

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

Əlyazması hüququnda

**NEFTLƏ ÇİRKƏNƏN TORPAQLARDA YAYILAN
MİKROMİSETLƏRDƏ LİPOLİTİK FERMENTLƏRİN
SİNTEZİNİN FİZİOLOJİ TƏNZİMLƏNMƏSİ**

İxtisas: 2414.01 – Mikrobiologiya

Elm sahəsi: Biologiya

İddiaçı: **Aqil Adəm oğlu Əhmədli**

Fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün təqdim olunan
dissertasiyanın

AVTOREFERATI

Bakı – 2025

Dissertasiya işi AR ETN-nin Mikrobiologiya İnstitutunun Mikrobioloji biotexnologiya laboratoriyasında yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbər:

biologiya elmləri doktoru, professor
Gülər Mircəfər qızı Seyidova

Elmi məsləhətçi:

AMEA-nın müxbir üzvü
Pənah Zülfiqar oğlu Muradov

Rəsmi opponentlər:

biologiya elmləri doktoru, professor
Fərayət Ramazan qızı Əhmədova

biologiya elmləri doktoru, dosent
Nizami Rza oğlu Namazov

biologiya üzrə fəlsəfə doktoru
Mehriban Rauf qızı Yusifova



Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının AR ETN-in Mikrobiologiya İnstitutunun nəzdində fəaliyyət göstərən FD 1.07 Dissertasiya Şurası.

Dissertasiya şurasının
sədri:

biologiya elmləri doktoru, professor
Könül Fərrux qızı Baxşəliyeva

Dissertasiya şurasının
elmi katibi:

biologiya üzrə fəlsəfə doktoru, dosent
Günəl Əli qızı Qasıмова

Elmi seminarın
sədri:

biologiya elmləri doktoru, dosent
Səmirə İmamyar qızı Nəcəfova

GİRİŞ

Mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi. Müasir dövrdə ətraf mühitin qorunması və ekoloji tarazlığın təmin olunması heç olmadığı qədər aktualdır. Artıq, dünyanın beyin mərkəzləri insanın təbiət üzərindəki hakimiyyətinin bu şəkildə davam etməsinin uzun müddət çəkməyəcəyi haqqında həyəcan təbili çalır. Belə ki, insan sayının yüksələn xəttlə artması fonunda yerin bioloji resurslarının bu artıma tab gətirməməsi təbii ekosistemlərin daha çox antropogen təsirə məruz qalmasına və bunun nəticəsində başda torpaq və su ekosistemi olmaqla, ətraf mühitin müxtəlif çirkləndiricilərlə çirklənməsinə səbəb olur. Sözsüz ki, hər iki ekosistemin ən ciddi çirkləndiriciləri neft və neft məhsulları və müxtəlif yağlar hesab olunur. İlk öncə təbiət (torpaq) ən yumşaq mənada ifadə etsək, insan sivilizasiyasının mövcudluğunun maddi məkan komponentidir və təbiətsiz cəmiyyət heç bir halda mövcud ola bilməz. Yalnız bu səbəblə belə insan cəmiyyəti təbiəti qorumağa məcburdur və heç də təsadüfi deyil ki, ətraf mühitin vəziyyətinin yaxşılaşdırılması texnologiyalarının axtarışı həm müasir dünyanın, həm də Azərbaycan Respublikasının prioritet olaraq diqqət mərkəzində saxladığı əsas məsələlərdən biridir. Bizim üzərində işlədiyimiz neftlə çirklənmiş torpaqların həmin ərazilərdən ayrılmış mikromisətlər vasitəsilə bioremediasiyasının aparılması və çirkab sularının bioloji təmizlənməsi bu qəbildən olub, ətraf mühitin mühafizəsinə həsr olunmuş, ekologiya, torpaqşünaslıq və mikrobiologiya elmlərini özündə birləşdirən, geniş multidissiplinar əhəmiyyətə malik, ekoloji təmiz və iqtisadi cəhətdən səmərəli həll texnologiyasıdır. Bu məqsədlə mikromisətlərdən alınmış lipolitik fermentlər və birbaşa yüksək lipolitik aktivliyə malik ştamlar istifadə edilmişdir.

Belə ki, *“lipolitik fermentlər (triasilqliserol hidrolazalar E.C. 3.1.1.3) transestrifikasiya, interestrifikasiya, aminoliz, alkoliz, asidoliz və uzun zəncirli yağ turşuları sintezi (ester sintezis) reaksiyalarını kataliz edən, yüksək elmi-metodiki və praktiki tətbiqedilmə xüsusiyyətlərinə malik tibb, farmakologiya,*

biotexnologiya və sənayenin müxtəlif sahələrində; qida sənayesində, dəri emalında, yuyucu-sintetik vasitələr, biodizel istehsalında, həmçinin çirkli suların bioloji təmizlənməsində və neftlə (yağlarla) çirkənməmiş torpaqların bioremediasiyasında istifadə olunan ciddi sənaye əhəmiyyətli biokatalizatorlardır – fermentlərdir”¹. “Fermentin produsenti kimi bir neçə mənbə - bitkilər, heyvanlar və mikroorqanizmlər qarşımıza çıxır”² ki, müasir statistik məlumatlara əsasən “qlobal bazarda müxtəlif fermentlərin (həmçinin lipolitik fermentlərin) istehsalında bitkilər və heyvanların 15%-lik, mikroorqanizmlərin isə 85%-lik paya sahib olması xüsusi vurğulanır”³. Bu da mikroorqanizmlərin, xüsusilə də, göbələklərin daha dəyərli tədqiqat obyekti olması fikrini bir daha sübut edir. Belə ki, mikroorqanizmlərdən alınan lipolitik fermentlərin bazar dəyəri “2018-ci ildə 425 mln ABŞ dolları olmuş və bu rəqəmin yaxın onillikdə 590 mln dollardan çox olacağı proqnozlaşdırılır. Bu inkişafda isə mikromisetlərin rolu sözsüz ki, əvəzolunmazdır”⁴. Qısa şəkildə ifadə etsək, “mikromisetlərdən alınan lipolitik fermentlər digər produsentlərdən ferment sintezinin ekstrasellulyar olması; müxtəlif tip yağları parçalaması sayəsində substrat seçiciliyinin daha aşağı olması; bakteriyalar kimi mikromisetlərin də yetişdirilməsinin asanlığı; yüksək fəallıq və sabitlik (pH və temperaturun dəyişkənliyinə daha tolerant olmaları) və mikromisetlər arasında bakteriyalarla müqayisədə patogen növlərin sayının daha az olması onları daha yaxşı alternativlər edir”^{5,6}.

Dünya üzrə göbələk lipazalarının tədqiqi istiqamətdə bir sıra tədqiqatlar aparılmışdır. Belə ki, həm “göbələklərdən alınan

¹ Mehta, A., Bodh, U., & Gupta, R. Fungal lipases: a review// Journal of Biotech Research, -2017. 8, -p. 58-77.

² Nimkande, V. D., & Bafana, A. A review on the utility of microbial lipases in wastewater treatment// Journal of Water Process Engineering, -2022. 46, 102591.

³ <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/enzymesindustry>.

⁴ Chandra, P., Enespa, Singh, R., & Arora, P. K. Microbial lipases and their industrial applications: a comprehensive review// Microbial cell factories, -2020. 19, -p. 1-42.

⁵ Kumar, A., Verma, V., Dubey, V. K. Et al. Industrial applications of fungal lipases: a review// Frontiers in Microbiology, -2023, 14, -p. 1142536.

⁶ Dab, A., Hasnaoui, I., Mechri, S. et al. Biochemical characterization of an alkaline and detergent-stable Lipase from *Fusarium annulatum* Bugnicourt strain CBS associated with olive tree dieback// Plos one, -2023, 18(5), e0286091. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0286091>

lipolitik fermentlərin müxtəlif istiqamətlərdə tətbiqinə”⁷, mikromisetlərdən “*lipolitik ferment biopreparatlarının alınmasına*”⁸, həm də “*ferment sintezinin optimallaşdırılmasına*”⁹ aid bəzi tədqiqat işləri olsa da, əfsuslar olsun ki, bu fikiri Azərbaycan Respublikası üçün söyləmək mümkün deyildir. Bu tip, yəni sırf mikromisetlərdən alınan lipolitik fermentlərin bu qədər geniş tətqiqi indiyə qədər aparılmamışdır. Bu günə qədər, sadəcə mikromisetlərdən alınan lipolitik fermentlərlə bağlı Respublikada azsaylı, pərakəndə tədqiqatlar aparılmış, lakin bu tədqiqat işlərində belə fermentin tətbiq edilməsinə aid məlumatlar verilməmişdir. Yəni, heç vaxt bu mövzu və fermentin konkret tətbiqedilməsi üzrə geniş miqyaslı tədqiqatlar aparılmamışdır.

Lipazanın bu qədər geniş tətbiq sahəsinin olmasına baxmayaraq, hətta dünyada belə bu fermentin öyrənilməsi lazımı səviyyədə deyil. Həmişə bu mövzuda, yəni mikromisetlərdə lipolitik fermentlərin sintezinin fizioloji-biokimyəvi və mikrobioloji tənzimlənməsinin mexanizmi məsələsində, neftlə çirkələnmiş torpaqların bioremediasiyası və çirkab sularının bioloji təmizlənməsində daha yaxşı ştamların axtarışı və tətbiqi istiqamətində ciddi elmi mübahisələr getmişdir. Düzdür, dünyada fermentin tətbiq sahəsi üzrə bəzi inkişaf etmiş ölkələrdə bir sıra tədqiqatlar aparılmışdır və yüksək fəallığa malik ştamlar çirkli suların təmizlənməsində və neftlə çirkələnmiş torpaqların bioremediasiyada istifadə edilir. Lakin, həmin ştamlar və ferment preparatları sözügedən ərazilərin fiziki-coğrafi, ekoloji şəraitinə adaptiv olduğu üçün istər bizim regionda, istərsə də başqa regionda eyni effektivliyi göstərmir və bu tip işlər bizim respublikamız üçün yenidir.

⁷Cesário, L. M., Pires, G. P., Pereira, R. F. S. et al. Optimization of lipase production using fungal isolates from oily residues// BMC biotechnology, -2021. 21, -p. 1-13.

⁸Fatima, S., Faryad, A., Ataa, A. et al. Microbial lipase production: A deep insight into the recent advances of lipase production and purification techniques// Biotechnology and applied biochemistry, -2021. 68(3), -p. 445-458.

⁹Fahim, Y. A., El-Khawaga, A. M., Sallam, R. M. et al. A review on Lipases: sources, assays, immobilization techniques on nanomaterials and applications// BioNanoScience, -2024. -p. 1-18.

Tədqiqatın obyektı və predmenti. Tədqiqatın obyektı və predmeti Azərbaycan Respublikasının neftlə çirklənmiş torpaqlarından ayrılan mikromisetlər və onların lipolitik fermentləridir.

Tədqiqatın məqsəd və vəzifələri. Təqdim olunan dissertasiya işinin məqsədi Azərbaycan Respublikasının neftlə çirklənmiş torpaqlarında yayılan mikromisetlərin lipolitik aktivliyinin qiymətləndirilməsi və tətbiq sahələrinin müəyyənləşdirilməsi olmuşdur.

Qarşıya qoyulmuş məqsədə müvafiq olaraq aşağıdakı vəzifələrin həlli məqsədmüvafiq hesab edilmişdir:

- Azərbaycan Respublikasının neftlə çirklənmiş torpaqlarının mikobiotasının növ tərkibinə görə qiymətləndirilməsi, mikromisetlərin təmiz kulturalarından ibarət kolleksiyanın yaradılması;

- Tədqiq edilən ərazilərdən ayrılan mikromisetlərin və neftlə çirklənmiş torpaqların fitotoksiki aktivliyinin müqayisəli tədqiqi;

- Tədqiqat ərazilərindən ayrılan mikromisetlərin lipolitik aktivliyə əsasən skrininginin aparılması;

- Skrining nəticəsində aktiv produsent kimi seçilən ştamlarda ferment sintezinin intensiv baş verməsi üçün optimal şəraitin tapılması, onlarda ferment sintezinin fizioloji əsaslarının tədqiqi;

- Aktiv produsentlərdən ferment preparatlarının alınması və onların tətbiq sahələrinin dəqiqləşdirilməsi.

Tədqiqat metodları. Tədqiqat ərazilərindən torpaq nümunələrinin götürülməsi, həmin nümunələrin əkini, mikromisetlərin izolyasiyası, onların təmiz kulturaya çıxarılması hal-hazırda dünyada və respublikamızda istifadə edilən mikrobiologiya, mikologiya və torpaqşünaslıqda qəbul edilmiş klassik metodlara əsasən aparılmışdır. Mikromisetlərin lipolitik aktivliyə əsasən ilkin skriningi bərk fazalı fermentasiya mühitində Tween-20 maddəsindən istifadə edilməklə, əsas skrining isə titrimetrik üsula görə aparılmışdır. Həmçinin, tədqiqatlar zamanı istifadə etdiyimiz cihaz və avadanlıqların dəqiqliyi, eyni zamanda reaktivlərin təmizlik dərəcəsi tələb olunan səviyyədə olmuşdur.

Tədqiqatlar zamanı bütün təcrübələrin dörd təkrarda qoyulması, həm eksperimentlərin düzgünlüyünə əminlik yaratmış, həm də nəticələrin statistik işlənməsinə imkan vermişdir.

Dissertasiyanın müdafiəyə təqdim olunan müddəaları.

- Torpağın fitotoksiki aktivliyinin formalaşması həm çirklənmənin mənbəyi, həm də orada məskunlaşan göbələklərin hesabına formalaşır;

- Mikromisetlərdə fitotoksiki aktivliyinin yüksək olması onların, sadəcə texniki məqsədli suların təmizlənməsində istifadə olunmasına imkan yaradır;

- Qidalı mühitin tərkibinin kəmiyyət və keyfiyyətə dəyişdirilməsi, mikromisetlərdə ferment sintezinin keyfiyyətinə deyil, sadəcə kəmiyyətinə təsir edir;

- Mikromisetlərdə lipolitik fermentlərin sintezinə karbon mənbəyinin təsiri onun sintezinin induktiv yolla baş verməsini, katabolitik represiyaya ilə nəzarət olunmasını demək üçün əsasdır.

Tədqiqatın elmi yeniliyi. Aparılmış tədqiqatlarda Azərbaycan Respublikasının neftlə çirklənmiş torpaqlarının göbələk biotası növ tərkibinə görə tədqiq edilmişdir. Nəticədə tədqiqat ərazisi kimi seçilmiş Balaxanı, Binəqədi, Səbail və Suraxanı rayonlarında yerləşən 24 neft buruğunun ətrafındakı neftlə çirklənmiş ərazilərindən götürülmüş 96 nümunədən 129 mikromiset ştamını təmiz kulturaya çıxarılmışdır. Mikromisetlərin identifikasiyası zamanı onların 3 şöbə (Ascomycota, Mortierellomycota, Mucoromycota), 13 fəsilə, 16 cinsə aid 38 növdə toplandığı müəyyən olunmuşdur ki, bu növlərdən bəzilərinin Azərbaycan təbiətində (*Orbilia oligospora* və *Pirella circinan*), bəzilərinin isə neftlə çirklənmiş tədqiqat ərazilərində (21 növ) yayılmasına ilk dəfə rast gəlinir.

Neftlə çirklənmiş torpaqların və oradan ayrılan göbələklərin fitotoksiki aktivliyinin tədqiq zamanı aydın olmuşdur ki, torpaqların fitotoksiki aktivliyinin formalaşmasında həm neft və neft məhsulları, həm də orada məskunlaşan göbələklər iştirak edir ki, göbələklərin də bir-birindən fitotoksiki aktivliyin göstəricisinə görə fərqlənirlər. Belə ki, *Aureobasidium pullulans* (3%), *Torula*

herbarum (2%) və *Pirella circinan* (3%) kimi göbələklərdə zəif, *Fusarium oxysporum* (56%), *F.verticillioides* (48%), *Penicillium chrysogenum* (44%) kimi göbələklərdə isə yüksək fitotoksiki aktivlik müşahidə olunur. Göbələklərin bir çoxu isə orta dərəcəli fitotoksiki aktivliyə (7-29%), *Trichoderma* cinsinə aid göbələklər isə stimulyasiya aktivliyinə malikdir.

Müəyyən edilmişdir ki, neftlə çirklənmiş torpaqlardan ayrılan göbələk şamlarının heç də hamısı lipolitik aktivliyə malik deyil, lakin *Aspergillus niger* AA-17, *Pencillium glabrum* AA-76 və *Rhizopus stolonifer* AA-82 kimi göbələklər lipolitik fermentləri aktiv şəkildə sintez etmələrinə görə digərlərindən fərqlənirlər.

Aspergillus niger AA-17 göbələyinin nümunəsində lipolitik fermentlərin sintezinin optimallaşdırılması nəticəsində mövcud Çapek mühitinin tərkibi həm kəmiyyətə, həm keyfiyyətə modifikasiya edilərək yeni mühit yaradılmışdır ki, bu da göbələyin həmin şəraitdə də lipazanı induktiv sintez etməsi müəyyən edilmiş və ilkin götürülən mühitə göstərdiyi aktivliyin isə 51%-ə kimi yüksəldilməsinə imkan vermişdir.

Lipolitik fermentlərin aktiv produsenti kimi seçilmiş *Aspergillus niger* AA-17, *Pencillium glabrum* AA-76 və *Rhizopus stolonifer* AA-82 göbələkləri neftlə çirklənmiş torpaqların təmizlənməsində istifadə imkanları hazırlanmış laboratoriya modelində yoxlanılmış və onlardan *Aspergillus niger* AA-17 göbələyinin istifadəsinin daha yaxşı nəticələr verməsi müəyyən olunmuşdur. Eyni zamanda bu ştamın texniki məqsədli çirkli suların təmizlənməsində istifadəsinin effektiv olması da eksperimental şəkildə təsdiqini tapıbdir.

Tədqiqatın nəzəri və praktiki əhəmiyyəti. Neftlə çirklənmiş torpaqlarda yayılmış mikromisetlərin növ müxtəlifliyinin müəyyən olunması ilə bağlı alınan nəticələrdən gələcəkdə ölkə ərazisində yayılmış mikromisetlərin atlasının və ya yerli mikobankın və dərs vəsaitinin hazırlanması zamanı istifadə edilə biləcək praktiki materialdır.

Tədqiqatların gedişində izolyasiya edilmiş şamlar neftlə çirklənmiş torpaqların bioremediasiyasında və texniki məqsədli

çirkli suların bioloji təmizlənməsində istifadə edilmə imkanlarına malikdir. Bunun üçün laboratoriya şəraitində prosesin elmi-metodiki-praktiki reqlamentinin hazırlanması da mövcud tədqiqat işinin nəticələrinin, daha dəqiqi hazırlanan biopreparatların bu tipli çöl işlərində tətbiqini mümkün edir. Eyni zamanda bizim təbii şamlar gələcəkdə lipolitik fermentlərin sintezinin genetik əsaslarda artırılması üçün rekombinat şamların alınması zamanı da istifadə edilə bilərlər.

Nəşr və dissertasiyanın aprobasiyası və tətbiqi. Dissertasiyanın mövzusunə aid 12 elmi əsər dərc edilmişdir ki, onun da 5 elmi məqalə, tezis və ya konfrans materialıdır. Dissertasiyanın materialları “Ekologiya: təbiət və cəmiyyət problemləri” mövzusunda IV Respublika konfransında (Bakı, 2023), “Elm və Təhsil” mövzusunda Beynəlxalq konfransda (Rusiya F., Penza, 2023 və 2023), Doktorantların və Gənc Tədqiqatçıların XXVI Respublika Elmi Konfransında (Bakı, 2024), “Ətraf mühitin mühafisəsi üçün innovativ biotexnologiya: nəzəriyyədən praktikaya” mövzusunda I Beynəlxalq elmi-praktiki konfransda (Belarusiya R., Minsk, 2024), “Azərbaycanda ətraf mühitin sağlamlaşdırılmasında Ümummilli Lider Heydər Əliyevin rolu” mövzusunda elmi-praktiki konfransda (Bakı, 2024), “Mikrobiologiya, biotexnologiya və biomüxtəlifliyin aktual problemləri” mövzusunda Beynəlxalq konfransda (Qazaxıstan R., Astana, 2024) məruzə edilmişdir.

Dissertasiya işinin yerinə yetirildiyi təşkilat. Dissertasiya işi AR ETN Mikrobiologiya İnstitutunun Mikrobioloji biotexnologiya laboratoriyasında yerinə yetirilmişdir.

Dissertasiyanın strukturu və həcmi. Dissertasiya işi girişdən, ədəbiyyat icmalından (Fəsil I), material və metoddan (Fəsil II), eksperimental hissədən (Fəsil III və IV), Tədqiqatların yekun təhlilindən, əsas nəticələrdən, praktiki tövsiyələrdən, istifadə edilmiş ədəbiyyat və ixtisarlara siyahısından ibarətdir. Bütün bunlar da ümumilikdə 235060 işarədən ibarətdir.

FƏSİL I

NEFTLƏ ÇİRLƏNMİŞ TORPAQLARDA YAYILAN GÖBƏLƏKLƏR VƏ ONLARDA LİPOLİTİK FERMENTLƏRİN SİNTEZİNİN FİZİOLOJİ ƏSASLARININ ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Dissertasiyanın 1.1 və 1.2-ci bölmələrində Azərbaycan Respublikasının neftlə çirklənmiş torpaqları, onların ümumi xarakteristikası və neftlə çirklənmiş torpaqların fiziki, kimyəvi və bioloji remediya, 1.3-cü bölməsində Azərbaycanda neftlə çirklənmiş ərazilərin göbələk biotasının tədqiqi və həmin ərazilərdən ayrılmiş mikromisetlərin fermentativ aktivliyi, 1.4-cü bölməsində isə lipolitik fermentlərin əhəmiyyətinə, mikromisetlərdə fermentin sintezinin fizioloji tənzimlənməsinə və müxtəlif mənbələrdən alınmış lipolitik fermentlərə, onların tətbiq sahələrinə aid ədəbiyyat məlumatlarının analizinə yer ayrılıb.

FƏSİL II

MATERIAL VƏ İŞİN METODİKASI

2.1. Tədqiqat aparılan ərazilərin ümumi xarakteristikası

Tədqiqatlar 2022-2024-cü illərdə Bakı və Abşeron yarımadasının Binəqədi, Səbail, Balaxanı, Suraxanı rayonlarının neftlə çirklənmiş torpaqlarında aparılmışdır. Bu məqsədlə həmin ərazilərdə yerləşən 24 neft buruğunun (N – 352690, 360725, 362685 və s.) ətrafından 96 torpaq nümunəsi götürülmüşdür. Hər neft buruğundan 4 nümunə götürülmüşdür ki, nümunələrdən biri neftin axıldığı hissədən, qalan üçü isə uyğun olaraq buruqdan 1-1,5 m, 25 m və 100 m uzaqlıqda olmaqla 0–20 sm dərinlikdən götürülmüşdür.

2.2. Analiz üçün istifadə edilən metod və yanaşmalar

Tədqiqat ərazisindən nümunələrin götürülməsi, göbələklərin ayrılması və təmiz kulturaya çıxarılması mikrobiologiyada və

mikologiyada qəbul olunmuş “*məlum metodlara*”^{10,11} əsasən aparılmış və təmiz kulturalar alınmışdır. Kulturaların təmizliyinə mikroskopla (OMAX 40X-2500X LED Digital Lab Trinocular Compound Microscope) nəzarət edilmişdir. Qidalı mühit olaraq aqarlaşdırılmış səməni şirəsi (ASŞ), Saburo aqarı, aqarlaşdırılmış Çapek və kartoflu aqar qidalı mühitlərindən istifadə edilmişdir.

Ayrılan ştamların identifikasiyası “*kultural-morfoloji və fizioloji əlamətlərə əsasən tərtib edilən məlum təyinedicilərdən*”^{12,13,14,15,16} istifadə edilməklə həyata keçirilmişdir.

Göbələklərin lipolitik aktivliyə görə skrininqi zamanı işə becərmə duru Çapek mühitində 28⁰C temperaturda dərin becərmə şəraitində (200 dövr/dəq) 5 gün müddətinə həyata keçirilmişdir.

Lipolitik aktivliyin təyini uyğun metoda əsasən aparılmış və bu zaman lipazanın aktivliyi (LS) aşağıda verilən “*formulaya*”¹⁷ əsasən hesablanır:

$$LS = AT \times (50/B)$$

burada da A – təcrübə və nəzarət məhlulların titr fərqləri, T – qələvinin titri, B – fermentin miqdarı (q/ml³).

Aktivlik vahidi kimi fermentin zeytun yağını 40%-li emulsiyasından 1 saat müddətinə pH 7,0 və 37⁰C-də 1 mkmol olein turşusunu hidroliz edən miqdarı qəbul edilir. Fermentin aktivliyi mkmol.dəq⁻¹ml⁻¹(bv.ml⁻¹) ilə ifadə olunmuşdur.

¹⁰Билай В.И. Методы экспериментальной микологии. Киев: Наукова думка, 1982, -с. 500.

¹¹Нетрусов, А.И., Егорова, М.А. Захарчук, Л.М. и др. Практикум по микробиологии. М.: Изд-во «Академия», -2005. -с. 608.

¹²Билай, В.И. Коваль Э.З.Аспергиллы. -Киев: Наукова думка, -1988, -с. 204.

¹³Билай, В.И. Фузариин/ В.И.Билай. -Киев: Наукова думка, -1977, -с. 443.

¹⁴Ellis, M.B., Ellis, J.P. Microfungi on Land plants. An identification Handbook. -London:Helm, -1987. -p. 819.

¹⁵Kirk, P.M., Cannon, P.F., Minter D.W. et al. Dictionary of the fungi. 10-th edition. -UK, -2008. -p. 747.

¹⁶Саттон, Д. Определитель патогенных и условно-патогенных грибов / Д. Саттон, А. Фотергил, М. Ринальди. – М.: Мир, -2001. -с. 468.

¹⁷Лабораторный практикум по технологии ферментных препаратов. М. Легкая и пищ. пром., -1980. -с. 75-76.

Mikromisetlərin fitotoksiki aktivliyinin və *Trichoderma* cinsinə aid olan mikromisetlərin biostimullaşdırma aktivliyi də “məlum metod və yanaşmalara”^{18,19} əsasən aparılmışdır.

Mikromisetlərin nefti biodeqradasiya etməsinə əsasən ilkin seçimi “*Hansonun metoduna*”^{20, 21} əsasən aparılmışdır.

Göbələklərin neftə tolerantlığının müəyyən olunması Bushnell-Hans qidalı mühitinə aqar və 1 %, 5% və 10% miqdarında xam neft əlavə etməklə aparılmışdır. Bir Petri qabına neft əlavə edilməmişdir və göbələyin oradakı inkişafı nəzarət (kontrol) olaraq qəbul edilmişdir, 28⁰ C temperaturda 7 gün müddətinə termostata qoyulmuşdur. “*İnkişafdan sonra nəzarətə (100% kimi qəbul edilərək) nisbətən göbələklərin böyüməsi %-lə qiymətləndirilmişdir*”²².

Çirkli suların təmizlənməsində “*öncəki tədqiqatlarımızda istifadə etdiyimiz metod bir qədər dəyişdirilmişdir.*”²³

Optimal mühitin tapılması üçün kontrol və əsas baza olaraq

¹⁸ Varejão, E. V., Demuner, A. J., Barbosa, L. C., & Barreto, R. W. The search for new natural herbicides–Strategic approaches for discovering fungal phytotoxins// Crop Protection, -2023. 48, -p. 41-50. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2013.02.008>

¹⁹ Бахшалиева К.Ф., Гусейнова Г. Н., Гудратова Ф.Р., Мохоммади С.Д.М., Эфенди У.А. Видовое разнообразие распространенных в Азербайджане грибов и их фитотоксическая активность// Серия: Естественные и технические науки, -2023. 4(2), -с. 7-13.

²⁰ Hanson, K. G., Desai, J. D., & Desai, A. J. A rapid and simple screening technique for potential crude oil degrading microorganisms// Biotechnology techniques, -1993. 7, -p. 745-748.

²¹ Benguenab, A., & Chibani, A. Biodegradation of petroleum hydrocarbons by filamentous fungi (*Aspergillus ustus* and *Purpureocillium lilacinum*) isolated from used engine oil contaminated soil// Acta Ecologica Sinica, -2021. 41(5), -p. 416-423. <https://doi.org/10.1016/j.chnaes.2020.10.008>

²² Gaur, V. K., Tripathi, V., & Manickam, N. Bacterial-and fungal-mediated biodegradation of petroleum hydrocarbons in soil// In Development in Wastewater Treatment Research and Processes, -2022. -p. 407-427. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85839-7.00008-6>

²³ Ahmadli, A. Biodegradation of petroleum hydrocarbons by fungi strains of *Aspergillus* sp.-17, *Rhizopus* sp.-81, *Penicillium* sp.-94 isolated from oil-contaminated soils of Azerbaijan// In BIO Web of Conferences, -2024. v. 100, -p. 02007. EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410002007>

Çapek qidalı mühiti götürülmüşdür (25⁰C-də 7.0 pH). Əkin üçün *A.niger* AA-17 ştamının 5 günlük kulturasından istifadə edilmişdir.

Karbon mənbəsi. Tədqiqatlar zamanı Çapek mühiti baza mühit kimi istifadə olunmaqla bu zaman qlükoza, fruktoza, maltoza, laktoza (30 q/l) və hər birinin miqdarını 28 q/l götürməklə üzərinə zeytun yağı (2 q/l) əlavə edilmiş olaraq istifadə edilmişdir.

Azot mənbəsi. Becərlmə zamanı natrium nitrat, amonium nitrat, pepton, maya ekstraktı kimi azot mənbələrindən istifadə edilmişdir. Onların mühitdəki miqdarı azota görə hesablanmışdır.

Səthi aktiv maddələr. Səthi aktiv maddə kimi qidalı mühitin tərkibinə 1; 2; 3; 4; 5 q/l miqdarında Tween 20 əlavə edilmişdir.

Mühitin pH-nın fermentin sintezinə təsirinin qiymətləndirilməsi 5-9, temperatur isə 20-40⁰C diapozonlarında qiymətləndirilmişdir.

Tədqiqatlarda bütün təcrübələr ən azı 4 təkrarda qoyulmuşdur və alınan nəticələr “statistik”²⁴ işlənmişdir.

FƏSİL III

AZƏRBAYCANIN NEFTLƏ ÇİTKLƏNMİŞ TORPAQLARININ GÖBƏLƏK BİOTASINA GÖRƏ QİYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ (ABŞERON YARIMADASI NÜMUNƏSİNDƏ)

3.1. Neftlə çirklənmiş ərazilərin göbələk biotasının növ tərkibinə görə qiymətləndirilməsi

Tədqiqat aparılan ərazilərdə yerləşən 24 neft buruğunun ətrafından götürdüyümüz 96 nümunənin analizi nəticəsində həqiqi göbələklərə (Fungi) aid 129 mikromiset ştamı təmiz kulturaya çıxarılmışdır. Həmin kulturaların növ tərkibinin müəyyənləşdirilməsi zamanı onların 16 cinsə 38 növ növə aid olması müəyyən olundu (cəđ. 1). Göründüyü kimi təmiz kulturaya

²⁴ Методы статистической обработки медицинских данных: Методические рекомендации для ординаторов и аспирантов медицинских учебных заведений, научных работников /А.Г. Кочетов, О.В. Лянг., В.П. Масенко, и др. – М.: РКНПК, -2012. -42 с.

çıxarılmış ştamların 66,66%-i üç cinsə *Aspergillus*, *Penicillium*, *Mucor* cinsələrinə aiddir ki, onlar da tədqiq edilən ərazilərin dominant növləri olub, ərazidəki mikromiset biotasının nüvəsini təşkil edirlər.

Cədvəl 1

Tədqiqat edilən ərazilərdən ayrılan ştamların cinslər üzrə paylanması

Cins	Ştam sayı	Ümumidə payı	Ümumi
<i>Penicillium</i>	43	33,33%	66,66%
<i>Aspergillus</i>	29	22,48%	
<i>Mucor</i>	14	10,85%	
<i>Rhizopus</i>	8	6,2%	33,34%
<i>Talaromyces</i>	5	3,87%	
<i>Trichoderma</i>	5	3,87%	
<i>Fusarium</i>	4	3,1%	
<i>Curvularia</i>	3	2,32%	
Digər	18	10,85%	

Ayrı-ayrı cinslər üzrə göbələklərin paylanmasına gəlincə, aydın oldu ki, *Penicillium* cinsinə aid 12 (*P.aurantiogriseum*, *P.canescens*, *P.chrysogenum*, *P.citrinum*, *P.cyclopium*, *P.decumbens*, *P.glabrum*, *P.janthinellum*, *P.jensenii*, *P.lanosum*, *P.oxalicum* və *P.restrictum*), *Aspergillus* cinsinə aid 6 (*A.flavus*, *A.niger*, *A.ochraceus*, *A.versicolor*, *A.austus* və *A.terreus*), *Mucor* cinsinə aid 3 (*M.circinelloides*, *M.hiemalis* və *M.indicus*), *Talaromyces* cinsinə aid 2 (*T.funiculosus* və *T.purpureogenus*), *Fusarium* cinsinə aid 2 (*F.oxysporum* və *F.verticillioides*), *Trichoderma* cinsinə aid 2 (*T.koningii* və *T.longibrachiatum*) və *Rhizopus* cinsinə aid isə 2 (*Rh. arrhizus* və *Rh. stolonifer*) növ identifikasiya edilmişdir. Yerdə qalan 9 cinsin hər biri 1 növlə təmsil olunur.

3.2. Fitotoksik aktivliyin müəyyən olunması

Tədqiqatlarda qeydə alınan göbələklərin fitotoksiki aktivliyinin müəyyən edilməsi zamanı aydın oldu ki, *Fusarium oxysporum*, *F.verticillioides*, *P.chrysogenum*, *P.citrinum* və *P.cyclopium* kimi

növlər nisbətən yüksək göstəricilərlə (40-56%) xarakterizə olunur (cədv. 2). *Aureobasidium pullulans*, *Pirella circinan* və *Torula herbarum* kimi göbələklərdə isə fitotoksiki aktivlik zəif şəkildə (2-3%) müşahidə olunur. Qalanlarının fitotoksiki aktivliyi isə 7-29% olub orta dərəcəli fitotoksiki aktivliklə xarakterizə olunurlar. *Trichoderma* cinsinə aid 2 növdə isə nəinki fitotoksiki aktivlik müşahidə olunur, əksinə müəyyən dərəcədə toxumların cücərmə qabiliyyətində yüksəlmə müşahidə olunur (şək. 1). Göründüyü kimi, distillə suyunda 50 dəfə durulaşdırılmış kultural məhlulla isladılmış buğda toxumlarının cücərmə qabiliyyəti kontrola nəzərən 5,6% (*T.koningii*) və 2,3% (*T.longibrachiatum*) yüksəlibdir.

Cədvəl 2

Tədqiqatlarda qeydə alınan göbələk növlərinin fitotoksik aktivliyi

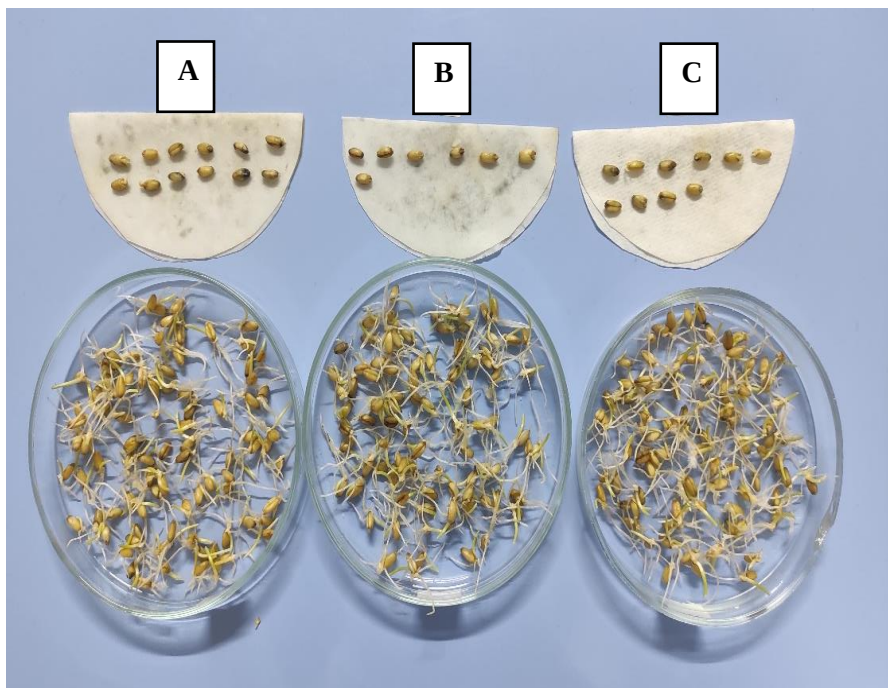
N	Növün elmi adı	Məsafə*	FTA	NÇT
1	2	3	4	5
1	<i>Alternaria atra</i>	100	18	-
2	<i>Aspergillus flavus</i>	Ç*	25	+
3	<i>Aspergillus niger</i>	Ç	23	+
4	<i>Aspergillus ochraceus</i>	100	17	+
5	<i>Aspergillus terreus</i>	Ç	18	+
6	<i>Aspergillus ustus</i>	1-1,5	22	+
7	<i>Aspergillus versicolor</i>	1-1,5	20	+
8	<i>Aureobasidium pullulans</i>	25	3	+
9	<i>Cladosporium herbarum</i>	25	11	-
10	<i>Curvularia lunata</i>	100	23	+
11	<i>Fusarium oxysporum</i>	Ç	56	-
12	<i>Fusarium verticillioides</i>	Ç	48	-
13	<i>Mortierella alpina</i>	25	15	+
14	<i>Mucor circinelloides</i>	1-1,5	23	+
15	<i>Mucor hiemalis</i>	Ç	22	+
16	<i>Mucor indicus</i>	1-1,5	17	-
17	<i>Orbilialia oligospora</i>	25	12	-
18	<i>Paecilomyces variotii</i>	1-1,5	7	-
19	<i>Penicillium aurantiogriseum</i>	1-1,5	27	-
20	<i>Penicillium canescens</i>	1-1,5	25	-

Cədvəl 2-nin davamı

1	2	3	4	5
21	<i>Penicillium chrysogenum</i>	Ç	44	+
22	<i>Penicillium citrinum</i>	Ç	40	+
23	<i>Penicillium cyclopium</i>	1-1,5	41	+
24	<i>Penicillium decumbens</i>	25	26	+
25	<i>Penicillium glabrum</i>	100	19	-
26	<i>Penicillium janthinellum</i>	100	21	-
27	<i>Penicillium jensenii</i>	25	23	-
28	<i>Penicillium lanosum</i>	1-1,5	29	-
29	<i>Penicillium oxalicum</i>	100	24	+
30	<i>Penicillium restrictum</i>	25	19	-
31	<i>Pirella circinan</i>	100	3	-
32	<i>Rhizopus arrhizus</i>	25	11	-
33	<i>Rhizopus stolonifer</i>	100	9	-
34	<i>Talaromyces funiculosus</i>	25	22	-
35	<i>Talaromyces purpureogenus</i>	1-1,5	18	-
36	<i>Torula herbarum</i>	100	2	+
37	<i>Trichoderma koningii</i>	25	-	-
38	<i>Trichoderma longibrachiatum</i>	25	-	-

Qeyd. *Məsafə- nümunənin götürülmə yerinin neft buruğuna qədər olan məsafə (m), Ç-birbaşa neft gölməcəsindən götürülmüş torpaq nümunəsi; FTA- fitotoksiki aktivlik; NÇT- neftlə çirklənmiş torpaqlarda öncəki tədqiqatlarda tapılması (+) və tapılmaması (-)

Qeyd etmək lazımdır ki, qeydə alınan göbələk növlərindən 2 (*Orbilial oligospora* və *Pirella circinan*) növü Azərbaycan təbiəti üçün yeni olduğu halda, 21 növ Azərbaycan şəraitində neftlə çirklənmiş torpaqlarda ilk dəfə qeydə alınır.



Şəkil 1. Stimullaşdırma aktivliyinin müəyyən olunması.
A – kontrol, B – *T.koningii*, C – *T.longibrachiatum*

3.3. Növlərin annotasiya olunmuş siyahısı

Tədqiqatlarda qeydə alınan göbələk növlərinin annotasiya edilmiş siyahısında onların hazırkı taksonomik aidıyatı və adı əsasında tərtib edilibdir ki, qeydə alınan göbələklərin taksonomik aidıyyatı sayca 3-cü cədvəldə verilir (cədv. 3).

Cədvəl 3

Növlərin taksonlarda paylanması. (N/S- növ sayı; Ş/S-ştam sayı)

Şöbə	Sinif	Sıra	Fəsilə	Cins	N/S	Ş/S
Ascomycota	Pezizo- mycotina	Pleosporales	Pleosporaceae	Alternaria	1	2
				Curvularia	1	3
		Hypocreales	Hypocreaceae	Aspergillus	6	29
				Trichoderma	2	5
			Nectriaceae	Fusarium	2	4
		Dothideales	Sacrotheciaceae	Aureobasidium	1	2
		Cladosporiales	Cladosporiaceae	Cladosporium	1	3
		Orbiliales	Arthrobotryaceae	Orbilialia	1	1
		Eurotiales	Thermoascaceae	Paecilomyces	1	3
				Talaromyces	2	5
			Aspergillaceae	Penicillium	12	43
			Torulaceae	Torula	1	2
Mortierellomycota	Mortierello- mycotina	Mortierellales	Mortierellaceae	Mortierella	1	3
Mucoromycota	Mucoro- mycotina	Mucorales	Mucoraceae	Mucor	3	14
			Thamnidaceae	Pirella	1	2
			Rhizopodaceae	Rhizopus	2	8
Cəmi:					38	129

FƏSİL IV

NEFTLƏ ÇİRLƏNMİŞ TORPAQLARDAN AYRILAN GÖBƏLƏKLƏRDƏ LİPOLİTİK FERMENTLƏRİN SİNTEZİNİN FİZİOLOJİ TƏNZİMLƏNMƏSİ

4.1. Neftlə çirklənmiş torpaqlardan ayrılan göbələk ştamlarının lipolitik aktivliyə görə qiymətləndirilməsi və aktiv produsentlərin seçilməsi

Azərbaycanda yayılan mikroorqanizmlərin lipolitik fermentlərin produsenti kimi tədqiqi əhatəli hesab edilmir. Buna görə də neftlə çirklənmiş torpaqlardan ayrılmış göbələklər lipolitik aktivliyə əsasən qiymətləndirilmişdir (cədv.4).

Cədvəl 4

Ayrılan göbələklərin lipolitik aktivliyə görə qiymətləndirilməsi

Nö	Cins	Ştamların sayı (aktiv), ədəd	Ümumidə payı, %	Aktivlik (bv/ml)
1	<i>Alternaria</i>	2 (1)	50	6340
2	<i>Aspergillus</i>	29 (23)	79	5330-11300
3	<i>Aureobasidium</i>	2 (2)	100	4580-6500
4	<i>Cladosporium</i>	3 (2)	67	1700-3420
5	<i>Curvularia</i>	3 (1)	33	8050
6	<i>Fusarium</i>	4 (3)	75	2100-4500
7	<i>Mortierella</i>	3 (3)	100	3670-7960
8	<i>Mucor</i>	14 (12)	86	2560-7950
9	<i>Orbilia</i>	1 (1)	100	5830
10	<i>Paecilomyces</i>	3 (2)	67	5750-8239
11	<i>Penicillium</i>	43 (32)	74	3420-10170
12	<i>Pirella</i>	2 (1)	50	7140
13	<i>Rhizopus</i>	8 (8)	100	4680-10220
14	<i>Talaromyces</i>	5 (3)	60	3880-8420
15	<i>Torula</i>	2 (2)	100	3490-5320
16	<i>Trichoderma</i>	5 (3)	60	2340-2643
Cəmi		129	100	1700-11300

Alınan nəticələrdən aydın oldu ki, göbələk şamlarının heç də hamısı lipolitik aktivliyə (hüceyrə xarici) malik deyil. Göründüyü kimi, lipolitik aktivliyə malik olan şamların ayrı-ayrı cinslər üzrə paylanmasının minimal kəmiyyət göstəricisi 33,3%, maksimal göstəricisi isə 100% təşkil edir. Lakin bu göstərici ilə aktivlik səviyyəsi arasında aydın ifadə olunmuş mütənasiblik müşayət olunmur. Belə ki, aktivliyə görə maksimal göstərici *Aspergillus* cinsinə aid ştamda müşayət olunduğu halda, lipolitik aktivliyə malik olan ştam sayına görə isə *Rhizopus* cinsinə aid şamlara məxsusdur. Qeyd edilənlərə baxmayaraq, tədqiqatların bu mərhələsinin yekununda aktiv produsent kimi 3 ştamın seçilməsi məqsədəuyğun hesab edilmişdir ki, bunlar *A.niger*-17, *P.glabrum*-81 və *Rh.stolonifer*-94 şamları olmuşdur. Belə bir seçimin edilməsinin yeganə səbəbi qeyd edilən şamların aktivlik göstəricisinin yerdə qalan şamların hamısından yüksək olması idi.

4.2. Seçilmiş aktiv produsentlərdə lipolitik fermentlərin sintezinə fizioloji amillərin təsirinin qiymətləndirilməsi və optimal mühitin seçilməsi

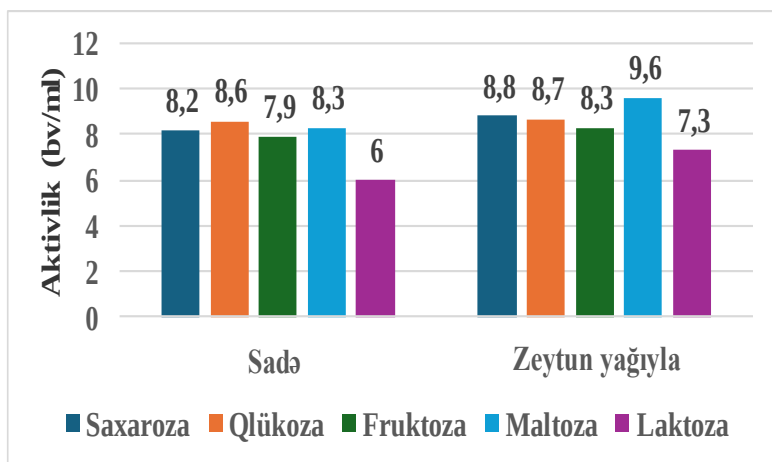
Məlumdur ki, mikromisetlərdə lipolitik fermentlərin sintezinə və sintez olunan fermentin katalitik aktivliyinə mühit amilləri də təsir edir ki, bu parametrlərin kəmiyyət və keyfiyyət göstəricilərini dəyişməklə ferment sintezini əhəmiyyətli şəkildə artırmaq mümkündür.

Bu səbəbdən yüksək lipolitik aktivliyə malik şamlar içərisindən, ən yüksək aktivliyə malik, *Aspergillus niger* AA-17 göbələyinin nümunəsində sintezin tənzimlənməsinin fizioloji əsasları və maksimal sintez üçün isə mühitin optimallaşdırılması tədqiqatları aparılmışdır.

Nəzarət olaraq götürülmüş *Aspergillus niger* AA-17 mikromiset ştamının Çapek mühitində (yekun pH 7.0) 28°C temperaturda dərin becərilmə şəraitində becərilmiş beş günlük kultural məhlulundan istifadə edilmişdir. Bu şərtlər daxilində ştamın qidalı mühitin hər ml miqdarına düşən aktivliyi 8,2 bv/ml olmuşdur.

Karbon mənbəsi. Fermentin sintezində karbon mənbələrinin rolu kifayət qədər böyükdür. Tədqiqatlarımızda müxtəlif karbon mənbəsi kimi istifadə edilən maddələr arasında fermentin sintezini

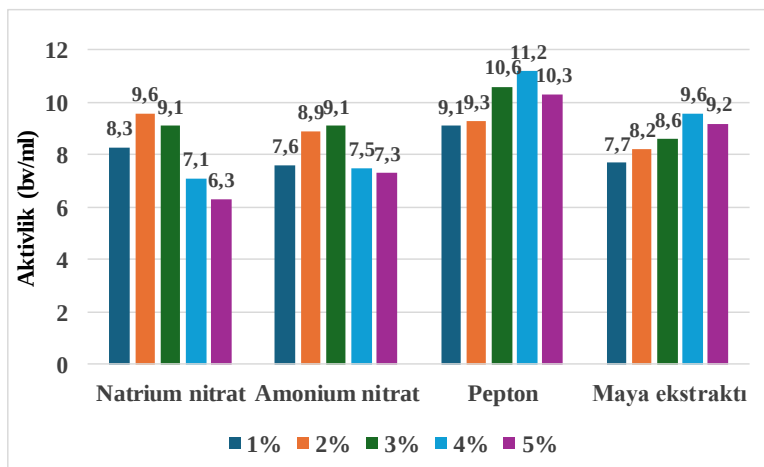
artıran ən yüksək göstərici maltoza+zeytun yağı (28+2 q/l), ən aşağı göstərici (6,0) laktoza (30 q/l) olmuşdur. Maltoza+zeytun yağı istifadə edilən zaman aktivlik 17% artaraq 9,6 bv/ml bərabər olmuşdur. Yalnız maltoza istifadə edilən mühitdə becərilmiş kulturanın aktivliyi (8,3), qlükozada (8,6), fruktozada (7,9) olmuşdur. Zeytun yağının istifadəsi induktiv təsir edərək göstəricilərdə artıma səbəb olmuşdur, maltoza və maltoza+zeytun yağı istifadəsi zamanı artım 15%-dən çox olmuşdur, saxaroza+zeytun yağı (8,8), fruktoza+zeytun yağı (8,3), qlükoza+zeytun yağı (8,7), laktoza+zeytun yağı (7,3) arasında dəyişmişdir. Yekun göstəricilər aşağıdakı diaqramda öz əksini tapmışdır (şək. 2). Göründüyü kimi, zeytun yağının istifadəsi bütün hallarda fermentin aktivliyinin yüksəlməsinə səbəb olur ki, bu da induktiv yolla sintez olunan fermentlər üçün xarakterikdir.



Şəkil 2. Karbon mənbəsinin aktivliyə təsiri.

Azot mənbəsi. Bununla bağlı aparılan tədqiqatlarda, yəni *Aspergillus niger* AA-17 göbələyində lipolitik fermentlərin sintezinə azot mənbələrinin (natrium nitrat, amonium nitrat, pepton, maya ekstraktı) təsirinə aydınlaşdırılması zamanı aydın oldu ki, yüksək lipolitik aktivlik peptonun (4 q/l) istifadəsi zamanı alınmışdır. Bu zaman aktivlik 16% artaraq 11,2 bv/ml olmuşdur. Peptonun miqdarını dəyişdirməklə yəni 1, 2, 3, 4, 5 (q/l) fermentin sintezində optimallaşdırma aparılmış və məlum olmuşdur ki, 4 q/l miqdarında

götürülmüş peptonla alınmış aktivlik 11,2 bv/ml-ə qədər yüksəlmişdir. Peptonon 4%-lik konsentrasiyasında aktivlik 11,2 bv/ml-ə, ən yüksək həddə bərabər olduğu halda, konsentrasiyanı 5%-ə çatdırdıqda ferment sintezində azalma müşahidə olunmuşdur, bu azalma həmçinin digər konsentrasiyalarda da özünü göstərir (şək. 3).

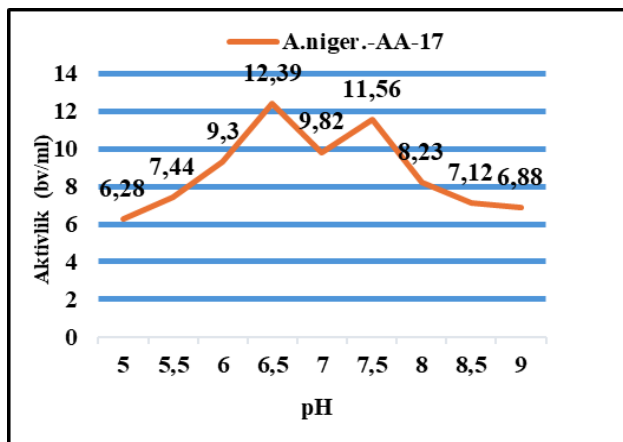


Şəkil 3. Azot mənbəsinin aktivliyə təsiri

Səthi aktiv maddələr. Qidalı mühitin tərkibinin zənginləşdirilməsi, həmçinin ştamın fermentativ aktivliyinin yüksəldilməsi məqsədilə mühitin təkibinə səthi aktiv maddə olaraq 1; 2; 3; 4; 5 q/l miqdarında Tween 20 əlavə edilmişdir. Tədqiqatların və ədəbiyyat məlumatlarının nəticələri üst-üstə düşmüş, yəni qidalı mühitə az miqdarda bu tipli maddələrin əlavə edilməsi fermentin sintezini 5-7% artırmışdır. Belə ki, bu maddənin miqdarının artırılması zamanı effektivlik müşahidə olunmamışdır. Optimal olaraq 2 q/l miqdarında qidalı mühitə əlavə edilmiş Tween 20 ferment sintezini 6% artırmışdır. Bu zaman ştamın yekun aktivliyi 11,9 bv/ml olmuşdur.

pH. Müxtəlif tədqiqatlarda *A.niger* göbələyinə aid şamlar üçün optimal pH fərqli olaraq müəyyən edilir. Bunun səbəbi bir çox amil kimi pH-ın da optimal göstəricisinin ştam spesifik olmasıdır.

Məsələn, Mida H Mayel və başqaları öz tədqiqatlarında *A.nidulans* üçün optimal pH-n 7, “*A.niger* -LC 269109 üçün isə 6 olduğunu vurğulayırlar”²⁵. Başqa bir tədqiqatda isə “hər iki *A.niger* MH078571.1 və *A.niger* MH079049.1 mikromiset ştamları üçün optimal pH 8 olaraq”²⁶ tapılmışdır.



Şəkil 4. Optimal pH-in tapılması

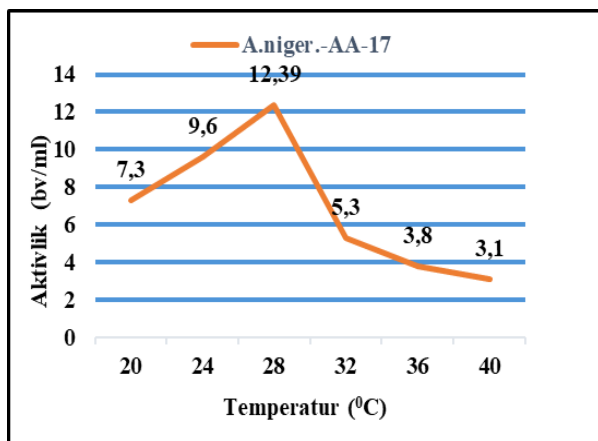
Bizim tədqiqatlarda gəldiyimiz nəticələrdə ştamın ən yüksək aktivliyini 6,5 pH-da göstərməsi olmuşdur. Bu zaman ştamın aktivliyi 5%-ə qədər artmış və yekun aktivlik 12,39 bv/ml-ə bərabər olmuşdur. Lakin, 7,5-dən yüksək göstəricidə mikromisetin həm biokütləsi azalır, həm də fermentativ aktivliyi aşağı düşür, 9 pH-da fermentin aktivliyi demək olar ki, azalır. 7,5-dən aşağı göstəricilərdə də qidalı mühitin qələvililiyinin artması fermentin aktivliyinə və ştamın biokütləsinin azalmasına səbəb olur, belə ki 5 pH-da bu

²⁵ Mayel, M. H., Nwuche, C. O., Chimaobi, V. S., Eze, S. O. O., & Chilaka, F. C. Comparative Studies on the Kinetic Properties of Lipases Purified from *Aspergillus nidulans* and *Aspergillus niger* LC 269109// *Biochem Mol Biol*, - 2020. 6(2), -p. 10. <https://doi.org/10.36648/2471-8084.6.2.10>

²⁶ Alabdallal, A. H., Al-Anazi, N. A., Aldakheel, L. A., Amer, F. H., Aldakheel, F. A., Ababutain, I. M., & Al-Khaldi, E. M. (2021). Application and characterization of crude fungal lipases used to degrade fat and oil wastes// *Scientific Reports*, -2021. 11(1), -p. 19670. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-98927-4>

göstərici özünün ən minimal həddinə çatır (şək. 4).

Temperatur. Optimal temperaturu müəyyən etmək üçün müxtəlif temperaturda becərilmiş göbələyin kultural məhlullarından istifadə edilmişdir. Belə ki, 20°C temperaturda göbələyin böyüməsi zəif, fermentativ aktivliyi isə aşağı olmuşdur. 24°C temperaturda bu göstəricilər artmağa davam etmiş və nəhayət 28°C-də özünün maksimal göstəricisinə (12,39 bv/ml) çatmışdır. 28°C-dən yüksək temperaturlarda aktivlik azalmağa başlamış, 40°C-də isə göbələyin inkişafı demək olar ki, müşahidə edilməmişdir (şək. 5).



Şəkil 5. Optimal temperaturun tapılması

Optimallaşdırmadan sonra Modifikasiya Edilmiş Çapek mühiti 28°C-də 6.5 pH (maltoza+zeytun yağı (28.0+2.0 q), pepton- 4.0 q, K₂HPO₄- 1.0 q, MgSO₄·7H₂O- 0.5 q, KCl- 0.5 q, FeSO₄·7H₂O- 0.01 q və Tween 20- 1 q) optimal mühit olaraq müəyyən olunmuşdur.

4.3. Lipolitik fermentlərin Azərbaycan Respublikasında istifadəsinin perspektivləri.

Bildiyiniz kimi, göbələk və bakteriyalarda fermentativ aktivlik ştam spesifikdir. Bunun bir çox səbəbi vardır; ekoloji şərait, fiziki-coğrafi mövqe, ştamın ayrıldığı substrat, becərilirdiyi qidalı mühit və onun tərkibi və s. Bunun üçün daha çox ştamın aktivliyinin müxtəlif

qidalı mühitlərdə, fərqli azot və karbon mənbələri istifadə edilərək öyrənilməsi daha yaxşı produsentlərin tapılmasına şərait yaradacaqdır.

4.3.1. Bioremediasiya. Hanson metoduna əsasən nefti biodegradasiya etmə qabiliyyətinin təyini zamanı üç əsas göstərici nəzərə alınır: birincisi “*indikatorun rənginin mavidən rəngsiz formaya keçməsi, ikincisi kolbadakı neftin miqdarında azalma, üçüncüsü isə mitselinin böyüməsi*”²⁷. Belə ki, istifadə olunmuş bütün ştamlarda (*Aspergillus niger* AA-17, *Rhizopus stolonifer* AA-81, *Penicillium glabrum* AA-94) bu göstəricilərindən bir və ya bir neçəsi bu və ya digər şəkildə müşahidə olunsada, *Aspergillus niger* AA-17 ştamında hər üç göstərici kifayət qədər yüksək olmuşdur (cədv. 5).

Cədvəl 5

Nefti biodegradasiya etmə qabiliyyətinin təyini

Ştam	İ/R*	N/M	M/B
<i>A.niger</i> AA-17	+++	+++	+++
<i>Rh.stolonifer</i> AA-81	++	++	+++
<i>P.glabrum</i> AA-94	+++	+++	++
Kontrol	-	-	-

***Qeyd.** (İ/R) İndikatorun rəngsizləşməsi. -: rəng dəyişməmişdir, +: zəif, ++: orta, +++: rəngsizləşmə; (M/B) Mitselinin böyüməsi. -: böyümə müşahidə olunmamışdır, +: zəif, ++: orta, +++: güclü; (N/M) Neftin miqdarı. -: miqdar dəyişməmişdir, +: zəif, ++: orta, +++: tamamilə hidroliz olunub

Ştamların 14 günlük inkişafdan sonra biokütləsinin ölçülməsiylə məlum olmuşdur ki, ən yüksək biokütləni *Aspergillus niger* AA-17 (0,285 g/l) ştamı əmələ gətirmişdir (cədv. 6). Göründüyü kimi, ən böyük böyümə neftin 1%-lik qatılığında müşahidə olunmuş, belə ki, hər üç ştam 50-75% arası böyümə göstərmişdir. Neftin qatılığı artdıqca ştamların böyümə faizi aşağı düşmüş və nəhayət neftin 10%-lik qatılığında mikromisetlərin kontrol olaraq götürülmüş nümunələrə olan

²⁷ Benguenab, A., & Chibani, A. Biodegradation of petroleum hydrocarbons by filamentous fungi (*Aspergillus ustus* and *Purpureocillium lilacinum*) isolated from used engine oil contaminated soil// Acta Ecologica Sinica, -2021. 41(5), -p. 416-423. <https://doi.org/10.1016/j.chnaes.2020.10.008>

böyümə fəzi 10%-dən aşağı olmuşdur. Bu da ədəbiyyat məlumatlarından məlumdur ki, mikromisetlər 5-7%-ə qədər neftlə çirkənlənmiş torpaqlarda fəallıq göstərə bilər, qatılığın göstərilən həddən yuxarı olması mikromisetlərin inkişafına ciddi sürətdə mane olur və bu torpaqlarda bioremediasiya işlərinin aparılmasını mümkünəşür edir.

Cədvəl 6

Ştamların neftin müxtəlif qatılığına tolerantlığı

Ştam	Neftin qatılığı		
	1%	5%	10%
<i>A.niger</i> AA-17	++++	+++	+
<i>R.stolonifer</i> AA-81	++++	+++	+
<i>P.glabrum</i> AA-94	++++	++	+

Bu məqsədlə hər üç ştam üçün torpaqdakı neftin deqradasiyasının kəmiyyət göstəriciləri tədqiq edilmişdir. Belə ki, bu zaman modelləşdirmə vasitəsilə laborator şəraitdə ərazinin laborator modeli qurulmuş və kimyəvi analizlərlə vaxt aşırı torpaqdakı neftin miqdarı müəyyən olunmuşdur. Bu şərtlər daxilində *Aspergillus niger* AA-17 ştamı 15 günlük inkubasiyadan sonra torpaqdakı xam neftin 14%-ni deqradasiya etmişdir (cədv. 7). 30 günlük inkubasiyadan sonra ştam xam neftin 40%-ni, 90 günlük inkişafdan sonra isə ştam neftin 63%-ni deqradasiya etmişdir. Sonuncuda xam neftin son miqdarı 0,29 qr-a bərabər olmuşdur. İlk mərhələdə götürülən xam neftin miqdarı neftlə zəif dərəcədə çirkənlənmiş torpaqlara uyğun götürülmüşdür. Alınmış nəticələrə əsasən demək mümkündür ki, bu göstərici kifayət qədər yaxşıdır və ştam effektivdir.

Cədvəl 7

Yüksək lipolitik aktivliyə malik ştamların torpaqdakı (100 q) nefti 28°C-də deqradasiya etmə qabiliyyəti.

1*	2	3	4	5	6	7
<i>A.niger</i> AA-17	18	15	100	8	6,9	14
<i>A.niger</i> AA-17		30		8	4,8	40
<i>A.niger</i> AA-17		90		8	2,9	63
<i>A.niger</i> AA-17		15		25	24,5	2
<i>A.niger</i> AA-17		30		25	23,4	6
<i>A.niger</i> AA-17		90		25	20,9	17

Cədvəl 7-nin davamı

1	2	3	4	5	6	7
<i>Rh.stolonifer</i> AA-81	18	15	100	8	7,3	9
<i>Rh.stolonifer</i> AA-81		30		8	5,3	34
<i>Rh.stolonifer</i> AA-81		90		8	3,7	54
<i>Rh.stolonifer</i> AA-81		15		25	24,7	1
<i>Rh.stolonifer</i> AA-81		30		25	24,1	4
<i>Rh.stolonifer</i> AA-81		90		25	21,2	16
<i>P.glabrum</i> AA-94		15		8	7,6	5
<i>P.glabrum</i> AA-94		30		8	5,5	33
<i>P.glabrum</i> AA-94		90		8	4,1	49
<i>P.glabrum</i> AA-94		15		25	24,8	1
<i>P.glabrum</i> AA-94		30		25	24,4	3
<i>P.glabrum</i> AA-94		90		25	21	16

Qeyd. *1- Ştam; 2- Nəmlilik (%); 3- müddət (gün); 4- Torpağın ilkin miqdarı (q); 5-Torpaqdakı neftin ilkin miqdarı (q/1 kq) 6- Torpaqdakı neftin son miqdarı (q/1kq); 7- Göstərici (%)

İkinci mərhələdə neftlə orta dərəcəli neftlə çirklənmiş torpaqlara uyğun olaraq neftin miqdarını 1 kq təmiz torpaq üçün 25 qr olaraq götürdük. Bu zaman eyni ştamın mövcud şərtlər daxilində effektivliyi 15 günlük inkubasiyada 2%, 30 günlükdə 6, 90 günlük inkubasiyada isə 17% olmuşdur. Ştamın aktivliyinin kəskin azalması gözlənilən haldır. Belə ki, neftin miqdarının artması bioremediasiyanı çətinləşdirir. Buna görə də sonrakı mərhələdə neftlə yüksək dərəcədə çirklənmiş torpaqlara xas olan model qurulmamışdır.

Daha sonra eyni təcrübə *Rhizopus stolonifer* AA-81 və *Penicillium glabrum* AA-94 ştamları üçün də aparılmışdır. Bu zaman *Rhizopus stolonifer* AA-81 ştamı 15 günlük inkubasiya zamanı 9, 30 günlük inkubasiyada 34, 90 günlük inkişafda isə götürülmüş xam neftin ilkin miqdarının 54%-ni deqradasiya etmişdir. *Penicillium glabrum* AA-94 ştamı eyni şərtlər daxilində uyğun olaraq 5, 33 və 49%-lik deqradasiya qabiliyyətinə malik olmuşdur. Bu təcrübələr zamanı bir daha *Aspergillus niger* AA-17 ştamının ən yaxşı produsent olması aydın olmuş və məhz bu səbəbə görə ferment sintezinin optimallaşdırılması sadəcə bu ştam üçün aparılmışdır.

Hər üç ştamın nefti deqradasiya qabiliyyəti neftlə çirkənlənmiş torpaqlarda bioremediasiya üçün istifadə olunmasını qeyd etməyə imkan versə də, *Aspergillus niger* AA-17 ştamının göstəricilərinin digərləriylə müqayisədə daha yüksək olması, bu ştamın və ondan alınmış ferment biopreparatının təkbaşına istifadəsini daha məqsədəuyğun etmişdir.

Daha sonra *Aspergillus niger* AA-17 ştamından alınmış nisbi təmiz ferment preparatı neftlə çirkənlənmiş torpaqların bioremediasiyasında istifadə edilmişdir. Bu zaman yenə də laborator şəraitdə ərazinin modeli qurulmuşdur. Öncəki tədqiqatdan fərqli olaraq bu səfər preparat su ilə qarışdırılmış və həmin məhlulla torpaq yuyulmuşdur. Preparatın istifadəsi gözlənilən nəticələri vermişdir və ştamın özünün birbaşa istifadəsindən effektiv olmuşdur.

Təcrübələr neftin ilkin miqdarına əsasən fermentin qatılıq fərqiə əsasən aparılmışdır. Bu zaman fermentin 0,1%, 0,5%, 1%, 1,5% və 2% qatılığında istifadə edilmişdir. Fermentin qatılığının çox götürülməsi neftin deqradasiya faizini yüksəltmiş, bu özünün 2 % göstəricisində ən yüksək səviyyədə olsa da, 1% qatılığında ən optimal səviyyəyə çatmışdır. Çünki, fermentin qatılığının 1%-dən 2%-ə yüksəldilməsi sadəcə 2% artım vermişdir. Bu isə iqtisadi cəhətdən sərfəli deyil, belə ki, bu zaman fermentin miqdarını 2 dəfə artırmaq sadəcə 2%-lik artıma səbəb olur (Cədv. 8).

Cədvəl 8

***A.niger* AA-17 ştamından alınmış ferment preparatı vasitəsilə torpaqdakı neftin deqradasiyası**

*F/M (%)	Temper atur	Müddə t (gün)	TİM (qr)	TNİM (q/1kq)	TNSM (q/1kq)	Göst ərici
1	2	3	4	5	6	7
0,1	28 ⁰ C	10	100	8	6,9	14
0,5					6,3	21
1					5,0	37
1,5					4,9	39
2					4,8	40

Cədvəl 8-in davamı

1	2	3	4	5	6	7
0,1	28 ⁰ C	20	100	8	4,3	46
0,5					3,8	52
1					2,8	65
1,5					2,6	67
2					2,5	69
0,1		30			3,5	56
0,5					3,0	63
1					1,8	78
1,5					1,7	79
2					1,6	80

***Qeyd.** F/M- Fermentin miqdarı; TİM- Götürülən torpağın ilkin miqdarı; TNİM- Torpaqdakı neftin ilkin miqdarı; TNSM-Torpaqdakı neftin son miqdarı, Göstərici- ştamın nefti deqradasiyasının fazilə göstəricisi

4.3.2. Çirkab sularının təmizlənməsi. Göbələklərdən alınan lipolitik fermentlərlə çirkab sularının, neft və yağlarla çirkələnmiş su hövzələrinin sahil xəttinə yaxın hissəsində müşahidə olunan yağ təbəqəsinin təmizlənməsi innovativ, ekoloji təmiz, insan sağlamlığı və ətraf mühitə heç bir əlavə mənfi təsiri olmayan texnologiyadır. Azərbaycan Respublikasında bu texnologiyanın istifadəsi demək olar ki, tətbiq olunmur. *“Dünyada bu istiqamətdə istifadə oluna biləcək produsentlərin tapılması üzrə bir sıra tədqiqat işləri aparılmış, bir sıra göbələk ştamlarının istifadəsi haqqında məlumat verilmişdir”*²⁸.

Bu məqsədlə aktiv ştamların yağları deqradasiya etmə qabiliyyətinin skriningi aparılmışdır. Bu zaman aktiv ştamlar arasında *Aspergillus niger* AA-17 ştamı ən yüksək göstəricilərə sahib olmuşdur (cədv. 9). Belə ki, bu ştam hər iki yağı biodeqradasiya etmə qabiliyyətinə görə digərlərindən daha yaxşı olmuşdur.

²⁸ Kumar, A., Verma, V., Dubey, V. K., Srivastava, A., Garg, S. K., Singh, V. P., & Arora, P. K. Industrial applications of fungal lipases: a review// Frontiers in Microbiology, -2023. 14, 1142536. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1142536>

Göbələklərin yağı degradasiya etmə qabiliyyətinin təyini

Maddə Ştam	Zeytun yağı			Balıq yağı		
	İ/R*	Y/M	M/B	İ/R	Y/M	M/B
<i>A.niger</i> AA-17	+++	+++	+++	+++	+++	+++
<i>Rh.stolonifer</i> AA-81	++	++	+++	+	+	+
<i>P.glabrum</i> AA-94	+++	+++	++	+	+	++
Kontrol	-	-	-	-	-	-

***Qeyd.** (İ/R) *İndikatorun rəngsizləşməsi.* -: rəng dəyişməmişdir, +: zəif, ++: orta, +++: tam rəngsizləşmə; (Y/M) *Yağın miqdarı.* -: miqdar dəyişməmişdir, +: zəif, ++: orta, +++: tamamilə hidroliz olunub (M/B) *Mitselinin böyüməsi.* -: böyümə müşahidə olunmamışdır, +: zəif, ++: orta, +++: güclü

TƏDQIQATLARIN YEKUN TƏHLİLİ

Dünyanın ənənəvi neft ölkələri və Azərbaycan Respublikası üçün torpaq və su ekosistemlərinin neft və neft məhsullarıyla çirklənməsi bir problem kimi xeyli müddətdir tədqiqatların predmetinə çevrilibdir. Buna baxmayaraq, problem bu gün də öz aktuallığını saxlayır və yer üzərində milyon hektarlarla ərazi bu və ya digər dərəcədə neftlə çirklənib və çirklənməyə davam edir.

Qeyd edildiyi kimi, ekosistemlərin neft və neft məhsulları ilə çirklənməsi problemi Azərbaycan Respublikası üçün yad deyil və hazırda ölkədə bu xarakteristikaya uyğun gələn torpaq sahəsinin ərazisi 10-30 min ha arasındadır. Bundan başqa, Azərbaycanda neft və neft məhsulları ilə çirklənmiş su ekosistemləri də kifayət qədərdir. Bunların da təmizlənməsi və ya yenidən istifadəyə qaytarılmasına istiqamətlənmiş müxtəlif aspektli tədqiqatlar da aparılır. Aparılan tədqiqatlarda müəyyən maraqlı nəticələr alınsa da, bu problem tam şəkildə öz həllini hələki tapmayıbdır. Bunun da səbəbləri arasında təklif olunan metod və yanaşmalarda bioloji agentlərdən, ilk növbədə göbələklərdən birbaşa (göbələklərdən) və ya dolayısı (onlardan alınan vasitələrdən, məsələn fermentlərindən) yolla istifadəyə lazımi diqqət yetirilməməsidir.

Bunu nəzərə alaraq, Azərbaycanın neftlə çirklənmiş torpaqlarının göbələk biotası növ tərkibinə görə tədqiq edilmiş, nəticədə tədqiqat ərazisi kimi seçilmiş Balaxanı, Binəqədi, Səbail və Suraxanı rayonlarında yerləşən 24 neft buruğunun ətrafındakı neftlə çirklənmiş ərazilərindən götürülmüş torpaqlardan ayrılan şamlar fitotoksiki aktivliyə və lipolitik fermentlərin sintezinə görə qiymətləndirilmiş, aktiv produsentlər seçilmiş, aktiv produsentdə ferment sintezinin fizioloji aspektləri tədqiq edilmiş, onlardan alınan ferment preparatlarından neftlə çirklənmiş torpaqların bioremediasiyasında və texniki məqsədli çirkli suların bioloji təmizlənməsində istifadə edilməsinin perspektivli olması əsaslandırılmışdır. Bu məsələlərin aydınlaşdırılması zamanı əldə edilənlər aşağıdakı yekun nəticələrin və praktiki tövsiyələrin ifadə olunmasına imkan vermişdir.

NƏTİCƏLƏR

1. Azərbaycan Respublikasının neftlə çirklənmiş torpaqlarından ayrılmış 2 yarımələmə (*Dikarya* və *Mucormyceta*) 3 şöbəyə (*Ascomycota*, *Mortierellomycota* və *Mucormycota*), 13 fəsiləyə, 16 cinsə və 38 növə aid göbələk ayrılmış və onlara aid 129 ştamdan ibarət kolleksiya yaradılmışdır ki, onların 2 növünün (*Orbilia oligospora* və *Pirella circinan*) Azərbaycanda, 21 növünün isə neftlə çirklənmiş torpaqlarda yayılmasının aşkar edilməsi ilk dəfədir [4, 7, 12].
2. Neftlə çirklənmiş torpaqların və oradan ayrılan göbələklərin fitotoksiki aktivliyinin tədqiqi zamanı aydın olmuşdur ki, torpaqların fitotoksiki aktivliyinin formalaşmasında həm neft və neft məhsulları, həm də orada məskunlaşan göbələklər iştirak edir ki, göbələklər də bir-birindən fitotoksiki aktivlik göstəricisinə görə fərqlənirlər. Belə ki, onların bəziləri zəif (3-9%), bəziləri orta (11-29%), bəziləri də güclü (40-56%) aktivlik göstərdiyi halda, *Trichoderma* cinsinə aid göbələklərdə biostimulyasiya (2,3-5,6%) aktivliyi qeydə alınmışdır [7, 12].
3. Müəyyən edilmişdir ki, neftlə çirklənmiş torpaqlardan ayrılan göbələk şamlarının heç də hamısı lipolitik aktivliyə malik deyil, lakin *Aspergillus niger* AA-17, *Pencillium glabrum* AA-76 və

Rhizopus stolonifer AA-82 kimi göbələklər lipolitik fermentləri aktiv şəkildə sintez etmə qabiliyyətlərinə görə digərlər produsentlərdən fərqlənirlər [2, 3, 4, 5, 10].

4. *Aspergillus niger* AA-17 ştamının nümunəsində lipolitik fermentlərin sintezinin optimallaşdırılması nəticəsində mövcud Çapek mühitinin tərkibi həm kəmiyyətcə, həm keyfiyyətcə modifikasiya edilərək yeni mühit yaradılmışdır ki, burada göbələyin lipazanı induktiv sintez etməsi müəyyən edilmiş və ilkin götürülən mühitə göstərdiyi aktivliyin isə 51%-ə kimi yüksəldilməsinə nail olunmuşdur [4, 10].
5. Seçilmiş *Aspergillus niger* AA-17 göbələyi və ondan alınmış ferment biopreparatının neftlə çirkələnmiş torpaqların təmizlənməsində istifadə imkanları hazırlanan laboratoriya modelində yoxlanılmışdır. Bu zaman 8qr/kq qatılıqda götürülmüş torpaqda sözügedən ştam 90 günlük inkişafdan sonra oradakı neftin ilkin miqdarına nəzərən 63%-ni, alınmış ferment biopreparatı isə 78%-ni deqradasiya edə bilmişdir və həm ştamın, həm də biopreparatın bu sahədə istifadəsinin perspektivli olması müəyyən edilmişdir [1, 6, 10, 11].
6. *Aspergillus niger* AA-17 göbələyi eyni zamanda texniki məqsədli çirkli suların yağ mənşəli çirkəndiricilərinin təmizlənməsində uyğun şəraitdə (okigen rejimi, temperatur, pH və s.) 3 ay müddətində 1 m³ suyu təmizləməsi müəyyən olunmuşdur ki, bu da eksperimental şəkildə təsdiqini tapıbdır [8, 9, 10].

PRAKTİKİ TÖVSIYYƏLƏR

1. Neft və neft məhsullarının torpağa düşməsi həmin yerin strukturunun və funksional aktivliyinin dəyişməsinə səbəb olur. Belə ki, neftin torpaq profillərinə miqrasiyası nəticəsində onun fiziki-kimyəvi xüsusiyyətləri dəyişir, əldə edilməsi asan olan qida maddələrinin miqdarı azaldır, pH-ı dəyişir və s. bu da nəticədə mikrobiotanın, bitkilərin və torpaq onurğasızlarının yaşaması üçün əlverişsiz şərait yaranır. Bu səbəbdən də bu tip torpaqların təmizlənməsində həmin torpaqlarda yayılma qabiliyyətinə malik orqanizmlərdən alınan vasitələrin, ilk növbədə lipolitik

fermentlərin istifadə edilməsi daha effektivdir.

2. Mikromisetlərdə lipolitik fermentlərin sintezi üçün istifadə edilən ənənəvi qidalı mühitlərin seçilən produsentə müvafiq modifikasiya edilməsi alınan nəticələrin daha da effektiv olmasına imkan verir.
3. Bioremediasıyanın aparılması zamanı mikroorqanizmlərin çirklənmənin yüksək həddində öz fizioloji proseslərini normal yerinə yetirə bilməməsi və alınmış ferment biopreparatlarının effektivliyinin aşağı düşməsi hallarında bəzi fiziki-kimyəvi remediasiya işləri aparıla, çirklənmə lazımi səviyyəyə çatdıqda isə öncə biopreparatlar, daha sonra aktiv ştamlar istifadə edilməsi daha məqsədəuyğundur.

DİSSERTASIYA MÖVZUSU ÜZRƏ DƏRC EDİLƏN ELMİ ƏSƏRLƏRİN SİYAHISI

1. Əhmədli A.A. Neftlə çirklənmiş ərazilərdə yayılan mikromisetlərin torpağın bioloji bərpa prosesində rolu// "Ekologiya: təbiət və cəmiyyət problemləri" IV Respublika konfransının materialları, -Bakı, -2023, -s. 210-211
2. Ахмедли А.А., Сейидова Г.М., Гасанова А.Р., Омар П.М. Некоторые особенности синтеза гидролитических ферментов у грибов// Международный центр научного сотрудничества «Наука и просвещение», -Пенза, -2023, № 1, -с. 49-52
3. Мамедова А.Э., Ахмедли А.А. Взаимоотношений микроорганизмов как метод селективного выделения грибов из почвы// Международный центр научного сотрудничества «Наука и просвещение», -Пенза, -2023, с. 1, № 1, -с. 30-32
4. Bakshaliyeva K.F., Ahmedli A.A., Seyidova G.M. Evaluation of micromycetes isolated from oil-contaminated soils for lipolytic activity// Advanced Studies In Biology, -2023, v. 15, № 1, -p. 129-135. <https://doi.org/10.12988/asb.2023.91697>
5. Əhmədli A.A. Mikromisetlərdən alınan lipolitik fermentlərin biodizel istehsalında istifadə imkanları// Doktorantların və Gənc Tədqiqatçıların XXVI Respublika Elmi Konfransının (NASCO

- XXVI) materialları. -Bakı, -2024, -s. 37-40
6. Ahmadli A.A. Biodegradation of petroleum hydrocarbons by fungi strains of *Aspergillus* sp.-17, *Rhizopus* sp.-81, *Penicillium* sp.-94 isolated from oil-contaminated soils of Azerbaijan// In BIO Web of Conferences, -2024, v. 100, -p. 02007. EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410002007>
 7. Ahmadli A.A., Mammadova A.E., Muradov P.Z. Analysis of micromycetes found in oil-contaminated soils of Azerbaijan: species composition and biological activity// I Международная Научно-Практическая Конференция Инновационные Биотехнологии для охраны окружающей среды: от теории к практике, -Минск -2024, -с. 114-115
 8. Əhmədli A.A. Mikromisetlərdən alınan lipolitik fermentlərin çirəb sularının yağ mənşəli çirkləndiricilərin təmizlənməsində istifadəsi// "Azərbaycanda ətraf mühitin sağlamlaşdırılmasında Ümummilli Lider Heydər Əliyevin rolu" mövzusunda elmi-praktiki konfransın materialları. -Bakı, -2024, -s. 160-161.
 9. Ahmadli A.A., Seyidova G.M. Study of using lipolytic enzymes by *Aspergillus niger*.- AA-17 of the fungi strain in wastewater treatment// Materials of international scientific-practical conference "Current problems of microbiology, biotechnology and biodiversity" dedicated to the 20th anniversary of RCM. - Astana, -2024, -p. 206-209
 10. Ahmadli A.A., Muradov P.Z. Lipolytic enzymes: Producers, industrial application, prospects of production in the Republic of Azerbaijan// Int. J. Biosci. -2024, v. 25, № 5, -p. 284-293. <http://dx.doi.org/10.12692/ijb/25.5.284-293>
 11. Ahmadli A.A., Muradov P.Z. Methods used in remediation of oil contaminated soils// Advanced Studies in Biology, -2024, v. 16 (1), -p. 175-186. <https://doi.org/10.12988/asb.2024.91935>
 12. Ахмедли А.А., Сейидова Г.М. Изучение грибного биоразнообразия нефтезагрязненных почв Азербайджана и оценка их цитотоксической активности// Естественные и технические науки, -2024, т. 2, № 12, -с. 5-9. <https://doi.org/10.37882/2223-2966.2024.12-2.02>

Dissertasiyanın müdafiəsi “**23**” **aprel 2025**-ci il tarixində saat **11-00** -da AR ETN-nin Mikrobiologiya İnstitutunun nəzdində fəaliyyət göstərən FD 1.07 Dissertasiya şurasının iclasında keçiriləcək.

Ünvan: Az 1004, Bakı ş., A.Abbasızadə 115.

Dissertasiya ilə AR ETN-nin Mikrobiologiya İnstitutunun kitabxanasında tanış olmaq mümkündür.

Dissertasiya və avtoreferatın elektron versiyaları AR ETN-nin Mikrobiologiya İnstitutunun rəsmi internet saytında (<https://azmbi.az/index.php/az/>) yerləşdirilmişdir.

Avtoreferat **18 mart 2025**-ci il tarixində zəruri ünvanlara göndərilmişdir.

Çapa imzalanıb: 17.03.2025

Kağızın formatı: A5

Həcm: 39944

Tiraj: 100