

UOT 615.9.615.099

**BIOLOJİ VƏ KİMYƏVİ ÜSULLARLA SİNTEZ EDİLMİŞ GÜMÜŞ  
NANOHISSƏCİKLƏRİNİN XARAKTERİSTİKALARININ  
MÜQAYİSƏLİ ÖYRƏNİLMƏSİ****İ.S.ƏHMƏDOV, M.Ə.RAMAZANOV, V.N. RAMAZANLI,  
Q.M.EYVAZOVA, G.Z.XƏLİLOVA**  
*Bakı Dövlət Universiteti*  
*ismet522002@yahoo.com*

*Təqdim olunan tədqiqat işində kimyəvi və bioloji yolla sintez edilmiş gümüş nanohissəciklərinin müqayisəli analizi aparılmışdır. Bunun üçün gümüş nanohissəcikləri əvvəlcə sitrat-natrium metodu ilə kimyəvi sintez edilmişdir. Digər təcrübədə gümüş nanohissəcikləri Elodea bitkisinin yarpaqlarından alınan ekstraktda sintez edilmişdir. Hər iki üsulla alınan nanohissəciklərin UV-vis spektrometri və Skan Elektron Mikroskopunda (SEM) ölçüləri və formaları müqayisə edilmişdir. Kimyəvi üsulla alınan gümüş nanohissəciklərinin UV-visdə udma spektrinin maksimumu 452, elodea yarpağının ekstraktında alınan nanohissəciklərin isə 416 nm Bu onu göstərmişdir ki, elodea yarpağının ekstraktında alınan gümüş nanohissəciklərinin ölçüləri daha kiçik olur.*

**Açar sözlər:** gümüş nanohissəcikləri, natrium-sitrat, kimyəvi sintez, bioloji sintez, bitki ekstraktı, udma spektri, elektron mikroskopu.

Nanotexnologiya son illər ən çox investisiya qoyulan texnologiyalardan biridir. Bu investisiyaların həcmi artıq trilyon dollarla ölçülür [1]. Bu texnologiyanın məhsulları insan fəaliyyətinin bütün sahələrində işlədilməyə başlamışdır. Nanotexnologiyanın tibbdə, kənd təsərrüfatı, maşınqayırma, metallurgiya, tikinti sənayesində, mikroelektronika və informasiya texnologiyalarında, ətraf mühitin qorunmasında tətbiqi nəticəsində az bir müddət ərzində mühüm nailiyyətlər əldə edilmişdir. Nanotexnologiyanın məhsullarının belə sürətlə yayılması və onun geniş tətbiqi yeni bir narahatlıq yaratmışdır. Bu narahatlıq nanomaterialların və nanoqurğuların nə dərəcədə ətraf mühit və insan sağlamlığı üçün təhlükəli olması ilə əlaqədardır. Nanotexnologiyanın elementləri olan nanohissəciklər (ölçüləri 0,1 – 100 nm) üçün sanki heç bir baryer yoxdur. Onlar asanlıqla atmosfərə, su hövzələrinə, torpağa düşə bilər və bitkilərdə, heyvan orqanizmlərində toplana bilər. Nanohissəciklərin ətraf mühitdə və canlı sistemlərdə özlərini necə aparması, hansı effektlər yaratması yeni elm sahəsinin – nanotoksikologiyanın əsas predmetinə çevrilmişdir. Elmi ədəbiyyatın analizi və

bu sahədə aparılan araşdırmaların nəticələri göstərir ki, nanohissəciklərin toksikliyinə qiymətləndirilməsi problem məsələlərdən biridir.

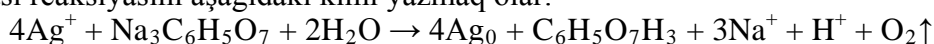
Artıq xeyli sayda müxtəlif istiqamətlərdə aparılan təcrübələrdən, xüsusilə heyvanlar üzərində aparılan təcrübələrdən aydın olmuşdur ki, nanohissəciklərin toksik effektləri onların sintez olunma üsullarından, formasından, ölçülərindən, ekspozisiya şəraitindən və müddətindən asılıdır. Məlum olmuşdur ki, kimyəvi və fiziki üsullarla sintez edilmiş nanohissəciklər bir qayda olaraq toksik olur. Digər tərəfdən bu üsullarla sintez edilmiş nanohissəciklərin qiyməti, prosesin yüksək enerji tutumlu olması hesabına, baha olur. Hal-hazırda nanohissəciklərin, xüsusilə qiymətli metalların, o cümlədən gümüş nanohissəciklərinin kimyəvi yolla sintezi geniş yayılmışdır. Ancaq bu üsulla alınmış gümüş nanohissəcikləri həm baha və həm də toksik olduğundan son zamanlar onların bioloji üsullarla sintez olunması böyük maraq doğurmuşdur. Bioloji üsullarla (mikroorqanizmlərdə, göbələklərdə, bitkilərdə və onların ekstraktlarında və s.) nanohissəciklərin sintezi zamanı yüksək təzyiq, böyük enerji, temperatur və toksik kimyəvi maddələr tələb olunmur. Odur ki, bioloji sistemlərdə nanohissəciklərin sintezi onların tətbiqini, xüsusilə tibbdə, daha əlverişli edir.

Verilmiş tədqiqat işində bitki ekstraktlarında sintez edilmiş gümüş nanohissəcikləri kimyəvi üsulla alınan gümüş nanohissəcikləri ilə müqayisəli analiz edilmişdir. Gümüş nanohissəcikləri unikal optik, elektrik və istilik xassələrinə malik olmaqla fotoelementlərdən tutmuş, bioloji və kimyəvi sensorlara qədər bütün qurğu və materialların tərkibində işlədilir. Gümüş nanohissəciklərinin yüksək elektrik keçiriciliyi, sabilliyi və çox aşağı temperaturda aqlomerasiya olunması xassələri onların keçirici mürəkkəblərin, pastaların, və doldurucuların tərkibində işlədilməsinə imkan verir. Molekulyar diaqnostikada və foton qurğularında onların yeni optik xassələrindən faydalanırlar. Gümüş nanohissəcikləri bakterisid effektivinə görə daha çox diqqəti cəlb edir [2]. Antimikrob örtüklərdə, toxuculuq məmulatlarında, kompüter klavyaturalarında, tibbi sargı materiallarında və biotibbi avadanlıqlarda istifadə edirlər. Gümüş nanohissəciklərinin toksikliyinə öyrənilməsinə həsr olunmuş tədqiqatlar göstərir ki, onlar gümüşün duzlarına nisbətən daha az toksikliyə malikdir.

### **Təcrübələr və metodika**

**Natrium sitrat üsulu ilə gümüş nanohissəciklərinin sintezi.** Gümüş nanohissəciklərini xeyli müxtəlif üsullarla sintez etmək olur. Bu üsullara kimyəvi, elektrokimyəvi [3],  $\gamma$  – şüalanma [4], fotokimyəvi [5], lazer ablyasiyası [6] üsulları aiddir. Bu üsullardan ən geniş yayılanı gümüşün kolloid məhlulunun natrium borhidrat və ya natrium sitrat məhlullarında reduksiyası üsuludur. Bu üsul sadə olsa da nanohissəciklərin alınması preparatların, reaksiya aparılan qabların təmizliyindən kəskin asılıdır. Məhlulun temperaturu, gümüş nitrat duzunun konsentrasiyası, reaksiyanın davam etmə vaxtı alınan nanohissəciklərin ölçülərinə mühüm təsir edir. Təcrübələrimizdə Ag nanohissəcikləri gümüşün nitrat duzunda  $\text{AgNO}_3$  (Elm) və natrium sitrat  $\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7\text{Na}_3$  məhlulundan istifadə etməklə alınmışdır. Bunun üçün  $\text{AgNO}_3$  duzunun bidistillə suyunda 25 ml  $10^{-3}\text{M}$  məhlulu hazırlanmış və 200 ml – lik termostatik kolbada

maqnit qarışdırıcı üzərində qaynadılmışdır. Başqa bir qabda  $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$  natrium sitratın  $10^{-3}\text{M}$  məhlulu hazırlanmışdır. Maqnit qarışdırıcı üzərində qaynayan gümüş duzunun məhluluna damcı-damcı natrium sulfat əlavə edilərək məhlulun rənginin dəyişməsi qeyd edilmişdir. Məhlulun şəffaf ağ rəngi sarı rəngə boyanana qədər qaynama və natrium sitratın əlavə edilməsi davam etdirilmişdir. Məhlulun sarı rəngə boyanması gümüş nanohissəciklərinin formalaşmasına dəlalət edir. Qaynama 15 dəqiqə davam etdirilmiş və məhlul otaq temperaturuna qədər soyudulmuşdur. Gümüş nanohissəciklərinin formalaşması reaksiyasını aşağıdakı kimi yazmaq olar:

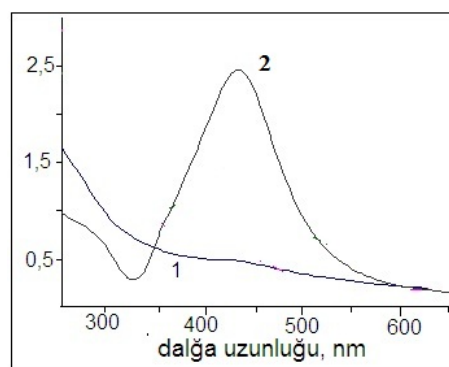


Alınan məhlul uzun müddət otaq temperaturunda saxlanılmışdır.

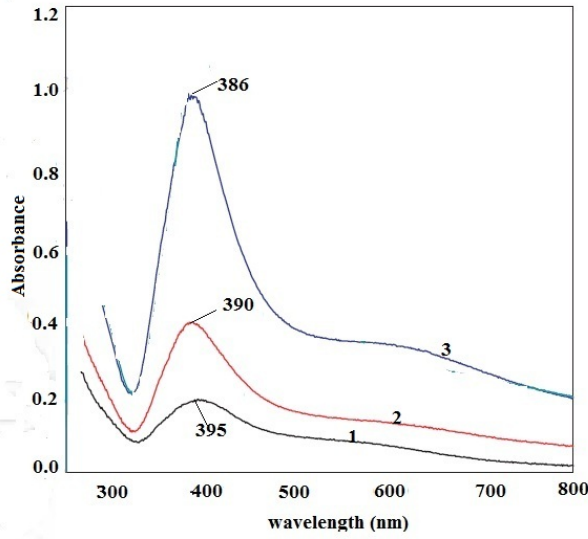
**UV-Vis spektroskopiya.** Gümüş nanohissəcikləri olan məhluldan nümunə götürülərək UV-Vis spektrometrində (SPECORD 250 plus) udma spektri çəkilmişdir. UV-Vis spektrlərini korrekt etmək üçün fon kimi bidistillə suyu götürülmüşdür. Nümunələr kvars küvetlərdə yerləşdirilmişdir. Şəkil 1- də gümüş nanohissəcikləri formalaşan məhlulun ilkin dəqiqələrində (1) və sonda (2) UV-Vis udma spektrləri göstərilmişdir. Şəkildən görüldüyü kimi ilkin dəqiqələrdə udma spektrində pik yox dərəcəsindədir. Lakin reaksiyanın sonunda 24 saatdan sonra udma spektrinin maksimum piki 430 nm olmuşdur. Gümüş nanohissəcikləri səth plazmonlarının (metalda keçirici elektronların kollektiv həyacanlamasının təsviri) hesabına intensiv udma pikinə malik olduğundan UV-Vis spektri onların formalaşmasının həssas göstəricisi olur. İzolə edilmiş sferik hissəciyin udma spektri  $w_0$  tezliyində baş verən Mie rezonansı ilə xarakterizə olunur və belə bir disturla ifadə edilir:

$$\varepsilon_{1s}(w_0) = -2 \varepsilon_m$$

$\varepsilon_s(w)$  sferik gümüş nanohissəciklərinin,  $\varepsilon_m$  isə ətraf mühitin dielektrik nüfuzluğudur [7]. Gümüş nanohissəcikləri kolloid məhlulunun stabilliyinin monitorinqi üçün UV-Vis spektrləri 4 həftədən sonra yenidən çəkilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, UV-Vis spektrində udma piki bu müddət ərzində dəyişməz qalır.



**Şək. 1.** Gümüş nanohissəcikləri olan kolloid məhlulun UV-Vis spektrləri: 1- reaksiyanın ilkin dəqiqələrində; 2- 24 saatdan sonra.



**Şək. 2.** Natrium sitratın müxtəlif konsentrasiyalarında alınan gümüş nanohisəcikləri kolloid məhlulunun 1 saatdan sonra UV-Vis spektrləri: 1- 0,025 ml ; 2 – 0,05 ml; 3 – 0,075 ml

Təcrübələr göstərir ki, stabiləşdirici agent natrium sitratın konsentrasiyasından asılı olaraq formalaşan nanohisəciklərin ölçüləri müxtəlif olur. Bu fikri təsdiq etmək üçün reaksiya zamanı əlavə edilən natrium sitratın 3 müxtəlif konsentrasiyalarından istifadə edilmişdir. Şəkil 2-də bu təcrübənin nəticəsində alınan gümüş nanohisəcikləri kolloid məhlulunun UV-Vis spektrləri verilmişdir. Şəkildən görüldüyü kimi natrium sitratın konsentrasiyasını artırıdınca udma spektrinin piki artır və eyni zamanda göy dalğa uzunluğu tərəfə sürüşür.

**Bitki yarpaqlarının ekstraktlarında gümüş nanohisəciklərinin sintezi.** Digər bir təcrübədə gümüş nanohisəcikləri müxtəlif bitkilərin yarpaqlarından alınmış ekstraktlarında sintez edilmişdir. Gümüş nanohisəciklərinin biokimyəvi yolla, bitki ekstraktlarından istifadə etməklə, sintezi bir çox cəhətdən kimyəvi yolla sintezdən əlverişlidir. Bu prosesdə ən mühüm olan odur ki, biokimyəvi yolla sintez ucuz başa gəlir, ekoloji cəhətdən təmiz texnologiyadır və alınan nanohisəciklər toksik olmur. Hal hazırda bir çox bitkilərin, o cümlədən ali su bitkilərinin ekstraktlarından istifadə edərək gümüş nanohisəciklərini sintez etmişlər [8]. Bunun üçün pişikotu kimi tanınan *Solanum xanthocarpum* meyvələrindən alınan ekstraktından [9], su sarmısağının (*Allium sativum*) ekstraktından [10], darçın (*Cinnamon zeylanicum*) qabığından hazırlanmış ekstraktından [11], "manqo palma" və ya "kral manqo palm" kimi tanınan *Cycas* yarpaqlarının [12], yoncanın (Alfalfa) [13], aloe yarpaqlarının [14], şirin bibər *Capsicum annuum* yarpaqlarının ekstraktından [15] istifadə edərək müxtəlif formalı və ölçülü gümüş nanohisəcikləri almışlar. Təcrübələ-

rin nəticələri göstərmişdir ki, bitkilərin ekstraktlarında alınan gümüş nanohissəciklərinin ölçüləri, forması, miqdarı və formalaşma sürəti ekstraktın hazırlanmasından, ekstrakt gümüş duzu balansından, temperaturdan asılı olur. Odur ki, təcrübələrimizdə bu parametrlərin düzgün seçilməsinə fikir verilmişdir.

Təcrübələr ali su bitkisi *Elodea canadensis*in yarpaqlarından alınan ekstraktla aparılmışdır. *Elodea* həm şirin su hövzələrində, həm də dənizlərdə sahilə yaxın ərazilərdə bitir.

Suda sərbəst üzərək və ya kökləri ilə suyun dibində gil və quma yapışaraq böyüyür, həm vegetativ və həm də toxumları ilə çoxala bilir. Mülayim, aşağı temperaturalarda, az intensivlikli işıqda belə normal çoxalır. Amerika, Kanada, Avropa ölkələrində geniş yayılmışdır. Laboratoriya şəraitində də asanlıqla, akvariumda çoxaltmaq mümkündür. *Elodea* çox mühüm fizioloji və elektrofizioloji təcrübələrin tədqiqat obyektidir. Bizim təcrübələrdə ilk dəfə olaraq nanohissəciklərin toksik effektlərini öyrənmək üçün, gümüş, qızıl və digər metalların nanohissəciklərinin bioloji yolla alınması texnologiyasında tədqiqat obyektini kimi işlədilir. Gümüş nanohissəciklərinin “yaşıl sintezini” həyata keçirmək üçün *elodea* yarpaqları gövdədən ayrılıb, distillə suyunda bir neçə dəfə yuyulur. Bu yarpaqların səthində olan qum, gil və toz hissəciklərinin təmizlənməsi üçün vacibdir. Yuyulmuş yarpaqlardan 6 q kütlə çəkilib həvəngdəstədə əzilir. *Elodea* yarpaqları asanlıqla əzilir və yaşıl kütlə alınır. Sonra bu kütləyə 50 ml distillə suyu əlavə edilir. Alınan məhlulə 10 ml  $10^{-3}$ M  $\text{AgNO}_3$  duzunun məhlulu əlavə edilir. Məhlulun pH5-6 intervalında saxlanılır.

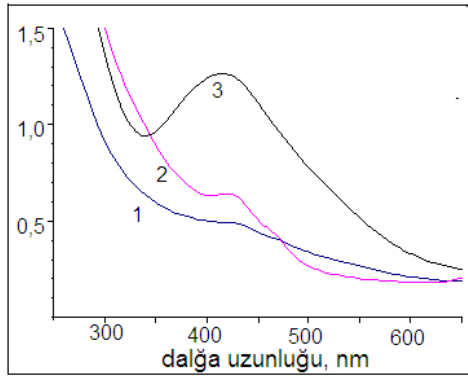


**Şək. 3.** *Elodea Canadensis*, sağda çiçəyi

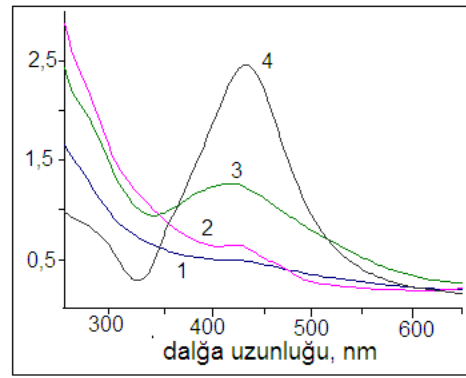
Bu məhlul maqnit qarışdırıcısında  $70-80^{\circ}\text{C}$ -də qızdırılır. Məhlulda gümüş nanohissəciklərinin formalaşması iki şəraitdə aparılır. Məhlul 1 saat işıqlandırılır və adi işıqda saxlanılır. İkinci variantda məhlul işıqlandırılmır və qaranlıqda saxlanılır. Məhlulun rəngi dəyişənə qədər maqnit qarışdırıcı üzərində qalır. Məhlulun yaşıl rəngi 24 saatdan sonra itir və tünd boz rəngə çalır.

Məhlulun rənginin dəyişməsi gümüş nanohissəciklərinin əmələ gəldiyinə dəlalət edir.

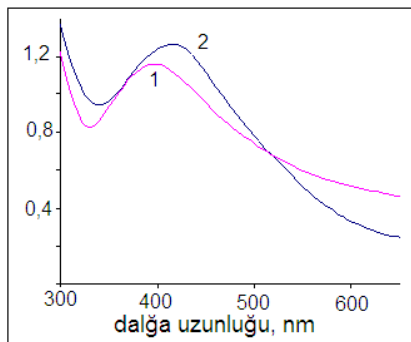
**Elodea ekstraktının UV-Vis spektrləri.** Elodea ekstraktından müxtəlif vaxtlarda nümunələr götürülərək UV-Vis spetrometrində udma spektrləri alınmışdır. Əvvəlcə yaşıl kütlənin UV-Vis udma spektri çəkilmişdir. Şəkil 4-də bu 1 əyrisi ilə verilmişdir. Göründüyü kimi udma spektrinin heç bir piki müşahədə olunmur. Lakin 24 saatdan sonra elodea ekstraktından götürülmüş işıqlandırılmış (3) və qaranlıqda qalan (2) nümunələrdə udma spektrinin piki aydın görünür. Bu pikin maksimumu qaranlıqda saxlanmış ekstraktı 415 nm, işıqlandırılmış ekstraktı 420 nm olmuşdur. Şəkildən göründüyü kimi gümüş nanohissəciklərinin udma spektri həm işıqda və həm də qaranlıqda müxtəlif pikə malikdir.



**Şəkil 4.** Elodea ekstraktında formalaşan gümüş nanohissəcikləri məhlulunun UV-Vis spektrləri: 1- ilk 1 saatdan sonra 2- 24 saat qaranlıqda qalmış ekstraktı; 3- işıqlandırılmış ekstraktı 24 saatdan sonra.



**Şəkil 5.** Elodea ekstraktında və kimyəvi reaksiya ilə alınan gümüş nanohissəcikləri məhlulunun UV-Vis spektrləri: 1- ilk 1 saatdan sonra 2 – qaranlıqda 24 saat qalmış ekstraktı; 3- işıqlandırılmış ekstraktı 24 saatdan sonra; 4 – kimyəvi reaksiya ilə alınan kolloid məhlulda.

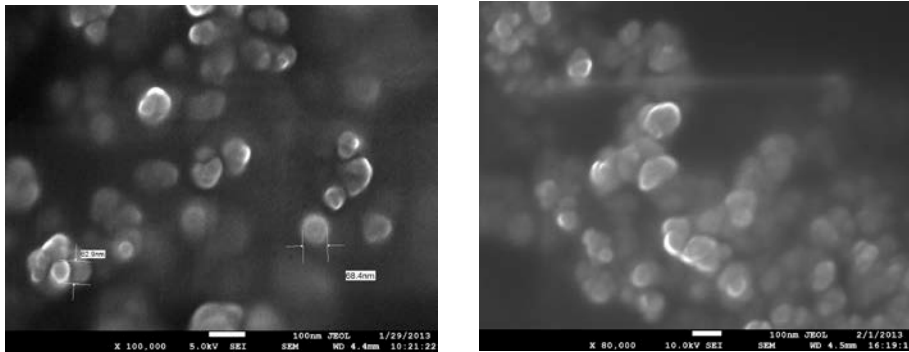


**Şəkil 6.** Elodea ekstraktında UV-Vis spektrləri: 1-ilk 24 saatdan sonra 2- 78 gündən sonra.

Lakin işıqlandırılmış nümunədə udma spektrinin intensivliyi qaranlıqda qalan nümunədən xeyli böyükdür. Şəkil 5-də isə elodea ekstraktında çəkilən UV-Vis spektrləri kimyəvi reaksiya ilə alınan məhlulun udma spektri ilə (əyri

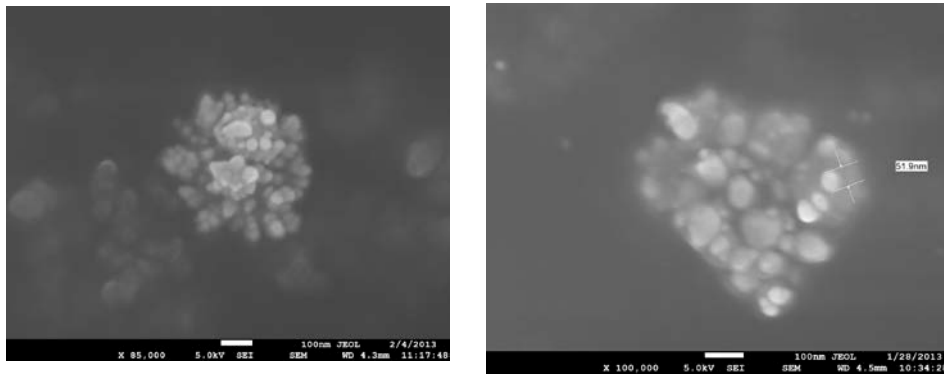
4) müqayisəli şəkildə verilmişdir. Sonra ekstrakt uzun müddət adi işıqda otaq temperaturunda saxlanmışdır. 78 gündən sonra gümüş nanohissəcikləri formalaşan məhlulun UV-Vis spektrləri yenidən çəkilmişdir. Bu təcrübənin nəticələri göstərmişdir ki, udma spektrinin intensivliyi çox cüzi miqdarda azalmış və pik maksimumu sola sürüşmüşdür. Udma spektrinin maksimumu 415 nm-dən 395 nm qədər azalmışdır. Şək. 6-da bu təcrübənin nəticələri göstərilmişdir.

**SEM şəkilləri** .Gümüş nanohissəciklərinin ölçüləri Yapon istehsalı olan JOEL Jsm-7600F Skan elektron mikroskopunda müəyyən edilmişdir. Bunun üçün kolloid məhluldan bir damcı götürülərək elektron mikroskopunun nümunə preparatı üzərində otaq temperaturunda buxarlandırılır. 24 saatdan sonra SEM şəkilləri çəkilmişdir. Kimyəvi reaksiya zamanı alınan gümüş nanohissəciklərin ölçüləri əsasən 60 nm - 80 nm intervalında dəyişmişdir.



Şək. 7. Kimyəvi reaksiya ilə alınan gümüş nanohissəciklərinin SEM şəkilləri

Formaları isə əsasən sferik, bəzi hallarda ellipsoidal, siviri olmuşdur. Şəkil 7-də kimyəvi yolla alınan gümüş nanohissəciklərinin şəkilləri verilmişdir. Şəkil 8-də elodea ekstraktında alınan gümüş nanohissəciklərinin SEM şəkilləri verilmişdir. Elodea



Şək. 8. Elodea ekstraktında alınan gümüş nanohissəciklərinin SEM şəkilləri, solda qaranlıqda qalmış, sağda isə işıqlandırılmış ekstraktıda.

ekstraktında gümüş nanohissəciklərinin formalaşması qaranlıqda (solda) və işıq şəraitində (sağda) verilmişdir. Şəkildən görüldüyü kimi, elodea ekstraktında nanohissəciklərin ölçüsü nisbətən kiçik 51 nm olmuşdur. Formaları isə əsasən sferik olmuşdur.

**Təcrübələrin nəticələri və müzakirəsi.** Gümüş ionlarının elodea yarpaqları ekstratı olan məhlulda reduksiya olunduğunu UV-Vis spektroskopiyası ilə izləmək və Skan Elektron mikroskopunda (SEM) şəkillərini almaq mümkün olmuşdur. Təcrübələr göstərir ki, gümüş nanohissəciklərinin bitki ekstraktlarında formalaşması müxtəlif mexanizmə malikdir. Hal-hazırda bitki ekstraktlarında gümüş nanohissəciklərinin sintez mexanizmi tam aydın deyil. Bu sahədə aparılan təcrübələrdə əsasən gümüş nanohissəciklərinin sintezi imkanları və əmələ gələn nanohissəciklərin fiziki və kimyəvi xarakteristikaları öyrənilir. Aparılan tədqiqatlardan aydın olur ki, gümüş nanohissəciklərinin sintezi götürülən bitkinin növündən, ekstraktın ayrılması metodikasından, ekstraktın konsentrasiyasında, temperaturdan, məhlulun pH-dan, gümüş duzunun miqdarından və hətta işıqlanma şəraitindən asılıdır. Gümüş nanohissəciklərinin və eləcə də digər metalların bitki ekstraktlarında sintez olunması mexanizmi haqqında hələlik mükəmməl bir nəzəriyyə və ya təkliflər verilməmişdir. Lakin bəzi fikirlər artıq söylənir. Məsələn, Li.Shen və A.Xie [15] şirin bibər *Capsicum annuum* yarpaqlarının ekstraktında gümüş nanohissəciklərinin formalaşmasında amin qrupları olan zülalların iştirak etdiyini göstərmişlər. Onların gəldiyi nəticəyə görə gümüş nanohissəcikləri formalaşdıqca zülalların ikinci quruluşu dəyişir. Sarmısaq ekstraktı ilə aparılan təcrübələrdə alınan gümüş nanohissəciklərinin ölçülərinin və ölçülərinə görə paylanmasının ekstraktın konsentrasiyasından asılı olduğu göstərilmişdir. Ekstraktın 9 ay saxlanmasına baxmayaraq gümüş nanohissəcikləri stabil qalmış və aqlomerasiya müşahidə edilməmişdir [16]. Elodea ilə aparılan təcrübələrdə udma spektrinin maksimumu 395-422 nm, intervalında dəyişmişdir. Bu nanohissəciklərin orta ölçüsünün 30-50 nm intervalında olduğunu göstərir. Kimyəvi reaksiya ilə alınan nanohissəciklərdə udma spektrinin maksimumu 452 nm olmuşdur. Bu zaman alınan nanohissəciklərin 50 nm-dən az olduğunu göstərir. Digər tərəfdən kimyəvi yolla alınan nanohissəciklərin UV-Vis udma spektrində pik maksimumunun eni (şəkil 5, əyri 4) elodea ekstraktında alınan gümüş nanohissəciklərinin udma spektrindəki pik maksimumunun (şəkil 5, əyri 3) enindən xeyli azdır. Pikin eninin böyüməsi polidispersiyalılığın artmasını göstərir və Mie səpilmə nəzəriyyəsinə görə pikin eni artdıqca nanohissəcikin diametri artır [17]. UV- Vis spektrinin analizi göstərir ki, udma spektrinin maksimumunun “göy” sürüşməsi nanohissəciklərin ölçüsünün kiçildiyini, “qırmızı” sürüşməsi isə onların böyüdüynü göstərir. Elodea ekstraktını 78 gün saxladıqdan sonra udma spektrinin “göy” sürüşməsi müşahidə edilmişdir. Bu onu göstərir ki, gümüş nanohissəcikləri elodea ekstraktında uzun müddət stabil qala bilir və ölçüləri kiçilir. Digər ekstraktlarla aparılan təcrübələrdən fərqli olaraq elodea ekstraktında alınan gümüş nanohissəciklərinin ölçüləri nisbətən kiçik və forması sferik olmuşdur. Elodea ekstraktının SEM şəkilləri bunu sübut edir. İlk dəfə olaraq elodea ekstraktında gümüş nanohissəciklərinin sintezinin işıq

qaranlıq rejimindən asılı olaraq sentezi öyrənilmişdir. Təcrübələrin nəticəsi göstərmişdir ki, işıqlanma gümüş nanohissəciklərinin daha çox sintez olunmasını stimullaşdırır.

Aparılan təcrübələr belə nəticəyə gəlməyə imkan verir: 1) Elodea bitkisinin yarpaqlarından alınan ekstraktda gümüş nanohissəcikləri sintez oluna bilər; 2) Sintez olunan nanohissəciklərin ölçüləri kiçik olur və uzun müddət stabil qalır; 3) Elodea yarpaqlarında gümüş nanohissəciklərinin formalaşması işıqlanma rejimindən asılıdır; 4) Elodea ekstraktında alınan gümüş nanohissəcikləri aqlomerasiya etmir.

#### ƏDƏBİYYAT

1. Nel A., Xia T., Madler L., Li N. Toxic potential of materials at the nanolevel. *Science* 2006, 311, p. 622–7.
2. Prabu N., Divya T.Raj, Yamuna Gowri K., Ayisha Siddiqua S., Joseph Pushpa Innocent D. *Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures*, 5 (1), 2010, c.185–189.
3. Vorobyova S.A., Lesnikovich A.I., Sobal N.S. Preparation of Silver Nanoparticles by Interphase Reduction Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects 152, 1999, p. 375–379.
4. Choi S.H., Zhang Y.P., Gopalan A., Lee K.P., Kang, H.D. Preparation of Catalytically Efficient Precious Metallic Colloids by  $\gamma$ -irradiation and Characterization Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects 256, 2005, p. 165–170.
5. Li Z., Li Y., Qian X.F., Yin J., Zhu Z.K. A Simple Method for Selective Immobilization of Silver Nanoparticles. *Applied Surface Science*. 250, 2005, p. 109–116.
6. Tsuji T., Watanabe N., Tsuji M. Laser Induced Morphology Change of Silver Colloids: Formation of Nano-size Wires *Applied Surface Science* 211, 2003, p. 189–193.
7. Pileni, M. P. Fabrication and Physical Properties of Selforganized Silver Nanocrystals *Pure Appl.Chem.* 72 2000, p. 53–65.
8. Prathna T.C., Chandrasekaran N.A., Raichur M., Mukherjee A. Kinetic evolution study of silver nanoparticles in bio-based green synthesis process. *Colloids Surf. A Physicochem. Eng. Aspects*, 2011, 377, p. 212–216.
9. Muhammad Amin, Farooq Anwar 1, Muhammad Ramzan Saeed Ashraf Janjua, Muhammad Awais Iqbal and Umer Rashid. Green Synthesis of Silver Nanoparticles through Reduction with *Solanum xanthocarpum*. L. Berry Extract: Characterization, Antimicrobial and Urease Inhibitory Activities against *Helicobacter pylori*. *Int. J. Mol. Sci.* 2012, 13, 9923-9941.
10. Rastogi L., Arunachalam J. Sunlight based irradiation strategy for rapid green synthesis of highly stable silver nanoparticles using aqueous garlic (*Allium sativum*) extract and their antibacterial potential. *Mater. Chem. Phys.* 2011, 129, p. 558–563.
11. Sathishkumar M., Sneha K., Won S.W., Cho C.W., Kim S., Yun Y.S. Cinnamon zeylanicum bark extract and powder mediated green synthesis of nano-crystalline silver particles and its bactericidal activity. *Colloids Surf. B*, 2009, 73, p. 332–338.
12. Anal K. Jha and K. Prasad. Green Synthesis of Silver Nanoparticles Using Cycas Leaf. <http://dx.doi.org/10.1080/19430871003684572>
13. Gardea-Torresdey J.L., Gomez E., Peralta-Videa J.R., Parsons J.G., Troiani H. and M. Jose-Yacamán. “Alfalfa sprouts: a natural source for the synthesis of silver nanoparticles,” *Langmuir*, vol. 19, №4, 2003, p. 1357–1361.
14. Chandran S.P., Chaudhary M., Pasricha R., Ahmad A. and M.Sastry. Synthesis of gold nanotriangles and silver nanoparticles using Aloe vera plant extract. *Biotechnology progress*, v. 22, №2, 2006, p.577-583.
15. Li.Shen S., Xie A. et al. Green synthesis of silver nanoparticles using *Capsicum annuum* L.extract. *Green Chemistry*, v. 9, №8, 2007, p.852-858.

16. Gregory VonWhite II, Petra Kerscher, Ryan M. Brown, Jacob D. Morella, William McAllister, Delphine Dean, and Christopher L. Kitchens. Green Synthesis of Robust, Biocompatible Silver Nanoparticles Using Garlic Extract. Hindawi Publishing Corporation Journal of Nanomaterials. v. 2012, Article ID 730746, 12 pages.
17. Bhui D.K., Bar H., Sarkar P., Sahoo G.P., De S.P., and Misra A. "Synthesis and UV-vis spectroscopic study of silver nanoparticles in aqueous SDS solution," Journal of Molecular Liquids, v. 145, №1, 2009, p. 33–37.

**ИЗУЧЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК НАНОЧАСТИЦ СЕРЕБРА,  
СИНТЕЗИРОВАННЫХ ХИМИЧЕСКИМ И БИОЛОГИЧЕСКИМ МЕТОДАМИ**

**И.С.АХМЕДОВ, М.А.РАМАЗАНОВ, В.Н.РАМАЗАНЛИ,  
Г.М.ЭЙВАЗОВА, Г.З.ХАЛИЛОВА**

**РЕЗЮМЕ**

В представленной работе проведен сравнительный анализ наночастиц серебра, синтезированных химическим и биологическим методами. Наночастицы серебра были синтезированы методом натрия цитрат. В другом эксперименте серебряные наночастицы были синтезированы в экстракте листьев элодеи. Для сравнения размеров и форм наночастиц серебра, полученных этими методами, были использованы UV-Vis спектроскопия и сканирующей электронной микроскопии (SEM). Пик спектра поглощения наночастиц серебра коллоидного раствора был при 430 нм, а наночастиц из экстракта листьев элодеи при 416 нм. Исследования показали, что размер наночастиц меньше в экстракте листьев элодеи.

**Ключевые слова:** наночастицы серебра, натриум-цитрат, химический синтез, биологический синтез, растительный экстракт, спектр поглощения, электронный микроскоп

**THE COMPARATIVE STUDY OF THE CHARACTERISTICS  
OF THE SILVER NANOPARTICLES SYNTHESIZED BY THE  
CHEMICAL AND BIOLOGICAL METHODS**

**I.S.AHMADOV, M.A.RAMAZANOV, V.N.RAMAZANLI,  
G.M.EYVAZOVA, G.Z.KHALILOVA**

**SUMMARY**

The presented research work presents a comparative analysis of silver nanoparticles synthesized by the chemical and biological methods. For this purpose, silver nanoparticles were synthesized by the sodium citrate method. In other experiments silver nanoparticles were synthesized in the extract of Elodea leaves. Both UV-Vis spectroscopy and scanning electron microscope (SEM) method were used to compare the sizes and shapes of the silver nanoparticles. The absorption spectrum peak of the silver nanoparticles of colloidal solution was 432 nm, whereas the nanoparticles from elodea leaf extract were 416 nm. The research has shown that the size of the nanoparticles is smaller in the elodea leaf extract.

**Key words:** silver nanoparticles, natrium-citrate, chemical synthesis, biological synthesis, plant extract, the absorption spectrum, electron microscope.

*Redaksiyaya daxil oldu: 07.06.2013-cü il.*

*Çapa imzalandı: 02.07.2013-cü il.*