процесси бүткөн соң аралашма бөлмө температурасында кургоого калтырылат.

Биопластикке нанобөлүкчөлөрдү каптоо, азык чөйрө. Толук кургай элек жана формасын алып жаткан пластиктин беттик катмары синтезделген металлдын кычкыл нанобөлүкчөлөрү менен капталды. Каптоо үчүн ар бир биопластикке бирдей массадагы металл кычкылы колдонулду.

Алынган үлгүлөрдүн антибактериалдык касиетин аныктоо. Антимикробдук касиетке ээ деп болжонуп жаткан каптоонун касиетин тастыктоо үчүн бактерияларга азык чөйрө даярдалды. Азык чөйрө катары Plant Count Agar – агар чөйрөсү колдонулду. Чөйрөнү даярдоо үчүн алгач 28 грамм агар химиялык стаканга тартып алынып 1000 мл сууга эритилет. Алынган суспензия, чөйрө толук эрүүсүнө чейин кайнатылат. Ээриген чөйрөнү стерилдөө максатында 15 мин 121 °C температурада автоклавда карматылат. Стерилдөө бүткөндөн кийин, чөйрөнү 40-45°C чейин муздатуу керектелет. Муздаган соң, стерилденген петри идиштерине куюлат. Бактериялар азыктандыруучу чөйрөгө көчүрүлүп, эксперименттин тазалыгы үчүн 30 мин убакытка термостатка коюлду. Анткени, бул убакытта бактериялар жаңы азыктандыруучу чөйрөгө адаптация болушат. Адаптация болгон бактериялардын азык чөйрөсүнө нанобөлүкчөлөр менен капталган биопластиктер коюлуп, 24 саатка термостатка калтырылат. Белгиленген убакыт бүткөн соң, петри идиштери термостаттан алынып, үлгүлөрдүн лизис зонасы ченелет. Нанобөлүкчөлөрү бар каптоолордун антибактериалдык эффективдүүлүгүн билүү үчүн, контролдук курамында нанобөлүкчөлөр жок каптоо менен салыштырылды.

Жыйынтыктар жана талкуулоолор:

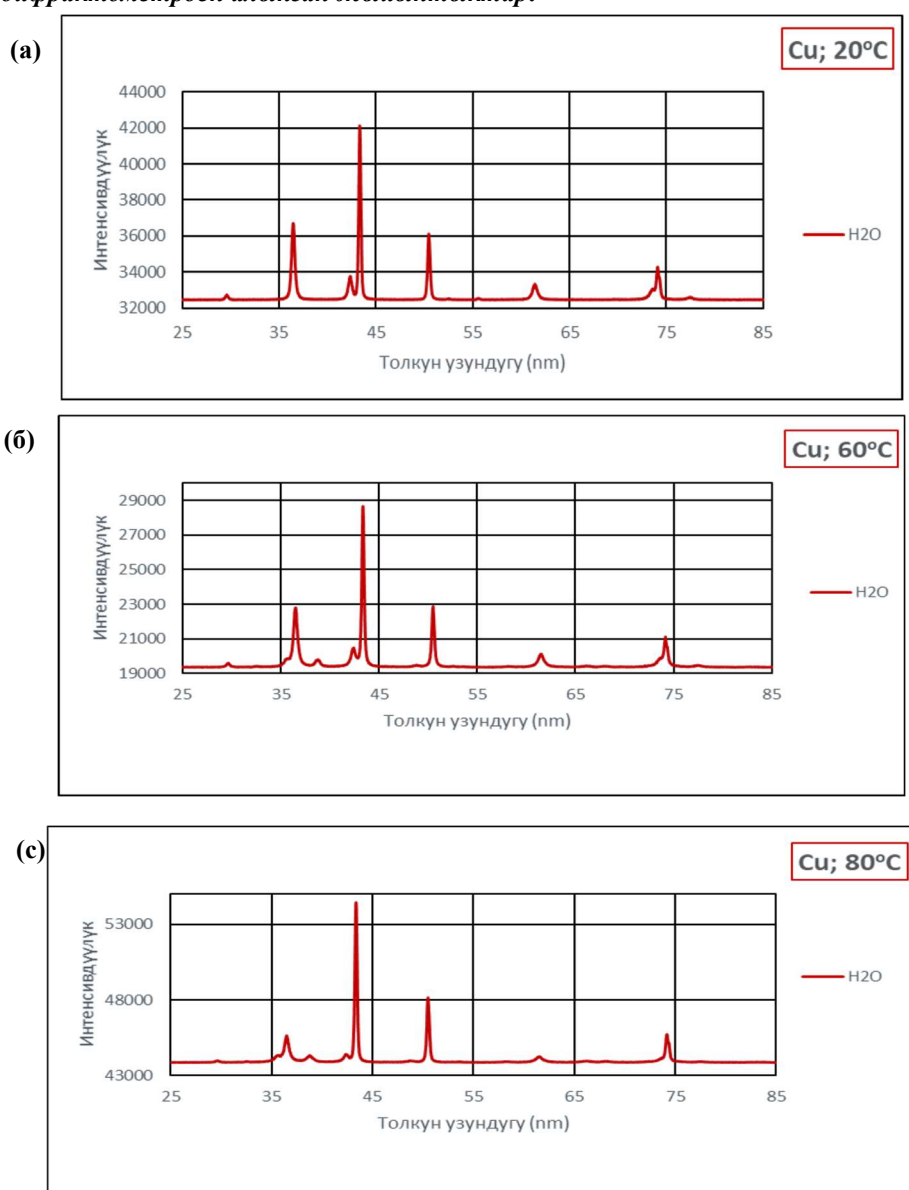
Жасалган биопластиктер:



2-сүрөт. (а) крахмал (б) агар (с) желатин.

Жасалган пластиктер – желатин жана агар биопластиктери крахмал биопластиктинен айырмаланып салыштырмалуу тунук. Байкоолор боюнча, мыкты чоюлчаактык жана бекемдүүлүк биринчи агар биопластиктине, андан кийин крахмал жана желатин биопластиктерине таандык болду. Пластиктердин калыңдыгы катарынан крахмал, агар жана желатин үчүн 0,07 мм, 0,0035 мм, 0,004 мм өлчөмдөрүн түздү.

Рентген дифрактометрден алынган жыйынтыктар:



1-график. (а)20°C, (б)60°C, (с)80°C температураларында суу чөйрөсүндө жез металл кычкылынын синтезделүү процессинен алынган үлгүлөрдүн рентгенограммасы.

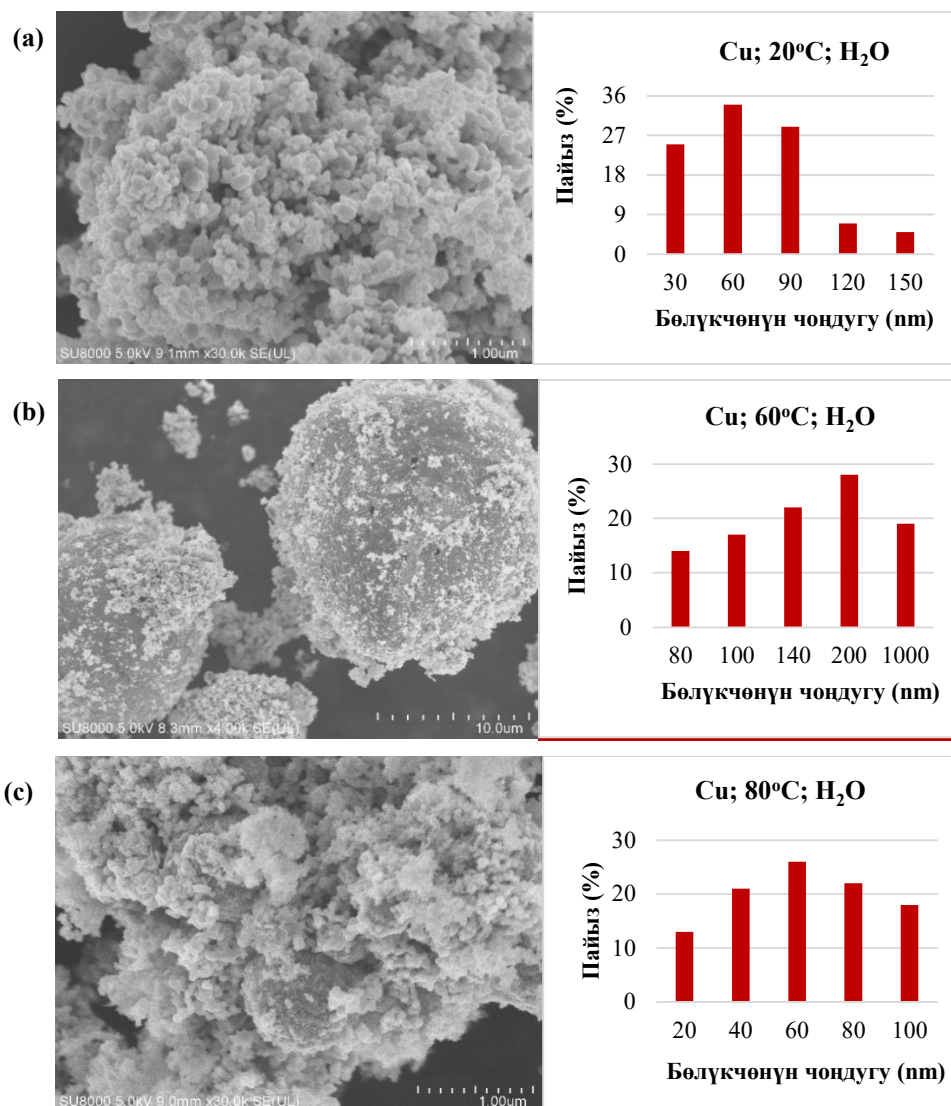
Си электродунан синтезделген заттардын жалпы пайыздык көрсөткүчү

Чөйрөлөр:	Бирдей убакытта синтезделген жалпы бөлүкчөлөрдүн массасы (гр)	Металлдын кармалышы (%)	Металл оксидинин кармалышы (%)	Башка заттардын кармалышы (%)
H ₂ O (20 ⁰ C)	0.147	59	40	1
H ₂ O (60 ⁰ C)	0.139	51	48	1
H ₂ O (80 ⁰ C)	0.150	53	46	1

H₂O чөйрөсүндө температуранын өзгөрүшүнүн жез оксидинин синтезине тийгизген таасиринин натыйжасында синтезделген бөлүкчөлөрдүн MD Jade5 программасы аркылуу жасалган сандык жана структуралык анализдеринин негизинде жасалган график жана таблица жогоруда берилди. График 1'де жана таблица 1'де көрүнгөндөй бөлмө температурасында, Си жана анын бир валенттүү оксиди Cu₂O, ал эми 60⁰C жана 80⁰Cде кошумча жездин эки валенттүү

оксиди CuO аз санда синтезделип сан жагынан эки температурада тең өзгөргөн эмес. Жалпы суу чөйрөсүн карасак, температура жогорулаган сайын жездин кармалышы жогорулап, бир валенттүү оксидинин Cu₂O кармалышы болсо төмөндөгөнү көрүнүүдө. Жез оксиддерин салыштырчу болсок, эң көп санда Cu₂O оксиди синтезделген.

Сканерлөөчү электрондук микроскопттон алынган жыйынтыктар:



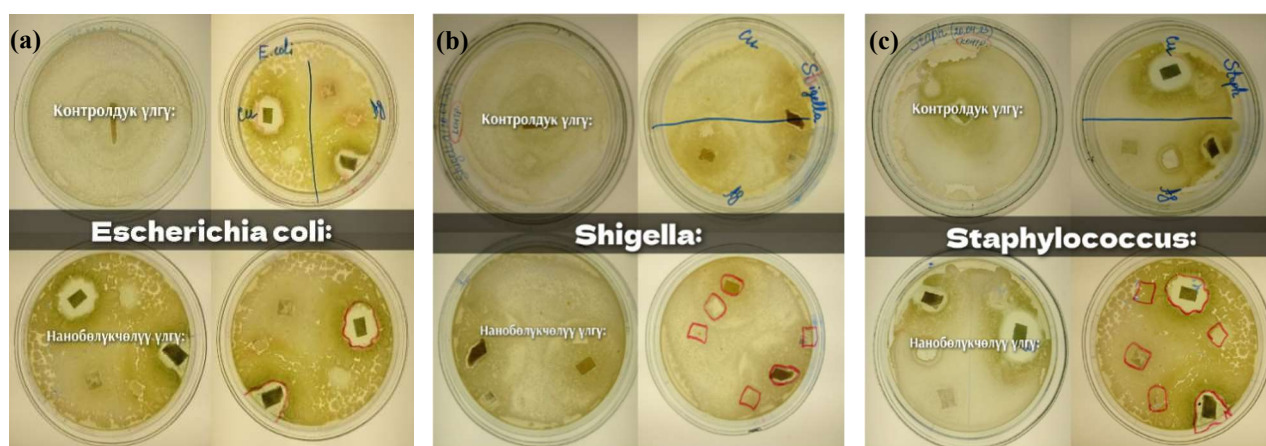
3-сүрөт. (a) 20⁰C б) 60⁰C в) 80⁰C температурада жез электродунан синтезделген нанобөлүкчөлөрдүн сканерлөөчү электрондук микроскопттон алынган микросүрөттөрү жана пайыздык гистограммалары.

Сканерлөөчү электрондук микроскоптон алынган жыйынтыктар катары келген сүрөттөрдөгү бөлүкчөлөрдүн чоңдугу ImageJ программасы аркылуу сүрөттөрдө берилген масштабтарга ылайыкталып эсептелинди. Сүрөттөрдүн масштабтарына жараша алынган бөлүкчөлөрдүн мейкиндиктеги эң кыска узундук өлчөмдөрүнө жараша 4 же 5 топторго бөлүнүп, ал топтордун пайыздык кармалуусуна жараша Microsoft Excel программасы аркылуу пайыздык гистограммалар түзүлдү.

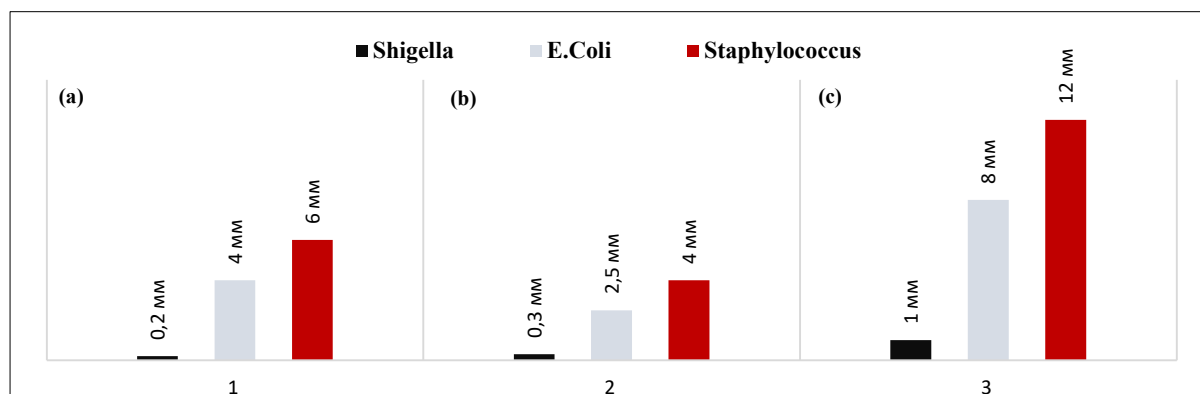
Сүрөттөн майда жана чоң бөлүкчөлөрдү көрүүгө болот, кээ бир учурларында майда нанобөлүкчөлөрдүн биригип олтуруп, чоң бөлүкчөлөрдү пайда кылгандыгын байкоого болот. Түрдүү температуралардын

синтезделип жаткан нанобөлүкчөлөрдүн чоңдугуна тийгизген таасири аныктоодо, температура жогорулаган сайын нанобөлүкчөлөрдүн чоңдугу кичирейип бараткандыгын айтууга болот. 20°C бөлмө температурасында (а) болжол менен 60 нм өлчөмүндөгү нанобөлүкчөлөр эң көп санда синтезделген, 60°C температурада (б) майда бөлүкчөлөр биригип олтуруп, бөлүкчө өлчөмүнө таасирин тийгизгендиктен, болжол менен 200 нм ге чейинки бөлүкчөлөрдү көрүүгө болот, ал эми 80°C температурада (с) 60 нм, андан кийин 80 нм жана 40 нм өлчөмүндөгү нанобөлүкчөлөрдүн эң көп санда синтезделгендиги байкалып турат.

Микробиологиялык анализ жыйынтыктары:



4-сүрөт. 3 түрдүү *Escherichia coli*, *Shigella* жана *Staphylococcus* бактериялары менен контролдук үлгү (нанобөлүкчөсүз) жана нанобөлүкчөлүү үлгүдөгү пластиктердин антибактериалдык эффекттин текшерүү.



5-сүрөт. Cu металл кычкыл нанобөлүкчөлөрү жана *Shigella*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus* бактериялары менен жүргүзүлгөн анализде лизис зоналарынын орточо диаметри. (а) агар, (б) желатин, (с) крахмал.

Биопластиктерге капталган нанобөлүкчөлөрдүн антибактериалдык эффекттин текшерүү үчүн аларга микробиологиялык анализ жасалды. Антибактериалдык касиетти текшерүү үчүн *Shigella*, *Escherichia coli* жана *Staphylococcus* бактериялары менен иш алып

барылды. Ар бир үлгү үчүн контролдук үлгүдөгү лизис зонанын диаметри $D=0$ мм. Эң жакшы антибактериалдык эффект крахмал биопластиктинде байкалды, *Staphylococcus* бактериясына каршы лизис зонасынын максималдуу диаметри $D_{\text{макс}} = 12$ мм,

Escherichia coli бактериясы үчүн $D_{\text{макс}} = 8$ мм, ал эми *Shigella* бактериясы үчүн $D = 1$ мм ди түздү. Андан кийинки салыштырмалуу жакшы антибактериалдык эффект агар биопластигине таандык, мында *Staphylococcus* бактериясына каршы лизис зонасынын максималдуу диаметри $D_{\text{макс}} = 6$ мм, *Escherichia coli* бактериясы үчүн $D_{\text{макс}} = 4$ мм, ал эми *Shigella* бактериясы үчүн $D_{\text{макс}} = 0,2$ мм. Желатин биопластиги үчүн алынган жыйынтыктарда, *Staphylococcus* бактериясына каршы лизис зонасынын максималдуу диаметри $D_{\text{макс}} = 4$ мм, *Escherichia coli* бактериясы үчүн $D_{\text{макс}} = 2,5$ мм, ал эми *Shigella* бактериясы үчүн $D_{\text{макс}} = 0,3$ мм.

Корутунду. Жез кычкылы бактерияга каршы касиеттеринен улам биология жана медицина илимдеринде кеңири колдонулат. Изилдөөлөр Cu_2O бир канчалаган бактериялар, анын ичинде *Escherichia coli* и *Staphylococcus aureus* сыяктуу инфекцияларды пайда кылуучу бактериялар менен эффективдүү агент катары күрөшөт. Cu_2O таасиринин механизми бактериялардын мембраналарына чабуул жасап, түзүлүшүн жана функциясын бузуп өлтүрөт. Мындан тышкары, Cu_2O вирустарды жана козу карындарды да инактивациялай алары белгилүү. Жез металл кычкыл нанобөлүкчөлөрү суюктукта импульстук плазма ыкмасын колдонуу менен синтезделди. Бул ыкманы тандап алуудагы башкы себептер: ыкманын жөнөкөй, жеңил, экономикалык жактан арзан жана экологиялык жактан таза болгондугунда. Синтездөө процессинен соң биопластиктер жасалып алынды. Биопластик – бул микроорганизмдердин таасири астында уулуу заттарды бөлүп чыгарбастан, салыштырмалуу тез (жүздөгөн жылдар эмес, айлар ичинде) сууга, көмүр кычкыл газына жана биомассага ажырай ала турган пластиктердин кээ бир түрлөрүнүн аталышы. Ошол эле учурда, биопластик – бул көмүрдөн, мунайдан же жаратылыш газынан эмес, кайра жаралуучу органикалык чийки заттан жасалган ар кандай пластмасса. Мисалы: целлюлоза, крахмал, соя, айыл чарба жана тамакаш өнөр жайларынын ар кандай калдыктары. Биздин учурда биопластик жасоо үчүн крахмал, желатин жана агар колдонулду. Байкоолор боюнча, мыкты чоюлчаактык жана бекемдүүлүк биринчи агар био-

пластигине, андан кийин крахмал жана желатин биопластиктерине таандык. Жез металл кычкыл нанобөлүкчөлөрүн синтездөөдө эң оптималдуу температура катары 60°C аныкталды. Жез нанобөлүкчөлөрүнүн негизинде даярдалып алынган антибактериалдык биопластик медицина тармагына колдонууга берүүгө жарактуу деп табылды. Анткени, эксперименталдык бөлүктүн жыйынтыктары көрсөткөндөй, бул – наноматериал зыяндуу бактериялардын өсүүсүн азайтып, антибактериалдык касиетин көргөзө алды.

Адабияттар:

1. <https://www.healthline.com/health/bacteria>
2. <https://tarologiy.ru/nauka/rol-bakteriy-v-zhizni-cheloveka-i-prirode.html>
3. <https://zaochnik.com/spravochnik/biologija/mikrobiologija/bol-eznetvorny>
4. <https://cyberleninka.ru/article/n/nanochastitsy-kak-sredstvo-borby-s->
5. <https://mikrobnye-nanotehnologii-novyy-rubezh-v-mikrobiologii>
6. Synthesis of Nanomaterials by the Pulsed Plasma in Liquid and their Bio-medical Applications. E. Omurzak, Z. Abdullaeva, A. Satyvaldiev, Z. Zhasnakunov, Z. Kelgenbaeva, R. Adil Akai Tegin, D. Syrgakbek kyzy, T. Doolotkeldieva, S. Bobusheva, T. Mashimo. 2017. - P. 3-5.
7. Horikoshi S, Serpone N. In-liquid plasma: a novel tool in the fabrication of nanomaterials and in the treatment of wastewaters. 2017, RSC. - P. 7196-47218.
8. Synthesis Method of Nanomaterials by Pulsed Plasma in Liquid. Emil Omurzak, Janar Jasnakunov, Nazgul Mairykova, Alima Abdykerimova, Aigul Maatkasymova. Nanosci. Nanotechnol. 2007. 7. - P. 3157-3159.
9. Wise R, Hart T, Cars O. Streulens M, Helmuth R, Huovinen P. Antimicrobial resistance is a major threat to public health British Medical Journal, 1998. 5 Sept. - P. 609-612.
10. Omurzak E., Abdullaeva Z., Iwamoto C., Ihara H., Sulaimankulova S., Mashimo T. Synthesis of hollow carbon nano-onions using the pulsed plasma in liquid J. Nanosci. 3. 2015. - P. 3703-3705.
11. Паращук Д.Ю., Кокорин А.И. Современные фотоэлектрические и фотохимические методы преобразования солнечной энергии. / Росс. хим. журн., 2008., ЛП (6). – С. 107-117.
12. Кубатбек уулу К., Руслан Адиль Акай, Омурзак уулу Э., Жакыпбеков А. Применение наночастиц в качестве антибактериальных средств в полимерных порошковых красках. // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. 2022. №. 9. С. 86-90.