



## AZƏRBAYCAN ELM FONDU

Azərbaycan Elm Fondunun  
“Gənc Alim və Tədqiqatçıların 7-ci  
qrant müsabiqəsi”nin (AEF-GAT-7-2023-2(44))  
qalibi olmuş layihənin yerinə yetirilməsi üzrə aralıq  
(rüblük olaraq 2-ci mərhələ)

### ELMİ-TEXNİKİ HESABAT

Layihənin adı: ANHF-Antimikrobial Nano örtüklü Hava Filterləri

Layihə rəhbərinin soyadı, adı və atasının adı: Əliyev Əlibala Rasim oğlu

Layihənin nömrəsi: AEF-GAT-7-2023-2(44)-10/07/4-M-07

Müqavilənin imzalanma tarixi: 15 noyabr 2023-cü il

Qrant layihəsinin yerinə yetirilmə müddəti: 12 ay

Layihənin icra müddəti (başlama və bitmə tarixi): 01 dekabr 2023-cü il - 01 dekabr 2024-cü il

*Layihənin II mərhələ üzrə (rüb) məbləği:*

Hesabatda aşağıdakı məsələlər işıqlandırılmalıdır:

- 1 Layihənin həyata keçirilməsi üzrə cari rübdə yerinə yetirilmiş **elmi işlər**  
Gümüş və gümüş nanohissəcikləri (AgNPs) və Ag<sup>+</sup> ionları kimi gümüş və tərkibində gümüş olan maddələrin təsirli antimikrob maddə olduğu ədəbiyyatdan məlumdur. Xüsusilə, sulu məhlullarda Ag<sup>+</sup> ionlarının antibakterial aktivliyi kifayət qədər güclü olmuşdur və onların antimikrobiyal mexanizmi geniş şəkildə tədqiq edilmişdir. Ag<sup>+</sup> ionları bakteriya hüceyrəsinə daxil olduqda, membrandakı zülallarla qarşılıqlı əlaqədə olduğundan sonra DNT və RNT ilə qarşılıqlı əlaqəyə girirlər. Hədəf molekulları bu qarşılıqlı təsirlərdən təsirlənir və nəticədə hüceyrə ölümü ilə nəticələnir. Ag<sup>+</sup> qatılığından asılı olaraq antimikrob effektivlik 2 saatdan bir neçə günə qədər özünü göstərir. Digər tərəfdən AgNP-lərin antibakterial təsiri mübahisəlidir. AgNP-nin antimikrobiyal fəaliyyəti ilə Ag<sup>+</sup> arasında dəqiq fərq qoyulması çətin olmuşdur, çünki AgNP-lər oksigenlə oksidləşir və Ag<sup>+</sup> ionlarını buraxır.  
Havada olan xırda hissəciklər ciddi sağlamlıq və təhlükəsizlik problemləri yaradır. Bu hissəciklərə xüsusi qatılıqda olmasına nəzarət etmək həm sənaye, həm də gündəlik həyatda daxili havanın keyfiyyətinin yaxşılaşdırılması üçün vacibdir. Filtrasiya zamanı birbaşa tutma, əks təsir və diffuziya mexanizmlərindən istifadə edərək havadan kiçik hissəcikləri çıxarmaq və təmizləmək mümkündür. Bununla belə, filtrlər arasında təzyiqin düşməsi ilə hava keçiriciliyinin azalması və göstərilən hissəciklərin tutulma effektivliyi aşağı düşməsi müntəzəm olaraq istifadə olunan filtrləri qeyri-səmərəli edir. Kəskin təzyiq

azalması və bununla əlaqədar yüksək enerji istehlakı arasındakı əlaqə hissəciklərin çıxarılması səmərəliliyi adlanır.

Bundan əlavə, bir müddət istifadə edilən filtrlərin mikroorqanizmlərlə çirklənmə ehtimalı daha yüksəkdir ki, bu da nəinki təzyiq azalmasına səbəb olur, həm də mikroblar filtr səthində və filtrlərin içərisində yayılmağa davam etdikcə daha ciddi sağlamlıq problemi yaradır. Buna görə də, yüksək filtrasiya qabiliyyətinə malik olan və bakteriyaların böyüməsini maneə törədən funksionallığı özündə birləşdirən müasir filtrlərin dizaynı prioritet hədəfə çevrilir.

Qapalı mühitlərdə hava keyfiyyətini təmin etmək üçün nəzərdə tutulmuş və geniş şəkildə istismar edilən istilik, ventilyasiya və kondisioner sistemləri yalnız məqbul temperatur, rütubət və havanın hərəkətini təmin etmək üçün deyil, həm də müxtəlif hissəciklərin çirkləndiricilərinə və ya bioloji mühitə nəzarət etmək üçün tələb olunur. Havadakı hissəciklər insan sağlamlığı üçün əhəmiyyətli təhlükədir, çünki onlar tənəffüs sistemimizə nüfuz edə və tənəffüs yollarının infeksiyası və ürək-damar xəstəlikləri kimi müxtəlif xəstəliklərə səbəb ola bilər. Xüsusilə 2019-cu ilin Korona Virus Xəstəliyinin (COVID-19) yaratdığı qlobal sağlamlıq problemi böyük çaxnaşma yaradıb və insanların diqqətini antimikrob materiallara cəlb edib. Bu səbəbdən, təmas zamanı dərhal antimikrob fəaliyyət göstərən materiallara ciddi ehtiyac var.

Ənənəvi hava filtrasiya sistemləri daxili hava mühitindən patogen mikroorqanizmləri qismən çıxara bilər, lakin istifadə olunan hava filtrlərində tutulan bakteriya və ya kif sporları böyüyə və çoxala bilər, çünki rütubət kifayət qədər olduqda filtrlərdə yığılan toz qida mənbəyi kimi xidmət edə bilər.

Buna görə də filtr özü havanın və mühitin çirklənməsi mənbəyi kimi çıxış edə bilər. Bunun nəticəsidir ki, bu layihənin əsas məqsədi patogenləri ayırmaq əvəzinə onları məhv edəcək antimikrob xüsusiyyətlərə malik yeni iki qatlı hava filtrlərinin dizaynıdır. Belə nəticələrə nail olmaq üçün AgNPs (gümüş nanohissəcikləri) qatqılı aktivləşdirilmiş karbon təbəqəsi və titan oksidi qatqılı şüşə muncuqlarla modifikasiya edilmiş yeni iki qatlı hava filtrləri yaradılacaq və onların antibakterial fəaliyyəti qram-müsbət bakteriyaya (*Escherichia coli*), qram-mənfi bakteriyaya (*Staphylococcus aureus*) və göbələklərə (*Candida albicans*) qarşı tədqiq olunacaq. Virusların istilik, ventilyasiya və kondisioner (İVKS) sistemləri vasitəsilə yayılmasının qarşısını almaq üçün bir neçə yeni filtr tətbiq edilib. Məsələn, təyyarə salonunda İVKS sistemləri üçün yüksək səmərəli hissəcikli hava (YSHH) filtrləri hazırlanmışdır. Kiçik hissəcik ölçüsünə görə HEPA havadakı virusları və bakteriyaları süzməkdə çox effektivdir. Bununla belə, standart HVAC filtrləri ilə müqayisədə, HEPA filtrləri havanı onlardan keçirtmək üçün əhəmiyyətli dərəcədə daha çox enerji tələb edir.

Müasir hava filtrasiya sistemləri daxili havadan patogen bakteriyaların çıxarılmasında müvəffəqiyyətli olsa da, orqanizmlər məhv edilmir və filtr mühitində və hava filtrasiya sisteminin özündə mövcud olmağa davam edə və hətta çoxalda bilər. Hava-damcı yolu ilə yoluxan mikroblarının gətirdiyi yoluxucu xəstəliklərin yayılması qlobal miqyasda ciddi narahatlıq doğurur.

Beləliklə, antimikrob materiallar böyük maraq qazandı. Uyğun rütubət və yığılmış qidalı toz mövcud olduqda yığılmış mikroorqanizmlər yaşaya və inkişaf edə bildiyinə görə, cihazların (kondisionerlər, boyalar və hava filtrləri kimi) üzərinə örtüldükdən sonra tez bir zamanda antimikrob fəaliyyəti nümayiş etdirə bilən materialın hazırlanması çox vacibdir. Nəhayət,

mikrob metabolizması artan mikrobları və uçucu üzvi kimyəvi maddələri atmosfərə atmağa imkan verir. Bu zaman, səthlər örtülmüş vəziyyətdə olduqda mühitlə təmasda tez antibakterial təsir göstərə bilən maddənin zəruriliyini vurğulanır.

Aerob sulu məhlullarda AgNP və Ag<sup>+</sup> ionları daim bir yerdə olur. Bu mövzu ilə bağlı son tədqiqatlar Ag<sup>+</sup> ionlarının anaerob sulu məhlulda sərbəst buraxılmasının qarşısını almaq üçün poli (etilen qlikol)-tiol ilə örtülmüş AgNP-lərdən istifadə edilmişdir. Əvvəllər oksidləşmiş və həll olunmuş Ag<sup>+</sup> ionlarının anaerob sulu məhlullarda

AgNP-lərin antibakterial təsirinin əsas mənbəyi olduğu və hər bir fərdi hissəcik üçün xas olan antibakterial fəaliyyətin mahiyyətcə mövcud olmadığı iddia edilmişdir. Bundan əvvəl AgNP-lərin aerob su məhlullarında hüceyrə ölümünə səbəb olduğunu və qram-mənfi bakteriyaların (*Escherichia coli*) membranlarında çuxurlar yaratdığını müşahidə edilmişdir.

Məlumatlara əsasən, AgNP-lərin və həll olunmuş Ag<sup>+</sup> ionlarının birgə mövcudluğu sabit qatılıqlarda tək Ag<sup>+</sup> ionlarından daha güclü antibakterial təsir göstərir. Xüsusilə, 15 nm-dən böyük AgNP-lər üçün AgNP-lərin və sərbəst buraxılan Ag<sup>+</sup> ionlarının bərabər antibakterial aktivliyi müşahidə edilmişdir; lakin 10 nm-dən az olan AgNP-lər üçün antibakterial aktivlikdə sərbəst buraxılan Ag<sup>+</sup> ionları üstünlük təşkil edir. Ag<sup>+</sup> ionlarının antibakterial aktivliyinə əlavə olaraq təkmilləşdirilmiş antibakterial aktivlik nümayiş etdirmiş AgNPs9, labil liqandları və ya hibrid strukturlarına görə əsasən boş səthə malikdir. Təəssüf ki, yüksək səth enerjisi ilə meydana gətirdikləri aqreqasiya səbəbindən tamamilə boş AgNP-lər kolloid məhlulda mövcud ola bilməzlər.

Bu mərhələdə tərkibində nanohissəciklər olan 2 filtr membranın hazırlanmışdır.

İkinci membran gümüş nanohissəcikləri və aktivləşdirilmiş karbon əsasında hazırlanmışdır. Bu məqsədlə gümüş nanohissəciklər 500 ml distillə edilmiş suda 30 dəqiqə ərzində sonifikasiya olunub. Bundan sonra, əmələ gələn məhlul aktivləşdirilmiş karbona əlavə edilib və 40 ° C-də 1 ay müddətinə sobaya qoyulub.

İlk növbədə, şüşə muncuqlar 3 gün ərzində 1% florid turşusu-su məhluluna qoyulmuşdur. Bundan sonra, onlar distillə edilmiş su ilə yuyulub və otaq temperaturunda qurudulub. Bu proses muncuqların səthinə titan dioksidin oturmasını asanlaşdıran qırıqlar yaratmaq üçün edilmişdir.

Sonradan, titan dioksid nanohissəcikləri bir saat ərzində 1000 ml distillə edilmiş suda sonifikasiya olunmuşdur. Daha sonra əmələ gələn məhlul şüşə muncuqlara əlavə edilərək 1 ay 40°C temperaturda sobaya qoyulmuşdur.

İkinci üsulda membran titan nanohissəcikləri və şüşə muncuqlar əsasında hazırlanıb. Burada diametri 1 sm olan çoxlu sayda şüşə sferalar məhlulun içərisinə daxil edilir. Bundan sonra 4 gün ərzində məhlulda saxlandıqdan sonra məhlul buxarlandırılır.

Əldə olunan sferaların ilkin çəkilişi ilə arasında mövcud olan fərq əsasında sferalar üzərinə olan hopdurulma dərəcəsi hesablanır ki, bu da membranın antimikrobial xüsusiyyətlərinin, həmçinin, regenerasiya qabiliyyətinin müəyyən olunmasında vacib bir faktordur.

Burada əldə olunan nümunələrin SEM analizləri bizə alınmış nanohissəciklərin morfolojiyası, ölçüsü və aralığı barədə geniş məlumatlar verir ki, bu da öz növbəsində növbəti mərhələdə onların filterlərə tətbiqini asanlaşdırır.

Bu mərhələdə əldə olunmuş filterlər növbəti mərhələdə bioloji tədqiqatları aparılacaqdır.

İlkin olaraq sintez edilmiş nanohissəciklərin (gümüş və titan oksidi nanohissəcikləri)

antimikrobiyal aktivliyi qram-mənfi bakteriya (*Escherichia coli*), qram-müsbət bakteriya (*Staphylococcus aureus*) və göbələklərə (*Candida albicans*) qarşı iki dəfə durulaşdırma metodu ilə yoxlanılacaqdır. Hər iki bakteriya kulturası maye qidalı mühitdə (Nutrient Broth) 18 saat müddətində 37°C-də inkubasiya ediləcəkdir. Bakteriya hüceyrələri durulaşdırılacaq və işlək bakteriya hüceyrə qatılığı  $1 \times 10^8$  kof/ml olacaq. *C. albicans* koloniyaları 18 saat müddətində 30°C-də kartof dekstrozu bulyonunda inkubasiya ediləcək.

Tərkibində gümüş və titan oksidi nanohissəcikləri olan membran filtrlərinin *E. coli* və *S. aureus*-a qarşı antibakterial aktivliyi inhibe zonasının ölçülməsi yolu ilə öyrəniləcəkdir. Muller Hinton bulyonunda (MHB) bakteriya kulturalarının optik sıxlığı NAC 1 (0,8%) məhlulunda durulaşdırılmaqla  $1 \times 10^8$  k.ə.v/ml-ə çatdırılacaqdır. Sonra 100 µl bakteriya kulturası suspenziyası steril Muller Hinton Agar (MH A) petri qablarına əkiləcək və petri qabları təxminən 10 dəqiqə müddətində otaq temperaturunda saxlanılacaqdır.

Daha sonra gümüş və titan oksidi ilə modifikasiya olunmuş membran filtrləri müxtəlif petri qablarının mərkəzinə yerləşdiriləcək. Petri qabları 37°C-də 24 saat müddətində inkubasiya ediləcəkdir. İnkubasiyadan sonra funksionallaşdırılmış membran filtrlərinin antibakterial xüsusiyyətləri inhibe zonasının diametrinə (mm) uyğun olaraq qiymətləndiriləcəkdir.

Modifikasiya edilmiş filtrlərin *C. albicans*-a qarşı antimikrob effektivliyi kartof dekstroza aqarlı mühitə inkubasiya olunması və koloniya əmələ gətirmə vahidinin (k.ə.v) hesablanma qaydası istinasna olmaqla, tam olaraq bakterial nümunələr üçün təsvir edildiyi kimi yoxlanılacaqdır.

Uzun istehlak müddətinə malik antimikrob hava filtrlərinin istifadəsi ictimai nəqliyyat və ofislər kimi qapalı sistemlərdə respirator xəstəliklərin yayılması ehtimalı daha yüksəkdir. Uzun davamlılığa, nisbətən ucuz materiallara əsaslanan ANHF-in iqtisadi səmərəliliyinə görə belə filtrlərin xüsusilə ictimai nəqliyyatda və qapalı hava sistemləri olan yerlərdə yüksək effektiv tətbiqi proqnozlaşdırıla bilər. Antimikrob filtrlərin hal hazırda sənayedə geniş tətbiq edilmədiyini və onların COVID-19 pandemiyasından sonra populyarlaşdığı üçün nisbətən yeni araşdırma sahəsi olduğunu nəzərə alsaq, bu istiqamətin tədqiqinə investisiyalar ayrılması və tədqiqi həm sənaye, həm də tədqiqat sahəsi üçün mühüm əhəmiyyət kəsb edir.

2	Layihənin həyata keçirilməsi üzrə planda nəzərdə tutulmuş işlərin yerinə yetirilmə dərəcəsi (cari rüb üçün, faizlə qiymətləndirməli)
	100%
3	Hesabat dövründə alınmış <b>elmi nəticələr</b> , onların yenilik dərəcəsi
	<p>Birinci mərhələdə əldə olunan nanohissəciklər membranların üzərinə uğurlu şəkildə hopdurulmuşdur. Karbon əsaslı Ag və şüşə əsaslı Titan oksid nanohissəcikli membranlar yekun filterin qurulması üçün hazır hala gətirilmişdir. Əldə olunmuş gümüş nanohissəciklərinin sferik quruluşda olması və ölçülərinin 6-12 nm aralığında olması onların gələcəkdə yüksək antimikrobial aktivliyə malik ola biləcəyindən xəbər verir. Sintez zamanı aqlomeratların alınmaması (SEM vasitəsi ilə təsdiq edilmişdir) nəticələrin qənaətbəxş olmasında xəbər verir.</p> <p>Həmçinin, əldə olunan nəticələrin Yıldız Teknik universitetinin Kimya metalürji fakültəsi Biomühəndislik fakültəsi professoru Sevil Yücellə müzakirəsi zamanı bu nanohissəciklərin başqa sahələrdə də geniş istifadə oluna biləcəyi qərarına gəlmişdir. Həmçinin titan oksid</p>



	nanohissəciklərinin burada tozşəkili rentgen difraksiya analizi əldə olunan nanohissəciklərin qatqısız olaraq təmiz alınmasından xəbər verir. Burada əldə olunmuş nanohissəciklər: gümüş nanohissəciklərinin karbon filterlərdə tətbiqi havanın təmizlənməsində yeni və potensiallı bir istiqamət olaraq dəyərləndirilir. Həmçinin, şüşə əsaslı membranlara hopdurulmuş titan oksid nanohissəciklərinin regenerativ qabiliyyəti uzunömürlü filterlərin istehsalı üçün mühüm əhəmiyyət kəsb edir.
4	Layihənin yerinə yetirilməsi zamanı istifadə olunan üsul və yanaşmalar <i>SEM, FTİR, pXRD</i>
5	Layihə üzrə elmi nəşrlər (məqalələr, monoqrafiyalar, icmalar, konfrans materialları, tezislər) (dərc olunmuş, çapa qəbul olunmuş və çapa göndərilmişləri ayrılıqda qeyd etməklə) ( <i>surətlərini əlavə etməli!</i> ) (burada doldurmalı)
6	İxtira və patentlər, səmərələşdirici təkliflər (burada doldurmalı)
7	Layihə üzrə ezamiyyətlər <i>Türkiyə, İstanbul, Yıldız Teknik Üniversitesi, Kimya metalürji fakültesi, Biomühendislik bölümü. 15-21 may.</i>
8	Layihə üzrə elmi ekspedisiyalarda iştirak (burada doldurmalı)
9	Layihə üzrə digər tədbirlərdə iştirak (burada doldurmalı)
10	Layihə mövzusu üzrə elmi məruzələr (seminarlar, konfranslar, dəyirmi masalar və s. çıxışlar) (burada doldurmalı)
11	Layihə üzrə əldə olunmuş cihaz, avadanlıq və qurğular, mal və materiallar (burada doldurmalı)
12	Yerli həmkarlarla əlaqələr (burada doldurmalı)
13	Xarici həmkarlarla əlaqələr <i>PROF.SEVİL YÜCEL</i> <i>YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ/KİMYA-METALURJİ FAKÜLTESİ/BİYOMÜHENDİSLİK BÖLÜMÜ/BİYOMÜHENDİSLİK ANABİLİM DALI</i> <i>Ümumilikdə layihədə göstərilən spektroskopik tədqiqatların aparılması həmçinin gələcəkdə ortaq layihələrin təşkili üçün sıx əlaqələr qurulmuşdur.</i>
14	Layihə mövzusu üzrə kadr hazırlığı (burada doldurmalı)

15	Sərgilərdə iştirak (burada doldurmalı)
16	Təcrübəartırmada iştirak və təcrübə mübadiləsi (burada doldurmalı)
17	Layihə mövzusu ilə bağlı elmi-kütləvi nəşrlər, kütləvi informasiya vasitələrində çıxışlar, yeni yaradılmış internet səhifələri və s. (burada doldurmalı)

Layihə rəhbərinin imzası \_\_\_\_\_ Əliyev Əlibala Rasim oğlu

Tarix \_\_\_\_\_

QEYD: bütün hallarda uyğun olan bəndlər doldurulmalıdır.