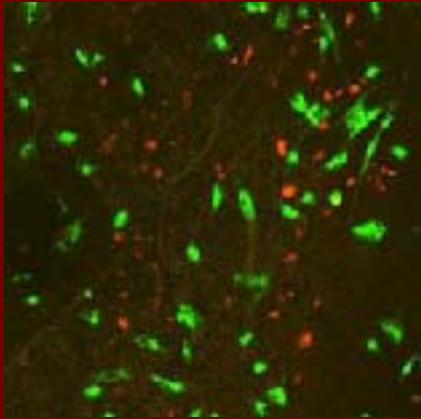
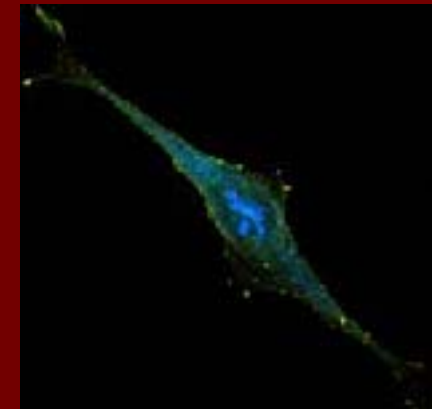


Nanobiotexnologiya

Nanohissəciklərin Biosintezi Mühazirə 10



Dr. İsmət Əhmədov
Bakı Dövlət Universitetinin
Nanoaraşdırmalar mərkəzinin
aparıcı elmi işçisi
Tel: 4325790 ev
3350923 mobil
E-mail:
ismet522002@yahoo.com



Nanotexnologiya sürətlə inkişaf edir

- Nanotexnologiyanın intensiv inkişafı nəticəsində son on illikdə çox maraqlı və geniş tətbiq sahəsi tapmış nanohissəciklər alınmışdır.
- Bunlara misal olaraq qiymətli metallardan qızıl, gümüş, əlvan və ağır metal və metal oksidləri, yarımkeçirici və üzvü nanonano hissəcikləri göstərmək olar.
- Səthi funksionallaşdırılmış nanohissəciklər daha geniş tətbiq sahəsi əldə etmişdir.
- Bu nanohissəciklər kataliz proseslərində, tibbi diaqnostika və müalicədə, dərman preparatları daşıyıcıları və sensorlar rolunda, kosmetika və boyaq maddələrinin alınmasında, ağac emalında və ərzaq məhsullarının istehsalında, qablaşdırma və məhsulların daşınmasında, neftçixarma sənayesində və kənd təsərrüfatında və nəhayət ətraf mühitin qorunmasında geniş tətbiq olunmağa başlamışdır

Nanohissəciklərin müxtəlif metodlarla sintezi

Hal-hazırda nanohiccəcikləri almaq üçün müxtəlif fiziki və kimyəvi üsullardan istifadə edirlər. Son zamanları nanohissəciklərin bioloji strukturlarda (mikroorqanizmlərdə, göbələklərdə, bakteriyalarda) və eləcə də müxtəlif üzvü ekstraktlarda sintez olunduğu haqqında təcrübi nəticələr alınmışdır.

FİZİKİ

- Üyütmə
- Termik buxarlanma
- Litoqrafiya
- Buzar fazası

KİMYƏVİ

- Sol-gel emalı (təbəqələr)
- Həllölməyə əsaslanan sintez

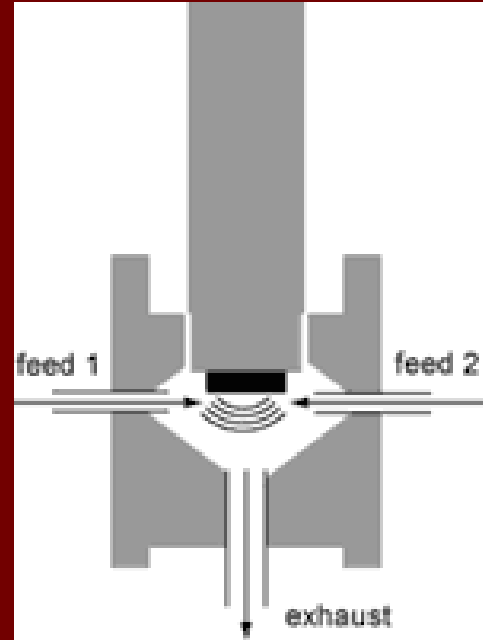
BİOLOJİ

- Bakteriyalarda
- Göbələklərdə
- Bitkilərdə və onların ekstraktlarında

Suda

Qeyri polyar
üzvü həlledicilərdə

Ultrasəs kavitasiya aparatı ilə nanohissəcikləri suda, neftdə, müxtəlif məhlullarda stabiləşdirmək və müxtəlif ölçülü nanohissəciklər almaq olur. Ultrasəs kavitasiya üsulunda mayədə səs dalğaları yüksək sürətlə (1000km/saat) hərəkət edərkən böyük təzyiqlər yaranır və hissəcikləri bir-birindən aralayır. Nanohissəciklərin ultrasəs aparatı ilə analizi sadə praktiki cəhətdən əlverişlidir.



- Nanohissəciklərin fiziki və kimyəvi üsullarla alınmasında istifadə edilən texniki proseslərin əksəriyyəti toksik texnologiya olduğundan son zamanları alimlər bioloji proseslər zamanı nanohissəciklərin sintez olunması texnologiyasına daha böyük diqqət ayırmağa başlamışlar. Bioloji sintez zamanı nanohissəciklərin formalaşması üzvü molekullar daxilində və onların iştirakı ilə baş verdiyindən bu texnologiya zamanı toksiklik riski minimum olur.



**Grinding Dispersing
Equipment (NANO-M2)**



**Grinding Dispersing
Equipment (NANO-M1)**



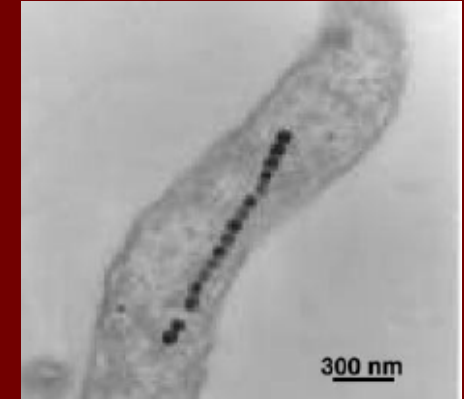
**High Pressure Homogenizer
(NANO-H25)**



**High Pressure
Homogenizer (NANO-
H5)**

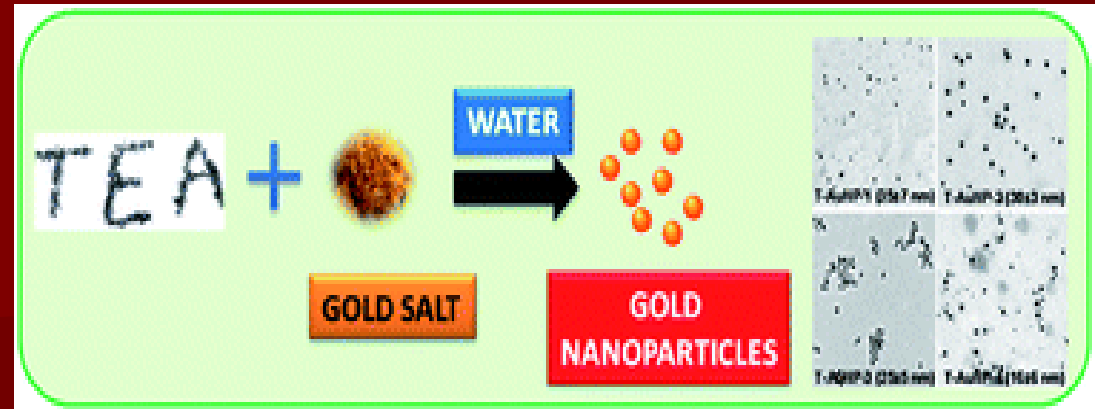
Bioloji strukturlarda qeyri üzvü maddələrin sintezi haqqında məlumatlar elmə çoxdan məlumdur. Qeyri üzvü maddələr həm bir hüceyrələrdə və həm də çox hüceyrələrdə, həm hüceyrə daxilində və həm də hüceyrə xaricində sintez oluna bilər. Bunlara misal olaraq, yaxşı məlum olan maqnit bakteriyalarını misal göstərmək olar. Maqnit bakteriyaların daxilində maqnitnanohissəciklər sintez olunur.

Diatomlarda siliceous materiallar, S-təbəqəli Bakteriyalarda gips və kalsium karbonat əmələ gələ bilər. Alimlər ətraf mühətdən zəhərli maddələri və metalları təmizləmək üçün mikroorqanizmlərdən istifadə etmək üsullarını çoxdan icad etmişlər. Bakteriyaların, göbələklərin metal ionlarını metal sulfidlərinə çevirməsini sübut etmişlər və hal-hazırda ekoloji praktikada geniş istifadə olunur. İndi bir sıra elmi təcrübələrin nəticələrindən aydın olur ki, bioloji strukturlarda nano ölçülü qeyri-üzvü materiallar sintez oluna bilər. Bu araşdırmalar nanomaterialların alınmasının bioloji üsullarını yaratmağa imkan verir. Odur ki, hal-hazırda dünyanın bir sıra elmi mərkəzlərində nanobiotexnologiyanın nailiyyətlərindən geniş istifadə edərək müxtəlif metalların və digər elementlərin nanohissəciklərini bioloji yolla almağa nail olurlar.

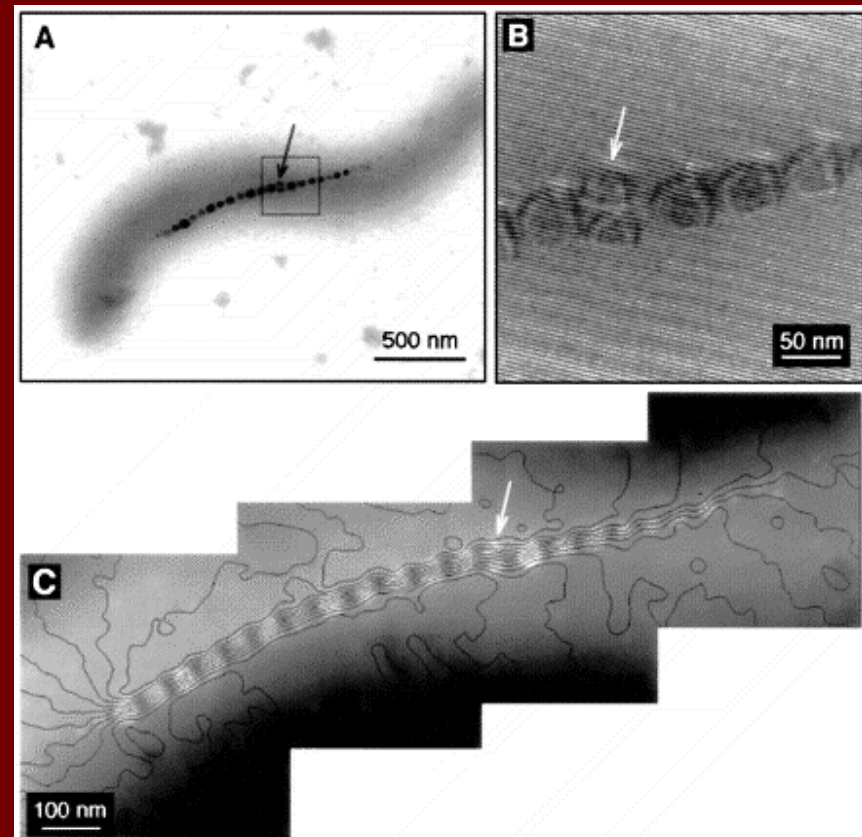


- Məlum olmuşdur ki, nanohissəciklər bioloji orqanizmlərdə o cümlədən bakteriyalarda, göbələklərdə, bitkilərdə və eləcə də onların ekstraktlarında sintez oluna bilir (Shiv Shankar et al. 2003a, b; Lengke et al. 2006; Shahverdi et al. 2007).

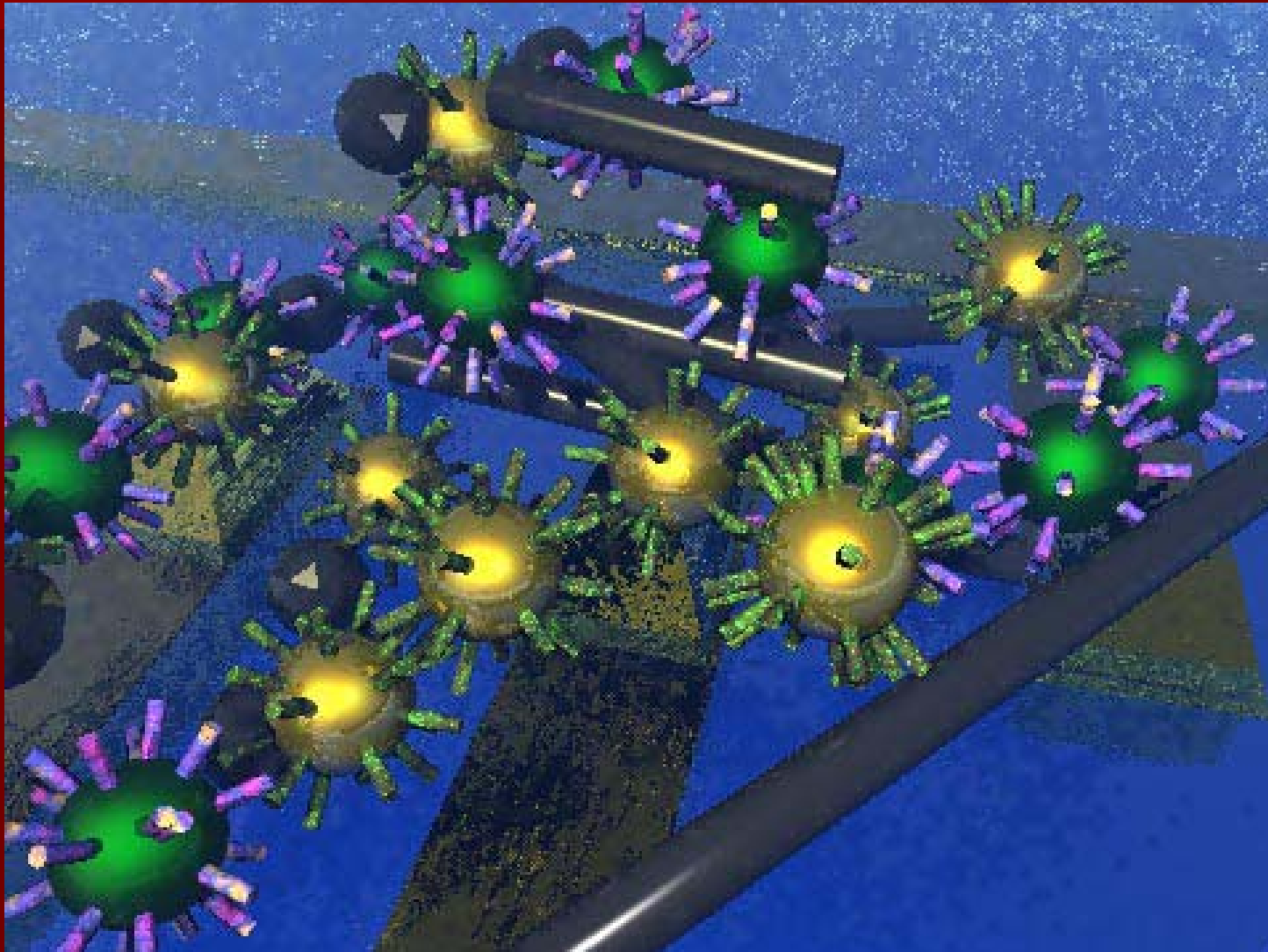
Maqnit bakteriyada metal nanohissəciyin Təbii sintezi



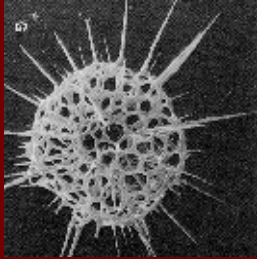
Çay yarpaqlarında qızıl nanohissəciklərinin Sintezi olunması



Diametri 5 nm olan qızıl nanohissəciklərinin (qızılı rəng), yarımkeçirici hissəciklərlə, nanoborucuqlar və fullerenlərlə (qara rəngdə) birləşərək yeni növ nanomaterial əmələ gətirir



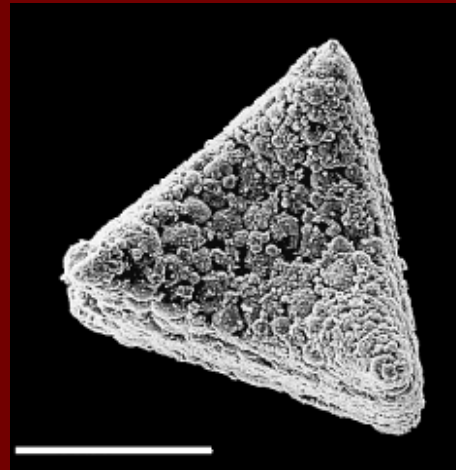
Nanohissəciklərin sintezi üçün bioloji varlıqlar



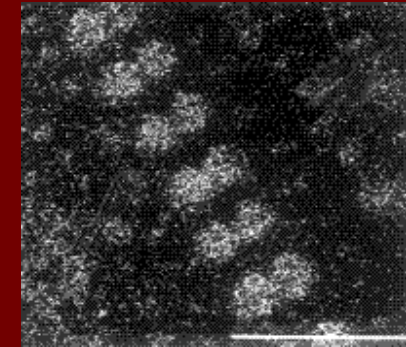
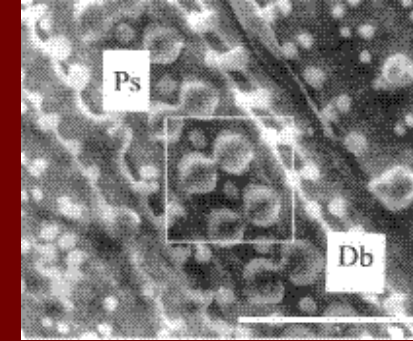
Şüalılar
(Radiolarians)



Sponge Spicule



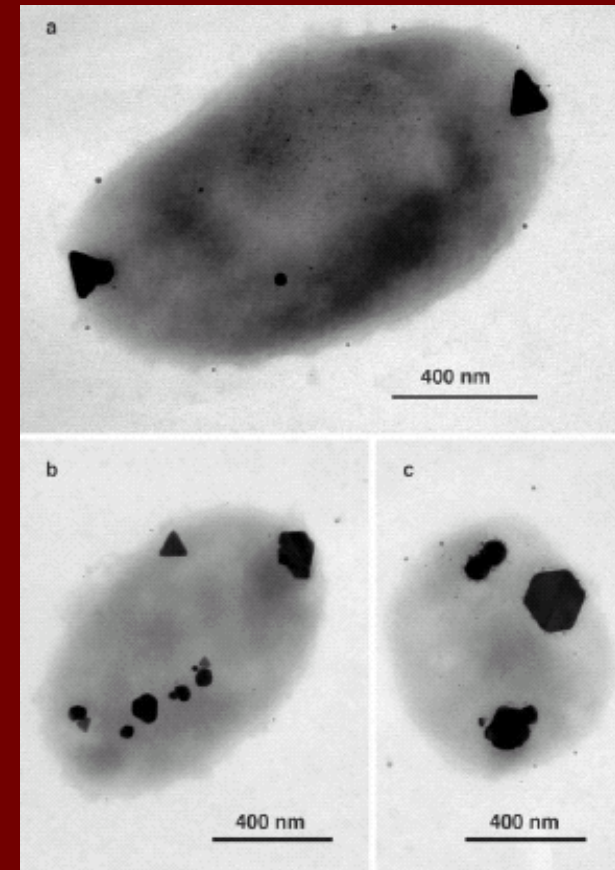
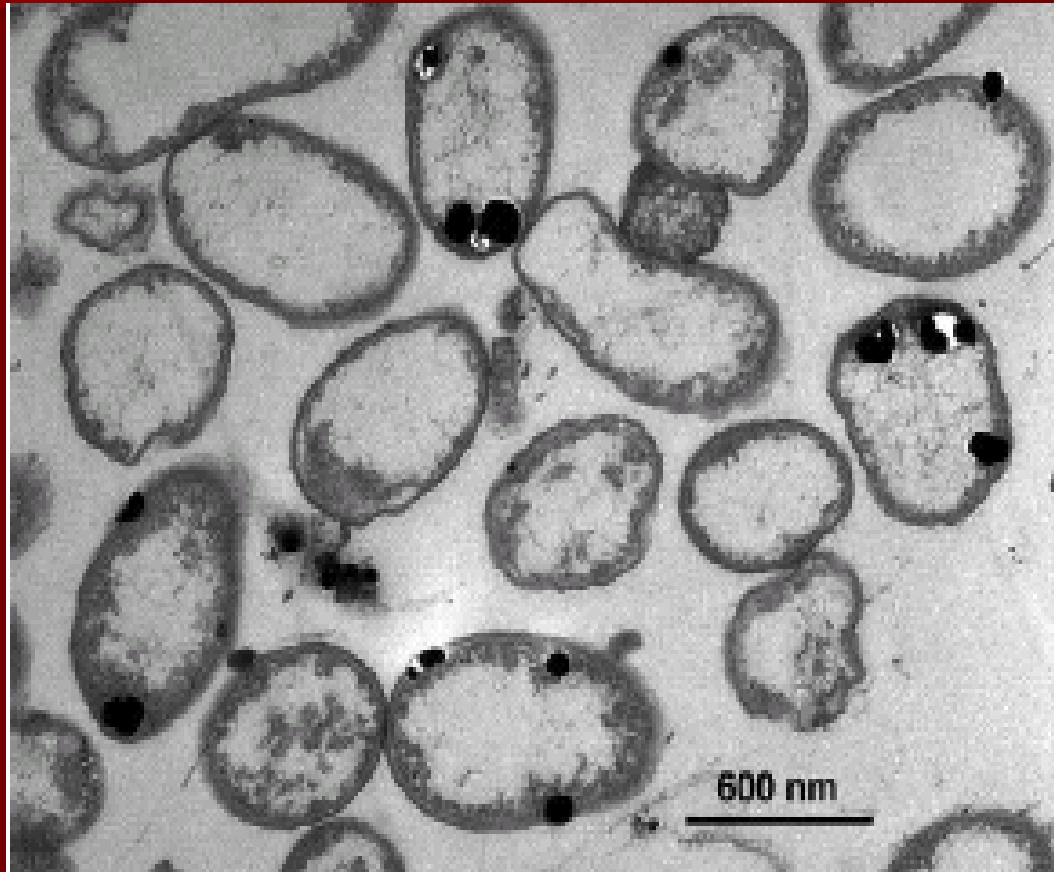
Diatomlar



Düyü yarpaq tiyəsi

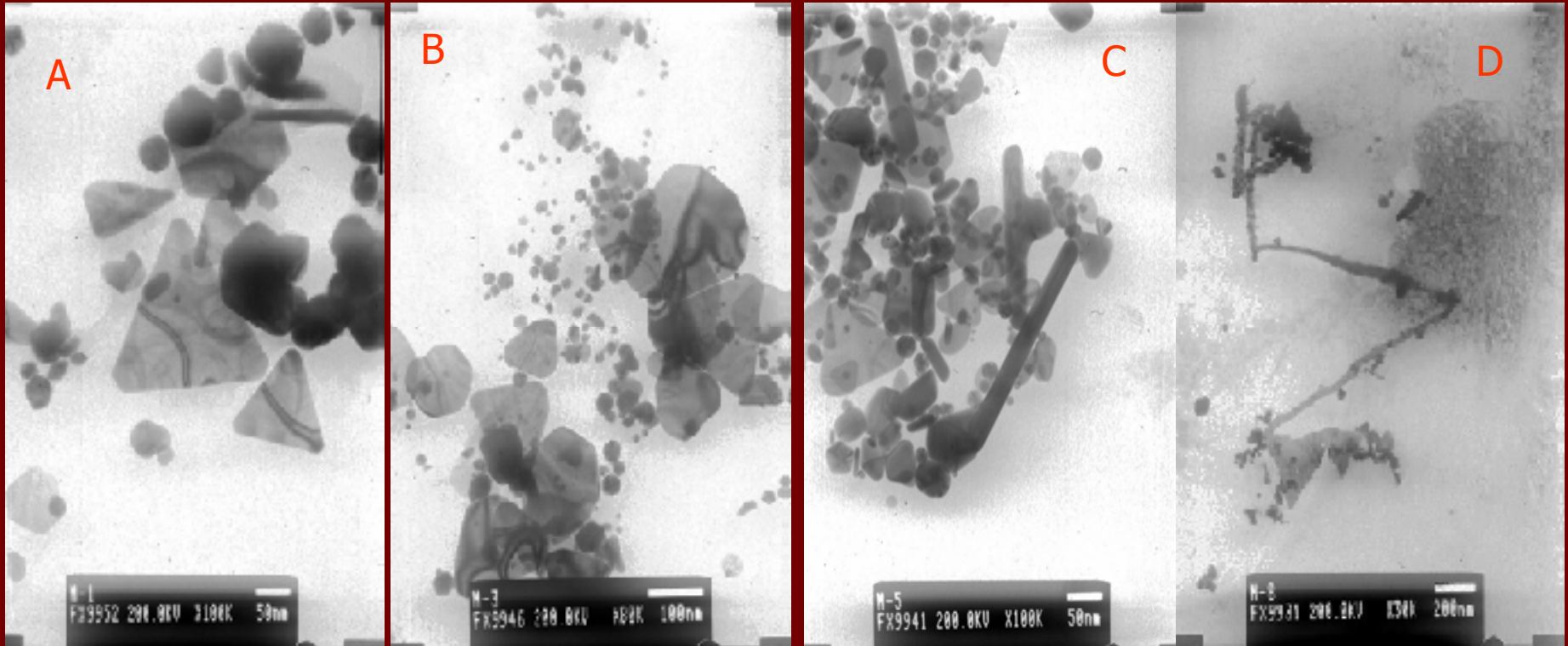
Alimlər alfalfa yarpaqlarında qızıl nanohissəciklərinin əmələ gəldiyini, qurudulmuş *Pseudomonas stutzeri* AG259K ekstraktında onların sorulmasını və bioparçalanmasını (Klaus, 1999), maqnit bakteriaların metal nanohissəciklərini mənimsəməsini müşahidə etmişlər. Mukherjee və onun əməkdaşları (2001a, b) metal nanohissəciklərin sintez olunma imkanlarını araşdırmaq üçün eukariot sistemlərdən istifadə etmişlər. Onlar göbələklərin iştirakı ilə hüceyrəxarici mühitdə Ag və Au nanohissəciklərinin sintez olunmasına nail olmuşlar. Kasthuri və onun əməkdaşları Cənubi Hindistanın dağlıq ərazilərində bitən və yaxşı dərman bitkisi kimi tanınan *Phyllanthus amarus* bitkisinin təzə ekstraktından istifadə edərək qızıl nanohissəciklərinin müxtəlif formalarını almışlar. Onlar müəyyən etmişlər ki, ekstraktın qatılığını dəyişməklə nanohissəciklərin müxtəlif formalarını almaq olur (J. Kasthuri, et al.2009).

Bakterialarda gümüş nanohissəciklərinin sintezi



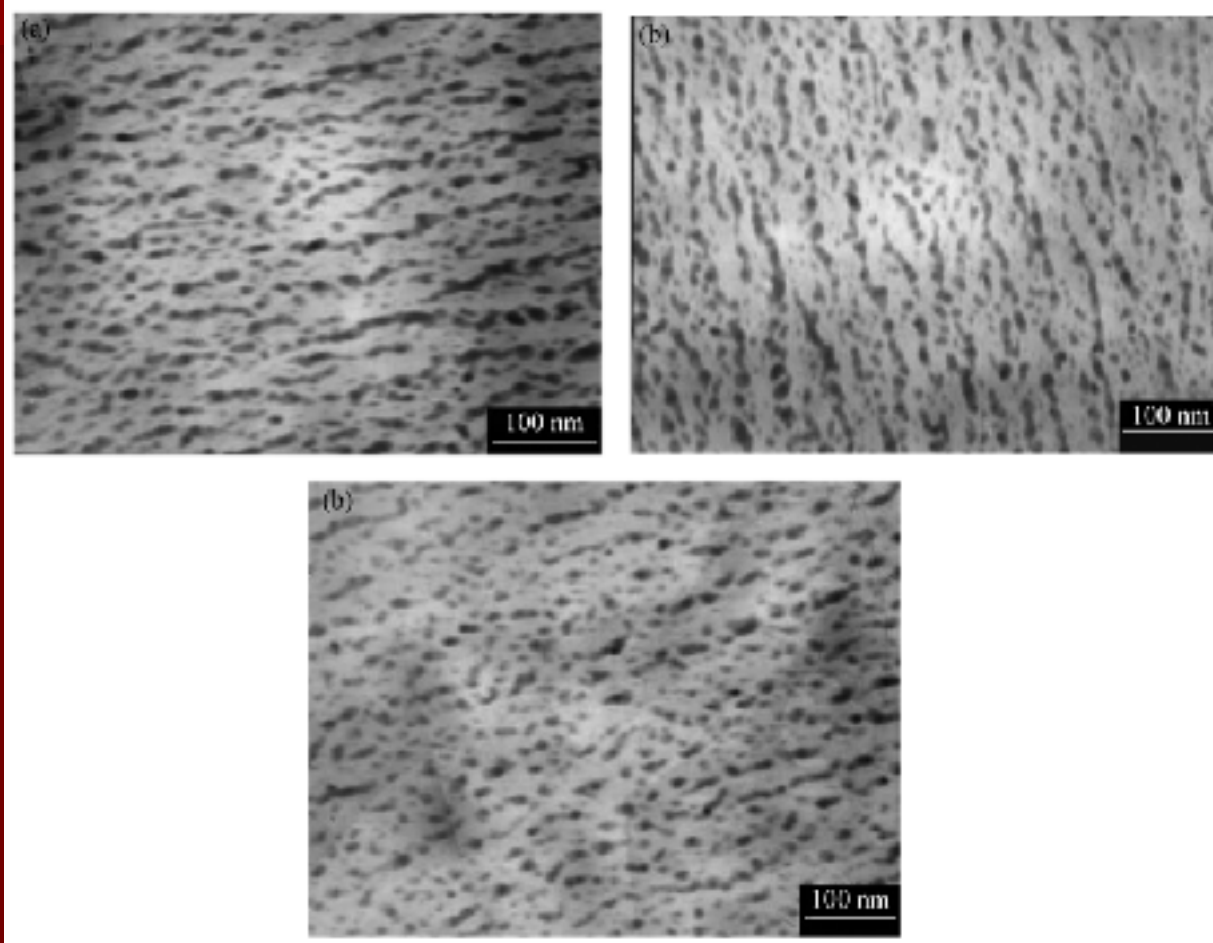
Nanohissəciklərin bakteriyalar vasitəsilə sintezinə nail olmaq üçün, məsələn, fotosintez edici *Rhodospseudomonas palustris*, bakteriyalarını pH-ı 7 olan NaCl, NH₄Cl və KH₂PO₄ məhlulunda yetişdirib bu mühitə HAuCl₄ duzu əlavə edirlər. Bakteriyaları 48 saat bu məhlulda saxladıqdan sonra onların tərkibində sintez olunmuş qızıl nanohissəciklərinin ölçülərini, formalarını müxtəlif üsullarla təyin edirlər. Mühitin pH-ı dəyişməklə müxtəlif ölçülü və formalı nanohissəciklər almaq olur.

A-pH2, B-pH4, C-pH7, D-pH10



TEM şəkilləri

Desulfotomaculum sp mikroblarında PbS nanohissəciklərinin temperaturdan asılı olaraq formalaşması. TEM mikroskopu ilə çəkilmiş şəkillərdə temperaturdan asılı olaraq (a) $\theta = 15^\circ\text{C}$; (b) $\theta = 25^\circ\text{C}$; (c) $\theta = 35^\circ\text{C}$. PbS nanohissəciklərinin formaları verilmişdir.



Bakterialarda sintez olunan nanohissəciklər

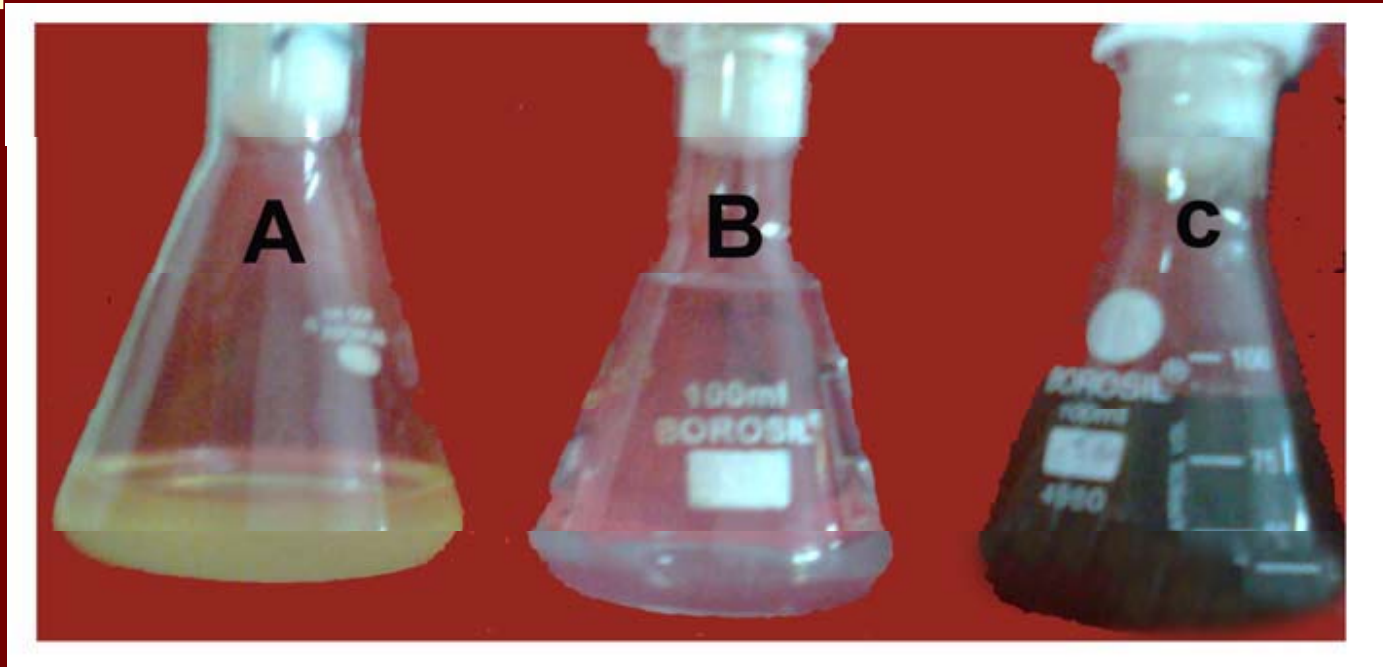
Bacillus subtilis	Au 5-25 nm	Fortin & Beveridge, 2000
Pseudomonas aeruginosa	Au 15-30 nm	Husseiny et al., 2007
Rhodopseudomonas capsulata	Au 10-20 nm	He et al., 2008
Escherichia coli	Au 20-25 nm	Deplanche & Macaskie, 2008
Desulfovibrio desulfuricans	Pd 20-50 nm	Deplanche et al., 2008
Pseudomonas stutzeri AG259	Ag 200 nm	Joerger et al., 2000
Klebsiella pneumonia	Ag 1-6 nm	Mokhtari et al., 2009
Bacillus licheniformis	Ag 40 nm	Kalishwaralal et al., 2008
Clostridium thermoaceticum	CdS 20-200 nm	Cunningham & Lundie, 1993
Rhodopseudomonas palustris	CdS 0±0.25 nm	Bai et al., 2009
Desulfobacteriaceae	ZnS 2-5 nm	Labrenz et al., 2000
Magnetospirillum Magnetotacticum	Fe ₃ O ₄ 50 nm	Matsunaga & Takeyama, 1998

Bitkilərin müxtəlif orqanlarından ayrılmış ekstraktlarda nanohissəciklərin formalaşdığı sübut olunmuşdur. Məsələn, yetişməmiş Papaya (*Carica papaya*) meyvələrinin ekstraktına $AgNO_3$ duzunu əlavə edib otaq temperaturunda 5 saxladıqdan sonra gümüş nanohissəciklərinin əmələ gəldiyini təcrübü yolla müəyyən etmək olur. Şəkildə papaya meyvəsindən alınmış ekstraktda gümüş nanohissəciklərinin alınması məhlulun rənginin dəyişməsindən hiss olunur.

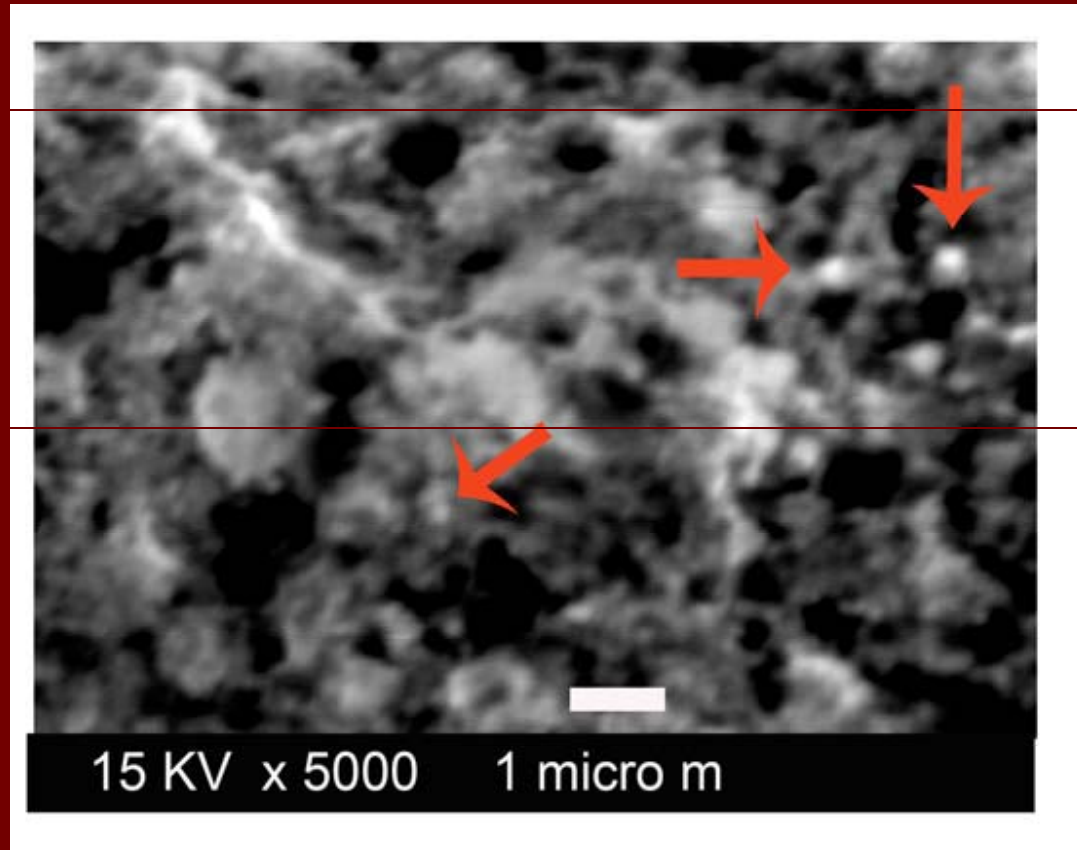
A- Papaya meyvəsindən alınmış ekstrakt

B – $AgNO_3$ məhlulu ekstraktsiz

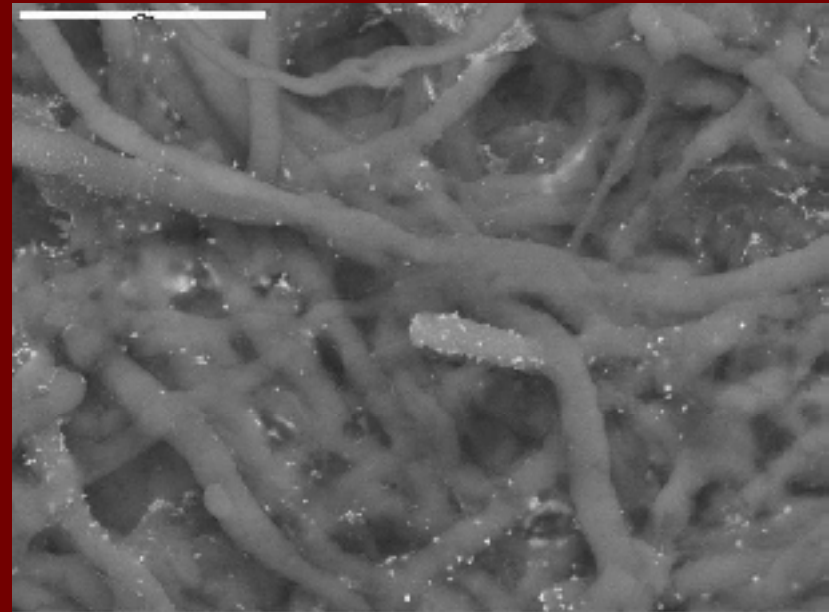
C- ekstrakta əlavə edilmiş 1 mM $AgNO_3$ məhlulu 5 saatdan sonra



Ekstraktda yaranan nanohissəciklər FTİR, UV-vis, SEM –da tədqiqi edilərək onların ölçüləri və formaları müəyyən edilir. Şəkildə nanohissəciklərin Skan elektron mikroskopunda görüntüləri verilmişdir.



Nanohissəciklər göbəklərdə daha yaxşı sintez olunur. Nanohissəciklərin göbləklərdə sintez olunması haqqında xeyli elmi təcrübələr aparılmışdır. Məsələn, gümüş nanohissəciklərinin *Penicillium sp.* Göbələyində sintezi üçün onun biokütləsi 72 saat deionlaşmış suda inkubasiya olunduqdan sonra bu kütləyə $AgNO_3$ məhlulu əlavə edilir. İnkubasiya müddəti davam etdikcə biokütlə olan məhlulun rəngi dəyişir. Məhlulun rənginin boz rəngə çalması gümüş nanohissəciklərin yarandığını göstərir. Şəkildə *Penicillium* göbələyinin biokütləsində gümüş nanohissəciklərinin formalaşmasını göstərən təcrübənin nəticələri verilmişdir. Solda biokütlə başlanğıcda, sağda isə 72 saatdan sonra.



Göbələklərdə sintez olunan nanohissəciklər

Verticillium	Au 20 nm	Mukherjee et al., 2001
Colletotrichum	Au 20-40 nm	Shankar et al., 2003
Trichothecium	Au -	Ahmad et al., 2005
Fusarium oxysporum	Au-Ag alloy -	Senapati et al., 2005
Fusarium oxysporum	Ag 5-15 nm	Ahmad et al., 2003a
Aspergillus fumigatus	Ag 5-25 nm	Bhaisa & D'Souza, 2006
Aspergillus flavus	Ag 8.92±1.61 nm	Vigneshwaran et al., 2007
Fusarium acuminatum	Ag 10-30 nm	Ingle et al., 2008a
Fusarium semitectum	Ag 10-60 nm	Basavaraja et al., 2008
Fusarium solani	Ag 16.23 nm	Ingle et al., 2008b
Penicillium fellutanum	Ag -	Kathiresan et al., 2009
Fusarium oxysporum	Zr 3-11 nm	Bansal et al., 2004
Verticillium	Ag 25±12 nm	Senapati et al., 2004
Fusarium oxysporum	TiO ₂ & SiO ₂ 5-15 nm	Bansal et al., 2005

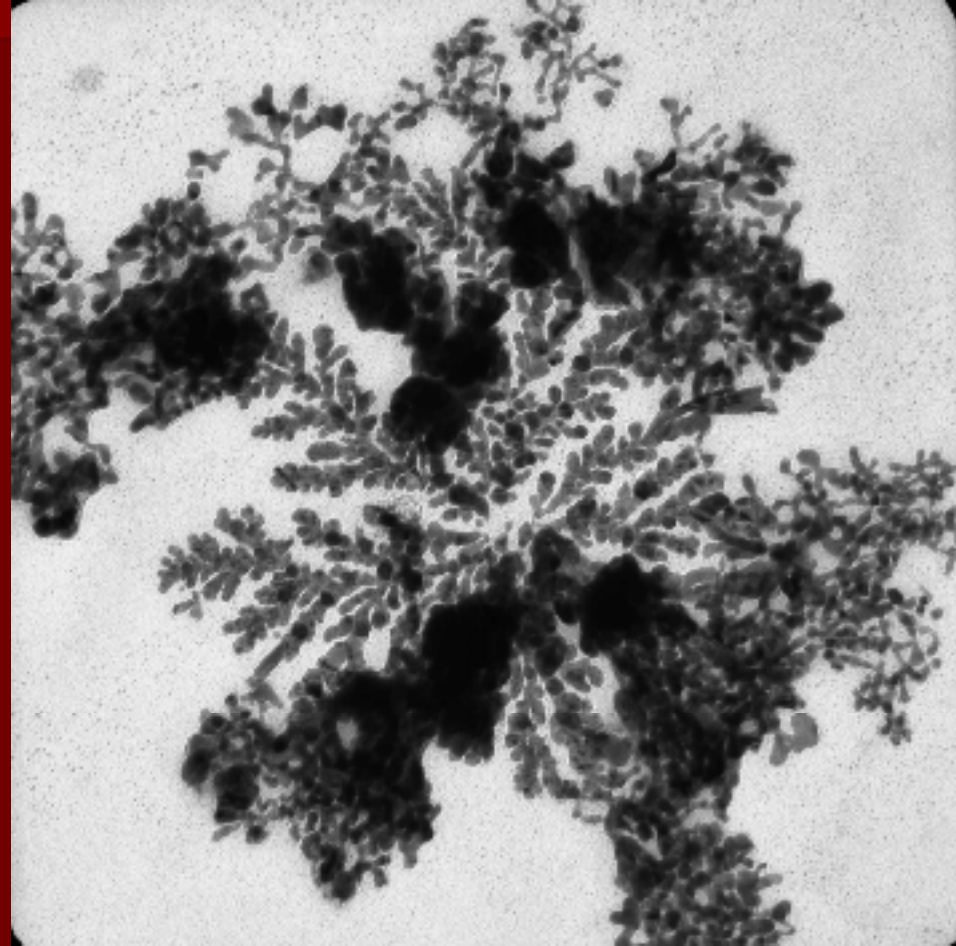
Actinomycetes

Thermospora sp	Au 8 nm	Sastry et al., 2003
Rhodococcus sp	Au 5-15 nm	Ahmad et al., 2003b

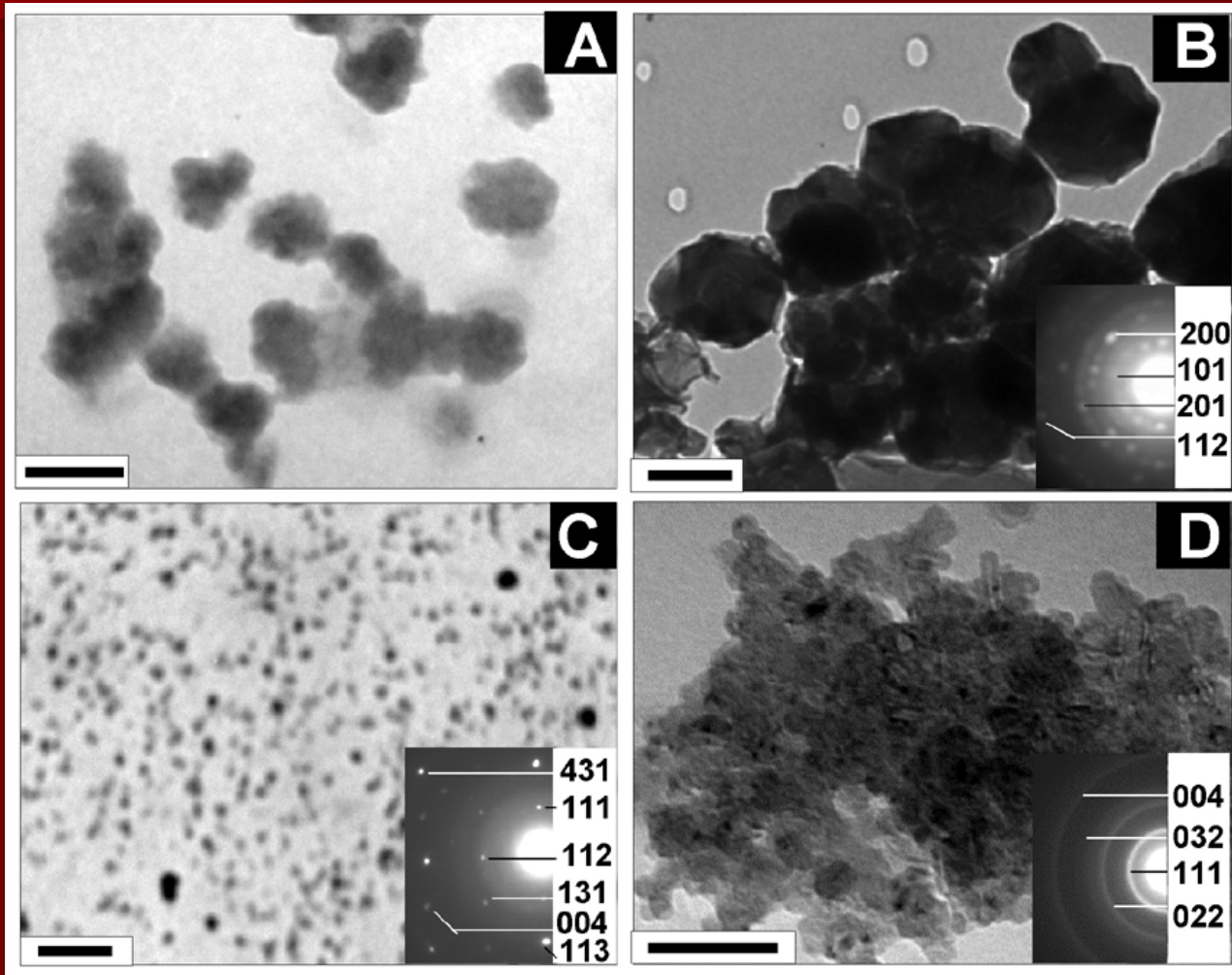
Yeast

Yeast MKY3	Ag 2-5 nm	Kowshik et al., 2003
Candida glabrata	CdS -	Dameron et al., 1989
Yarrowia lipolytica NICM 3589	Au -	Agnihotri et al., 2009
Schizosaccharomyces pombe	CdS 1-1.5 nm	Kowshik et al., 2002

Penicillium sp. Göbələyinin J3 ştamında 72 saatdan sonra əmələ gələn gümüş nanohissəcikləri



Silisium və Titanium nanohissəciklərinin göbələklərdə sintezi



Silisium

Titanium

- Yosunlardan hal-hazırda biotexnologiyada geniş istifadə olunur. Yosunlardan heyvandarlıqda yem, ərzaq, bioyanacaq, müalicəvi materiallar, dərman preparatlarının alınmasında geniş istifadə edilir.

Bir sıra təcrübələrdən aydın olur ki, nanohissəciklər yosunlarda da sintez oluna bilir. Məsələn, dəniz yosunlarından olan *Chlorella vulgaris*in qurudulmuş biokütləsində Au nanohissəciklərinin formalaşdığını aşkar etmişlər (Hosea et al., 1986).

Göy-yaşıl yosunlarda Au (S₂O₃)₂ və AuCl₄ duzunun birləşməsinin Nanohissəciklərə çevrilməsini müşahidə etmişlər (Lengke et al., 2006a).

Fitoplankton *Phaeodactylum tricornatum* CdS jelatin örtük əmələ gətirir hansı ki, tərkibində Cd nanohissəcikləri aşkar görünür (Scarano & Morelli, 2003).

Shewanella yosununda PtCl₆ duzundan neytral pH-da və otaq temperaturunda 60 dəqiqədən sonra Pt nanohissəciklərinin əmələ gəldiyini müəyyən etmişlər. Yosunların periplazma nahiyəsində 5 nm ölçülərində olan nanohissəciklərin əmələ gəlməsi asanlıqla görünür (Konishi et al., 2007).

Yosunlarda sintez olunan nanohissəciklər

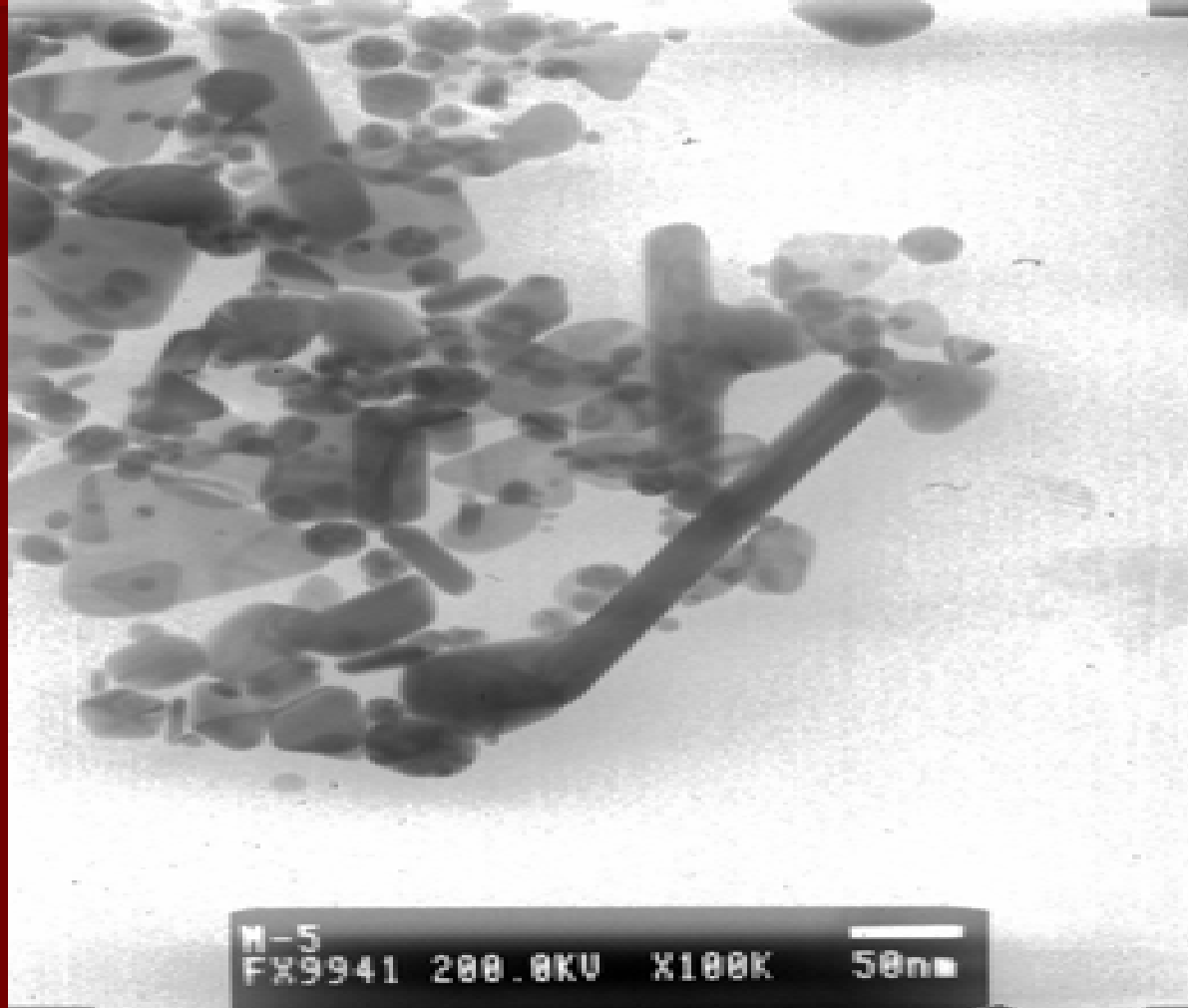
Chlorella vulgaris	Au -	Hosea et al.,1986
Phaeodactylum tricornatum	CdS -	Scarano & Morelli, 2003
Sargassum wightii	Au 8-12nm	Singaravelu et al., 2007
Diatoms	SiO ₂ -	Kroger et al., ,1999
Shewanella algae	Au -	Konishi et al., 2004
Shewanella algae	Pt 8-12nm	Konishi et al., 2007
Fucus vesiculosus	Au ~20nm	Mata et al., 2009
Plectonema boryanum UTEX	Au 6-10nm	Lengke et al., 2006a,b

Bitkilərdə nanohissəciklərin əmələ gəldiyini ilk dəfə Gardea-Torresdey və onun yoldaşları 2002-ci ildə göstərmişlər (Gardea-Torresdey et al., 2002). Onlar AuCl₄ Duzu ilə zəngin olan mühütdə bitən *Medicago sativa* (alfalfa) bitkisinə kristal təbiətli Au nanohissəciklərinin formalaşdığını müşahidə etmişlər. Bundan sonra bitkilərdə Nanohissəciklərin əmələ gəlməsini bir sıra alimlər aşkar etmişlər. Məsələn, Şankar və onun yoldaşları limon bitkisi *Cymbopogon* sp nazik təbəqələr, tək-tək Au kristallarının əmələ gəldiyini müəyyən etmişlər (Shankar et al 2004a). Bitkilərdə nanohissəciklərin sintezi imkanları daha perspektivlidir. Bitkilərdən istifadə edərək nanohissəciklərin alınması daha səmərəlidir. Bitkilərin orqanlarında, əsasən onların yarpaqlarında əmələ gələn nanohissəciklərin ölçüləri və formaları pH-dan, temperaturdan və bəzi faktorların böyüdüyü mühitdən çox asılıdır. Məsələn, *Avena sativa* bitkisinin biokütləsində Au nano- hissəciklərinin ölçüləri pH-ın 2 qiymətində 25-85 nm intervalında olduğu halda, pH-ın 3,4 qiymətlərində 5-20 nm tərtibində olur. *Sesbania drummondii* kol bitkisinə Au (III) ionları ölçüləri 6-20 nm olan Au (0) nanohissəciklərinə çevrilir. *Camellia sinensis* farmoseptik preparat alınan bitkidə Au ionlarının Au nanohissəciklərinə çevrildiyi aydın göstərilmişdir (Nune et al., 2009). *Azadirachta indica* yarpaqlarından alınan bulyonda Ag-Au nanohissəcikləri bimetal Au/Ag Nanohissəciklərinə reduksiya oluna bilər. Bitkilərdən alınan ekstraktlarda da nanohissəciklərin sintez olunduğunu sübut etmişlər. *Emblica officinalis* bitkisinin meyvəsindən alınan ekstraktada Ag və Au nano- hissəciklərinin yaxşı stabilləşdiyini göstərmişlər (Ankamwar et al., 2005a). *Medicago sativa* bitkisi kökləri vasitəsilə sorduğu Ag ionlarını gövdəsinin toxumalarında Ag nanohissəciklərinə çevirir (Gardea - Torresdey et al., 2003).

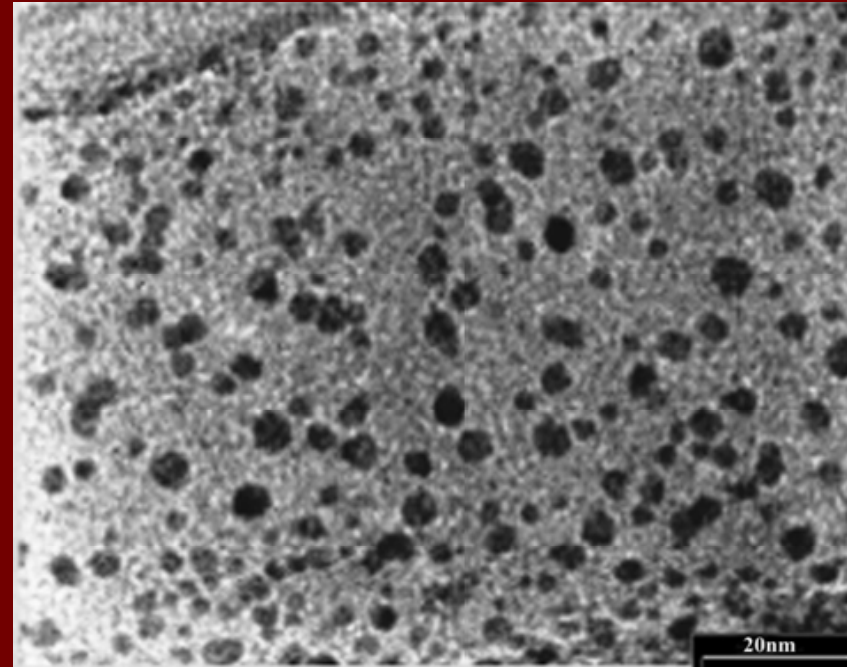
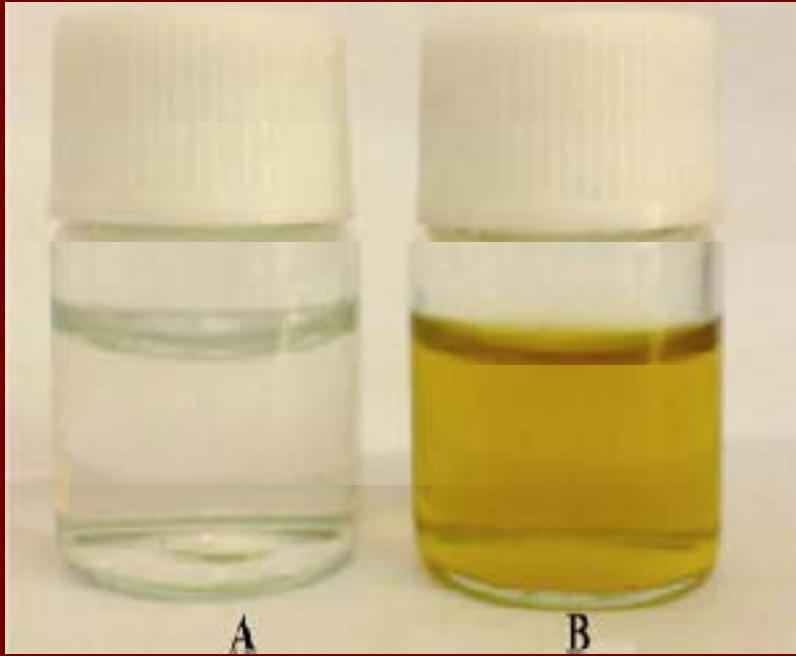
Bitkilərdə sintez olunan nanohissəciklər

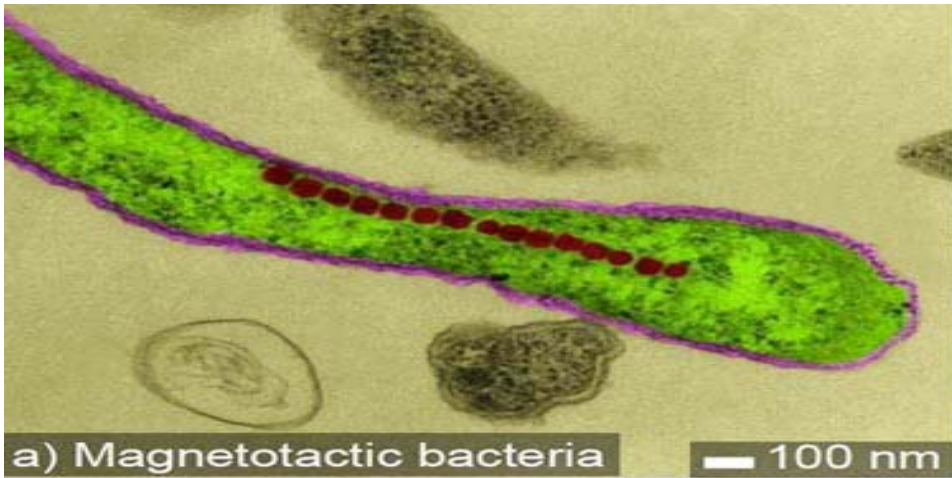
<i>Avena sativa</i>		Au 5-85 nm	Armendariz et al., 2004a
<i>Azadirachta indica</i>		Ag, Au-Ag, Au 5-100 nm	Shankar et al., 2004c
<i>Berkheya chicory</i>	Au -		Lamb et al., 2001
<i>Sesbania drummondii</i>		Au 6-20 nm	Sharma et al., 2007
<i>Berkheya coddii</i>		Au -	Lamb et al., 2001
<i>Aloe vera</i>		Ag 15.2±4.2 nm	Chandran et al., 2006
<i>Emblica officinalis</i>		Ag 10-20 nm	Ankamwar et al., 2005a
<i>Emblica officinalis</i>		Au 15-25 nm	Ankamwar et al., 2005a
<i>Brassica juncea</i>		Au , Ag -	Lamb et al., 2001
<i>Cinnamomum camphora</i>		Au & Ag 55-80 nm	Huang et al., 2007
<i>Triticum aestivum</i>		Au -	Armendariz et al., 2004b
<i>Carica papaya</i>		Ag 60-80 nm	Mude et al., 2009
<i>Jatropha Curcas</i>		Ag 10-20 nm	Bar et al., 2009
<i>Capsicum annum</i>		Ag -	Li et al., 2007
<i>Tamarindus indicus</i>		Au 20-40 nm	Ankamwar et al., 2005b
<i>Chilopsis linearis</i>		Au -	Rodriguez et al., 2007
<i>Helianthus annuus</i>		Ag -	Leela & Vivekanandan
<i>Camellia sinensis</i>		Au 15-42 nm	Nune et al., 2009
<i>Pelargonium graveolans</i>		Au -	Shankar et al., 2003

Şəkər çuğundurunda qızıl nanohissəciklərin sintezi

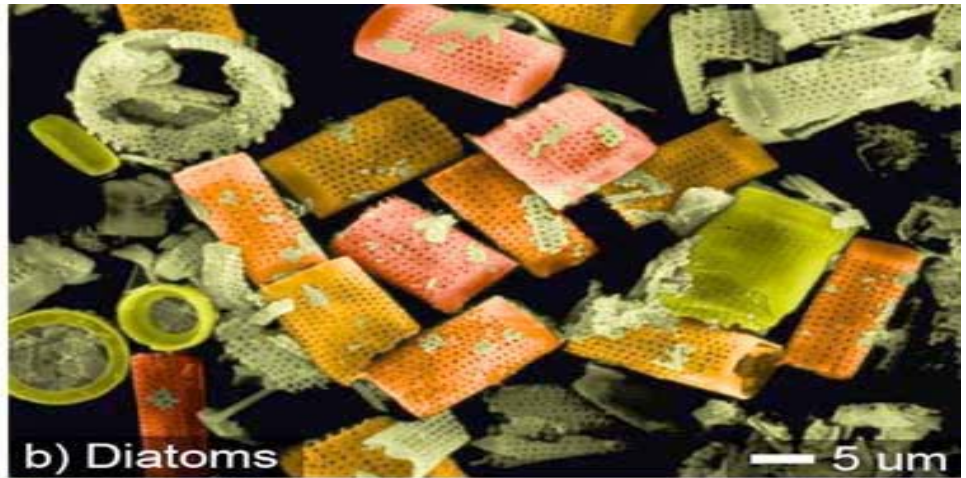


Gümüş nitrat duzu (1 mM) əvvəlcə (A) və geraniol-
da saxlandıqdan sonra (B) mikrodalğalı sobada 40
san qızdırıldıqdan sonra. Sağda bu məhlulda
yaranan nanohissəciklərin TEM şəkilləri.

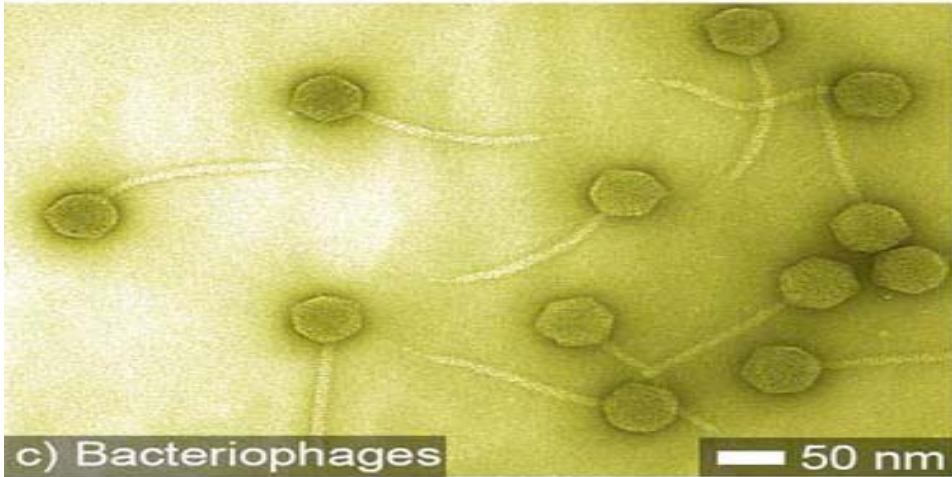




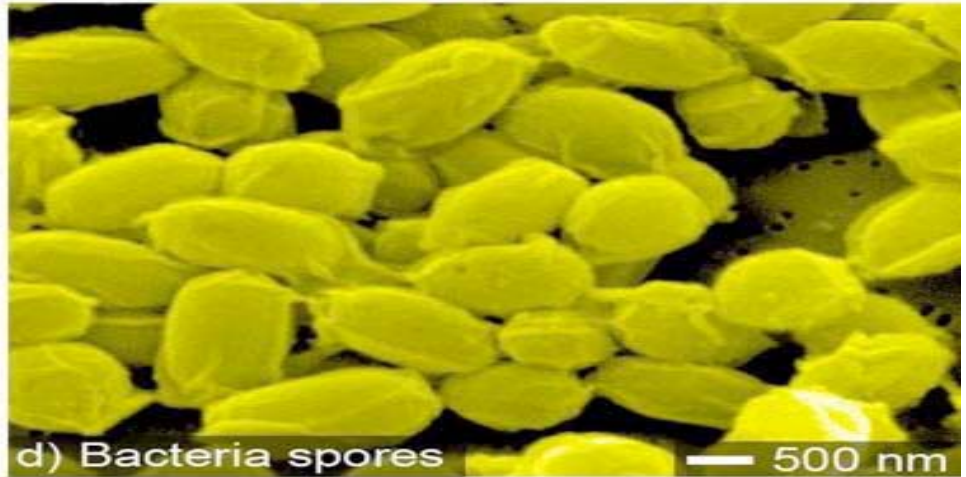
a) Magnetotactic bacteria — 100 nm



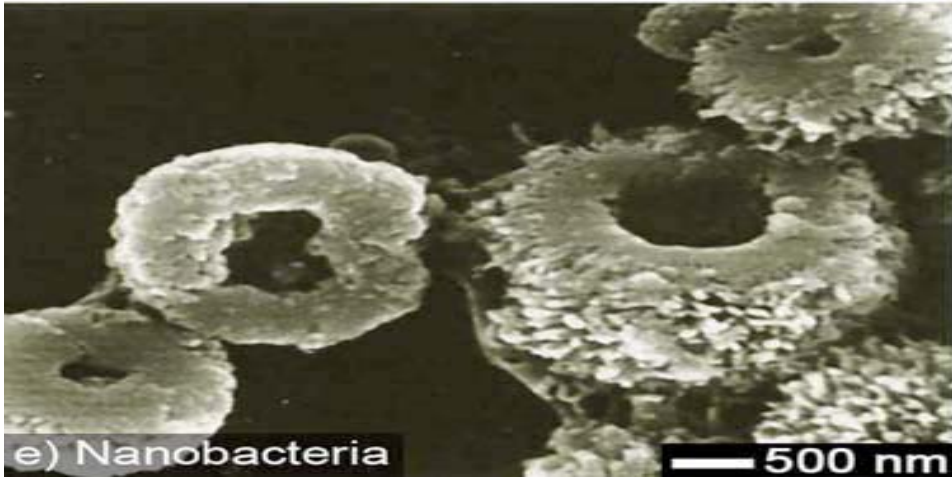
b) Diatoms — 5 um



c) Bacteriophages — 50 nm



d) Bacteria spores — 500 nm

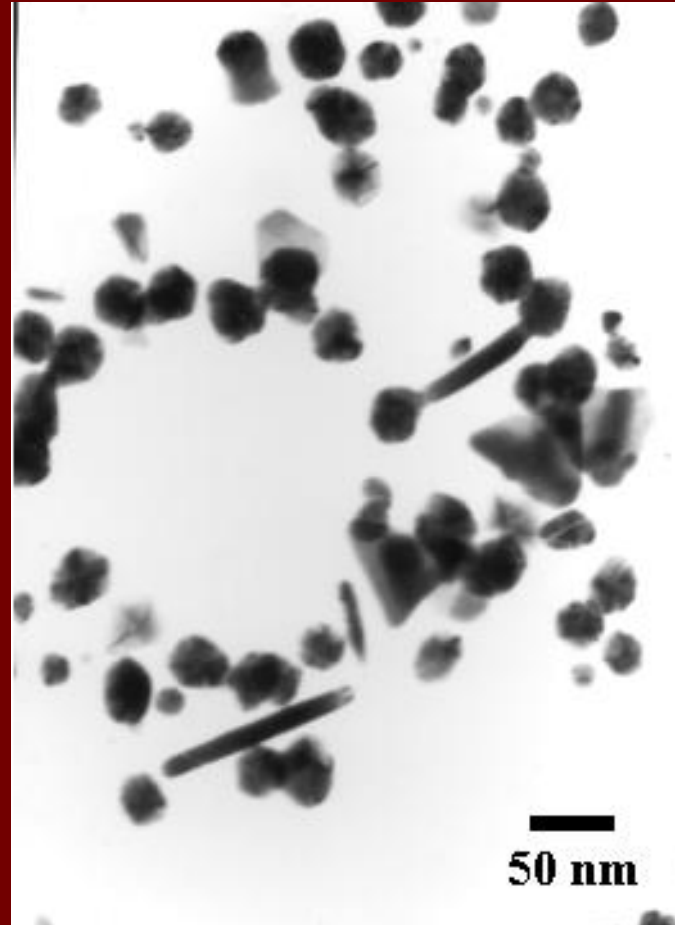
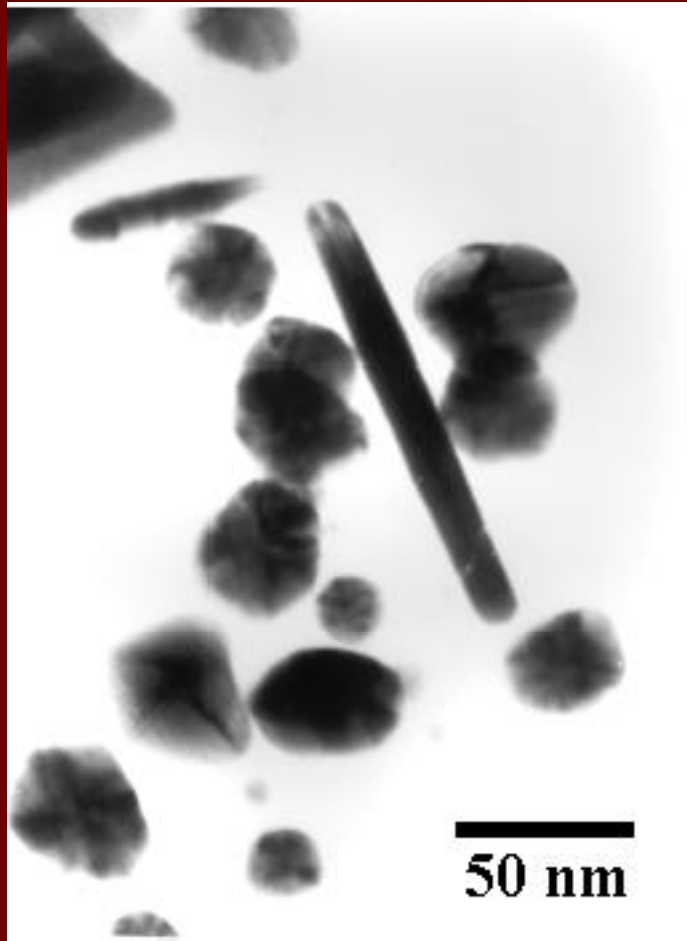


e) Nanobacteria — 500 nm

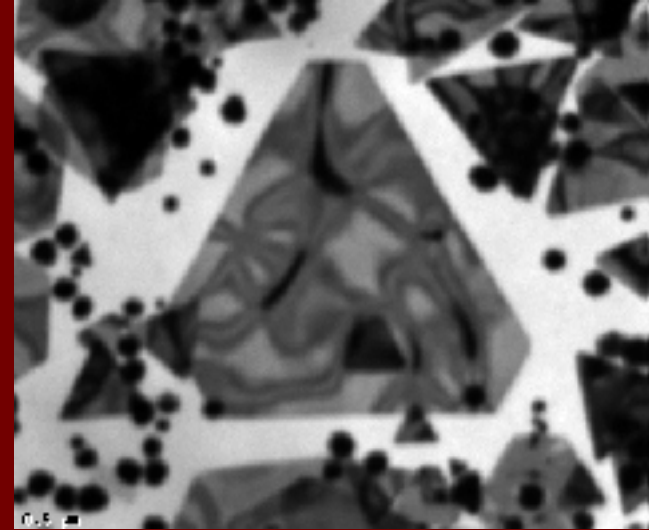
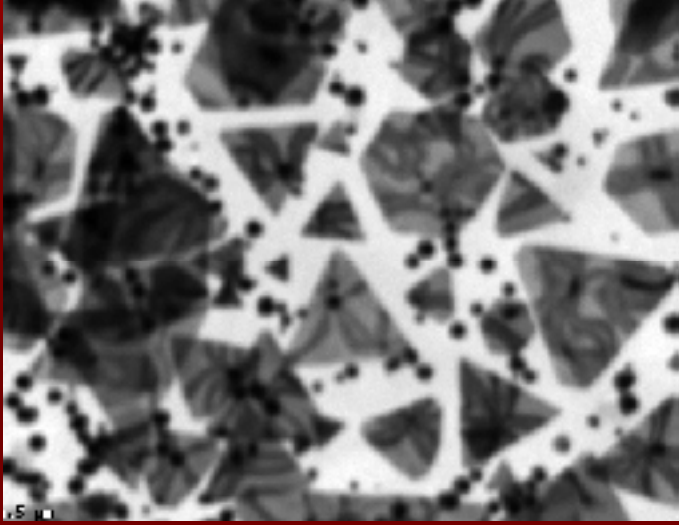


f) Nanobacteria — 100 nm

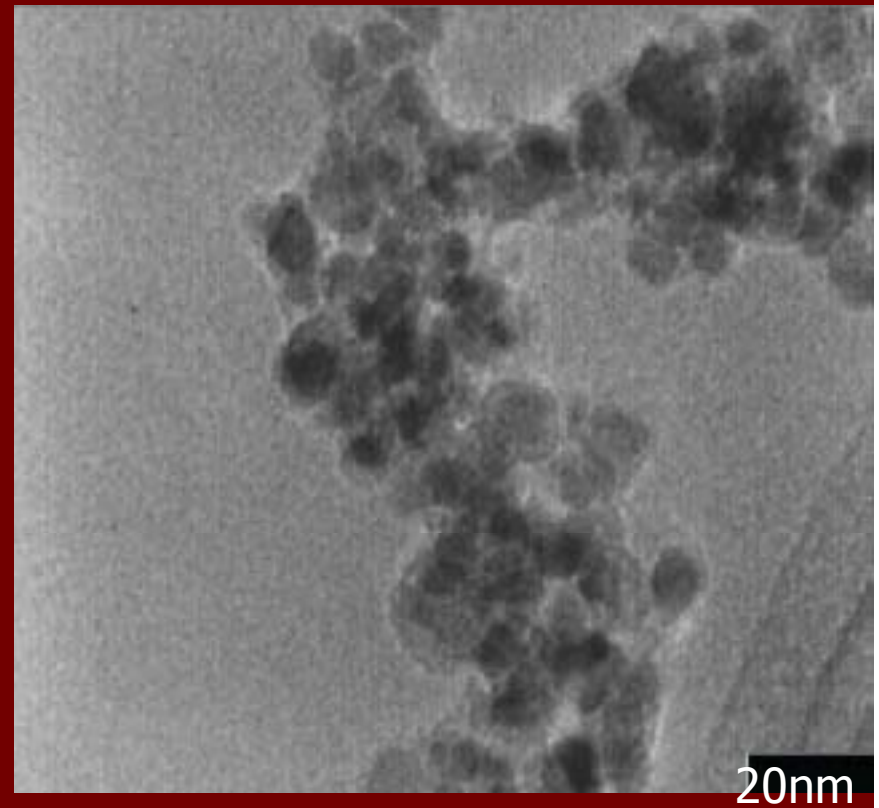
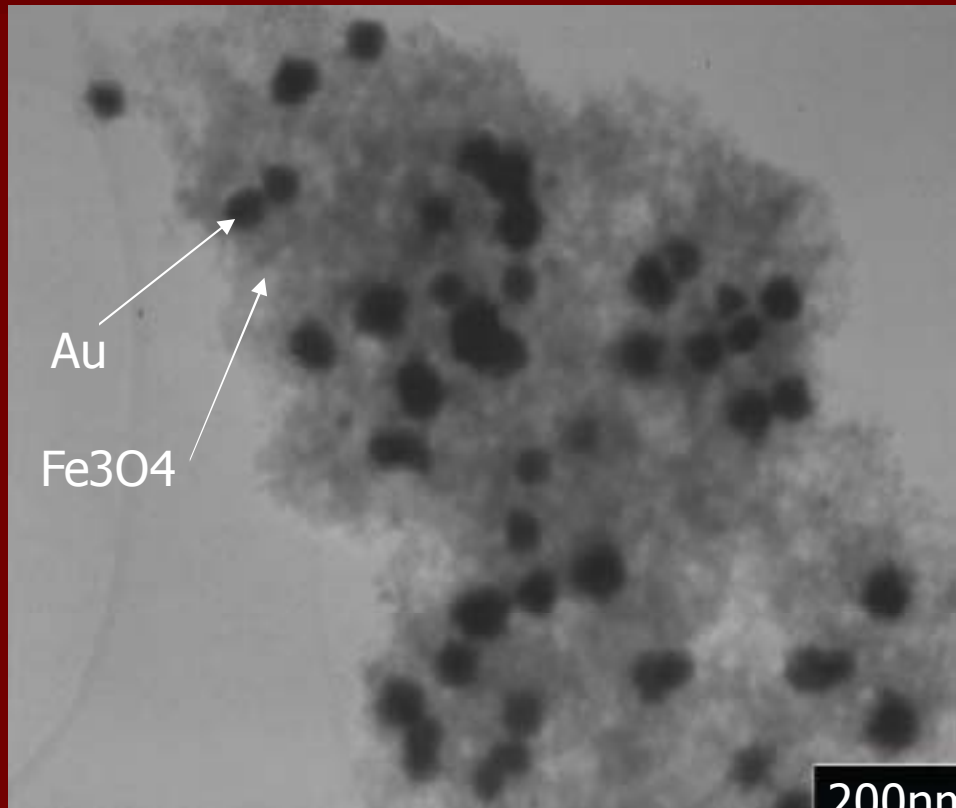
Ətirşah bitkisinin yarpaqlarında sintez olunan qızıl nanohissəcikləri



limon otunun ekstraktında üçbucaqlı qızıl nanohissəciklərinin sintezi



Maqnit və qızıl nanokompozitinin TEM şəkili



DIQQƏTİNİZƏ GÖRƏ MİNNƏTDARAM

