

UOT 665.753

S.Q.Quliyeva¹, A.N.Bayramova²
*Bakı Dövlət Universiteti¹,
ARETN Mikrobiologiya İnstitutu²
salatinquliyeva95@gmail.com*

DİZEL/BİODİZEL QARIŞIQLARININ KİMYƏVİ SABİTLİYİNƏ MİKROORQANİZMLƏRİN UZUNMÜDDƏTLİ TƏSİRİ

<https://doi.org/10.30546/2520-2049.73.1.2025.128>

Açar sözlər: *Diezel, biodiezel, mikroorqanizm, remediasiya, biodeqradasiya*

Bu tədqiqat altı ay ərzində göbələklərin (*Aspergillus niger*, *Penicillium digitatum* və *Fusarium oxysporum*) B10 – dizel/biodizel qarışığının (10% biodizel, 90% dizel) kimyəvi sabitliyinə təsirini araşdırır. Yanacaq nümunələrinin kimyəvi tərkibinin dəyişməsi 1H-NMR spektroskopiyasından istifadə edərək, göbələklərlə aşılardan əvvəl və sonra aromatik, olefin və parafin karbohidrogenlərin nisbi miqdarı müqayisə edilərək təhlil edilmişdir. Nəticələr aromatik karbohidrogenlərin əhəmiyyətli dərəcədə azaldığını və parafin karbohidrogenlərinin artdığını göstərir ki, bu da göbələklər tərəfindən uğurlu biodeqradasiyanın olduğunu göstərir. Test edilmiş göbələklər arasında *Fusarium oxysporum* aromatik karbohidrogenlərin nəzərəcarpacaq dərəcədə azalmasına (3,28%-dən 2,36%-ə) və parafin karbohidrogenlərin artmasına (94,95%-dən 96,79%-ə) səbəb olan yüksək deqradasiya effektivliyi nümayiş etdirmişdir. *Penicillium digitatum* xüsusilə sulu şəraitdə güclü biodeqradasiya fəaliyyəti nümayiş etdirərək aromatik karbohidrogenlərin miqdarını 3,28%-dən 2,39%-ə qədər azaldır. *Aspergillus niger* isə aromatik karbohidrogenləri digər iki göbələk nümunəsinə nisbətən daha az (susuz mühitdə 3,28%-dən 2,93%-ə qədər azalma) biodeqradasiyaya məruz qoyur. Bu tədqiqat qeyd edilən göbələklərin su və torpaq səthində B10 dağılmalarının bioremediasiyasındakı əhəmiyyətini vurğulayır, *Penicillium digitatum* və *Fusarium oxysporum*un bu məqsədlə istifadəsinin uğurlu ola biləcəyi qeyd edilir.

С.Г.Гулиева, А.Н.Байрамова

ДОЛГОСРОЧНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ МИКРООРГАНИЗМОВ НА ХИМИЧЕСКУЮ СТАБИЛЬНОСТЬ СМЕСЕЙ ДИЗЕЛЬ/БИОДИЗЕЛЬ

Ключевые слова: *Дизель, биодизель, микроорганизм, рекультивация, биodeградация*

В данном исследовании изучается влияние грибов (*Aspergillus niger*, *Penicillium digitatum* и *Fusarium oxysporum*) на химическую стабильность смеси

B10 – дизельное топливо/биодизельное топливо (10% биодизеля, 90% дизельного топлива) в течение шести месяцев. Изменение химического состава образцов топлива анализировалось с помощью спектроскопии ¹H-ЯМР путем сравнения относительного количества ароматических, олефиновых и парафиновых углеводородов до и после заражения грибом. Результаты показывают значительное снижение содержания ароматических углеводородов и увеличение содержания парафиновых углеводородов, что указывает на успешную биodeградацию грибами. Среди протестированных грибов высокую эффективность деградации продемонстрировал *Fusarium oxysporum*, что привело к значительному снижению содержания ароматических углеводородов (с 3,28% до 2,36%) и увеличению содержания парафиновых углеводородов (с 94,95% до 96,79%). *Penicillium digitatum* продемонстрировал сильную биodeградативную активность, особенно в водных условиях, снизив количество ароматических углеводородов с 3,28% до 2,39%. *Aspergillus niger* биоразлагает ароматические углеводороды в меньшей степени (снижение с 3,28% до 2,93% в безводной среде), чем два других образца грибов. В этом исследовании подчеркивается важность этих грибов в биоремедиации выбросов B10 на поверхности воды и почвы, и отмечается, что использование *Penicillium digitatum* и *Fusarium oxysporum* может быть успешным для этой цели.

S.G.Guliyeva, A.N.Bayramova

LONG-TERM EFFECT OF MICROORGANISMS ON THE CHEMICAL STABILITY OF DIESEL/BIODIESEL BLENDS

Keywords: *Diesel, biodiesel, microorganism, remediation, biodegradation*

This study investigates the effect of fungi (*Aspergillus niger*, *Penicillium digitatum* and *Fusarium oxysporum*) on the chemical stability of B10 – diesel/biodiesel blend (10% biodiesel, 90% diesel) over a period of six months. The change in the chemical composition of the fuel samples was analyzed by comparing the relative amounts of aromatic, olefin and paraffin hydrocarbons before and after inoculation with fungi using ¹H-NMR spectroscopy. The results show a significant decrease in aromatic hydrocarbons and an increase in paraffin hydrocarbons, indicating successful biodegradation by fungi. Among the tested fungi, *Fusarium oxysporum* showed high degradation efficiency, leading to a significant reduction in aromatic hydrocarbons (from 3.28% to 2.36%) and an increase in paraffin hydrocarbons (from 94.95% to 96.79%). *Penicillium digitatum* showed particularly strong biodegradation activity under aqueous conditions, reducing the amount of aromatic hydrocarbons from 3.28% to 2.39%. *Aspergillus niger*, on the other hand, biodegraded aromatic hydrocarbons to a lesser extent than the other two fungal samples (reduction from 3.28% to 2.93% in anhydrous conditions). This study highlights the importance of these fungi in the bioremediation of B10 spills on water and soil surfaces, and it is noted that *Penicillium digitatum* and *Fusarium oxysporum* could be used successfully for this purpose.

Giriş

Benzinlə müqayisədə dizel yanacağının daha çox enerji təmin etməsi onu uzun məsafələrə böyük həcmdə yüklərin daşınmasında, müxtəlif sənaye proseslərində, kənd təsərrüfatında, mədənçıxarma və s. kimi sahələrdə istifadəsini əhəmiyyətli edir. Bununla belə, dizel yanacağının yanması nəticəsində iqlim dəyişikliyinə səbəb olan karbon qazı (CO_2), azot və kükürd oksidlərinin atmosfərə buraxılması bir sıra ekoloji problemlərə səbəb olur. Ona görə də qarşıya qoyulan vəzifələrdən biri də enerji və emissiyaların azaldılması üçün qlobal alternativ bioyanacaqların araşdırılmasıdır. Neft dizeli ilə müqayisədə bərpa olunan, bioloji parçalana bilən və daha az emissiya ilə yanan biodizel alternativ yanacaq kimi dövrün ən optimal seçimidir [1-5].

10% biodizel, 90% adi dizel qarışığından ibarət olan B10 bir çox ölkələrdə dizel yanacağının karbon izini azaltmaq və standart dizel mühərrikləri ilə uyğunluğu qorumaq üçün istifadə olunur. Baxmayaraq ki, B10 adi dizeldən daha zərərsiz hesab olunur, lakin onun su və torpaq səthinə çox miqdarda dağılması ciddi ekoloji problemlərə səbəb ola bilər. Daşınma və ya saxlanılma zamanı B10 qarışığının su hövzələrinə tökülməsi su səthində təbəqə əmələ gətirərək oksigen mübadiləsinin azalmasına və nəticədə suda yaşayan canlıların ölümünə, su ekosisteminin pozulmasına səbəb ola bilər. B10-un torpağa tökülməsi torpaq mikroorqanizmlərinin məhvi ilə torpağın çirklənməsinə səbəb olar ki, bu da bitkilərin inkişafına əhəmiyyətli dərəcədə zərər verə bilər. [6-8].

Bir çox elmi məqalələrdə bioremediasiya prinsipi ilə neft dağılmalarının aradan qaldırılmasının, təhlükəli çirkləndiriciləri məhv etmək və onları zərərsiz məhsullara çevirmək üçün əsas müalicə üsulu kimi istifadəsi geniş aspektdə araşdırılıb. Göbələklərin digər mikroorqanizmlərə nisbətən dizel və biodizel yanacaqlarında daha çox aktivlik göstərməsi, bir neçə növ politsiklik aromatik, olefin və digər doymamış karbohidrogenlərlə qarşılıqlı əlaqədə olaraq onları daha zərərsiz məhsullara parçalaya bilməsi aşkar edilmişdir. Göbələklər həmçinin daha inadkar birləşmələrin yüksək konsentrasiyasında və ekstremal şəraitdə inkişaf edərək bioloji parçalanmanın effektivliyini artırır bilirlər. Bu növ mikroorqanizmlər saxlanma şəraitindən və zamandan asılı olaraq dizel və biodizel yanacaqlarının bioloji parçalanmasına təsir edə bilər. Dizel yanacağında heteroatomlu və doymamış karbohidrogenlər onun kimyəvi dayanıqlığına təsir edən əsas komponentlərdir. Dizel-biodizel qarışığının torpaq və su hövzəsinə dağılması zamanı bu birləşmələr temperaturun dəyişməsi, günəş işığına məruz qalma, oksigen və mikro orqanizmlərin mövcudluğu kimi ətraf mühit şəraitinin yaratdığı kimyəvi dəyişikliklərə həssasdır [9-11].

Dizel yanacağından fərqli olaraq biodizel bərpa oluna bilər və dizel yanacağı ilə işləyən hər hansı mühərrik və avadanlıqda istifadə üçün yararlı olan alternativ yanacaq növüdür. Bitki və heyvan mənşəli və ya təkrar emal edilmiş yağların spirtlərlə transesterifikasiyasından alınan biodizelin fiziki

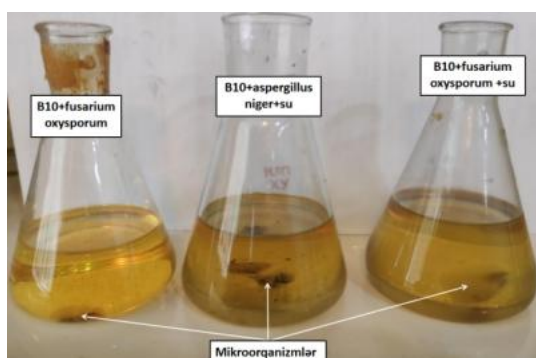
xassələri neft dizelinə bənzəyir. Dizel və biodizel bəzi ümumi kimyəvi fiziki xassələri bölüşsələr də, biodizel öz unikal kimyəvi quruluşuna görə dizel yanacağı ilə müqayisədə deqredasiyaya daha çox həssasdır. Son elmi tədqiqatlar göstərir ki yüksək konsentrasiyalı biodizel qarışıqları (məsələn, B20 və ya B50) xüsusilə bioloji paçalanmaya həssasdır, bu isə biodizelin su və rütubəti absorbsiya edərək göbələklərin böyüməsi üçün əlverişli mühit yaratması ilə izah oluna bilər. Bio yanacaqların qida məhsullarından sintez edilməsi və yüksək oksigen tərkibi də onları göbələk fəaliyyəti üçün əlverişli edir [12-13].

Qeyd olunanları nəzərə alaraq, bu tədqiqat dizel-biodizel istehlakına görə lider olan B10 qarışığında müxtəlif növ göbələk növlərinin inkişafını və onların yanacağın kimyəvi tərkibinə təsirini araşdırır.

Material və metodika

Tədqiqat üçün lazım olan düz distillə dizel yanacağı Bakı şəhərində yerləşən yanacaqdoldurma məntəqəsindən əldə edilmişdir. Biodizel yanacağı Bakı Dövlət Universiteti Neft kimyası və kimya texnologiyası kafedrasının elmi tədqiqat laboratoriyasında günəbaxan yağının metil spirti ilə transefirləşməsindən əldə edilmişdir. B10 qarışımını hazırlamaq üçün 10% biodizel, 90% dizel istifadə olunmuşdur.

Kimyəvi tərkib dəyişməsinə mikroorqanizmlərin təsirini araşdırmaq məqsədilə B10 yanacaq nümunələri şüşə qablara əlavə edilmişdir. Nümunələrə *Aspergillus niger*, *Penicillium digitatum* və *Fusarium oxysporum* da daxil olmaqla ümumi yanacaq parçalayan göbələklər aşılınmışdır. Nümunələrin hər biri təmiz (susuz) və 5% miqdarında su əlavəsi ilə altı ay müddətində, işıqlı otaqda, ağzı bağlanmış şəraitdə saxlanılmışdır. Təcrübə müddətinin sonunda nümunələrdə rəng dəyişimi, bulanıqlıq, biokütlənin artması müşahidə edilmişdir (Şəkil 1).

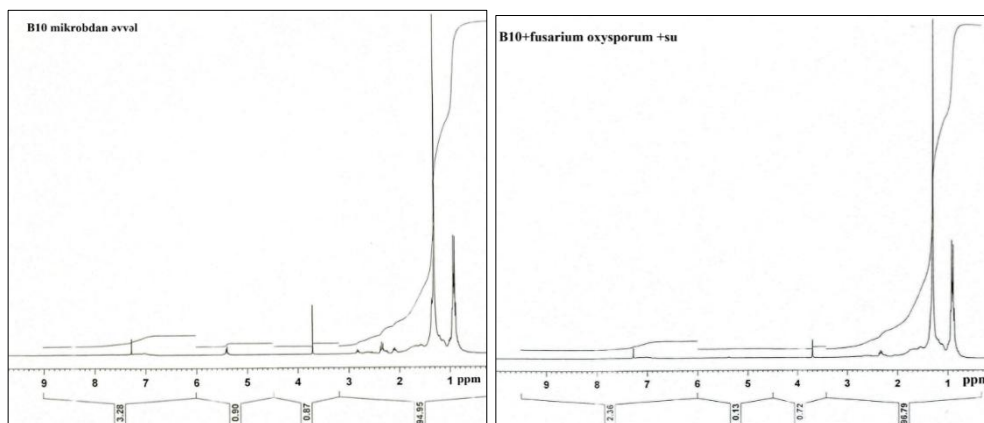


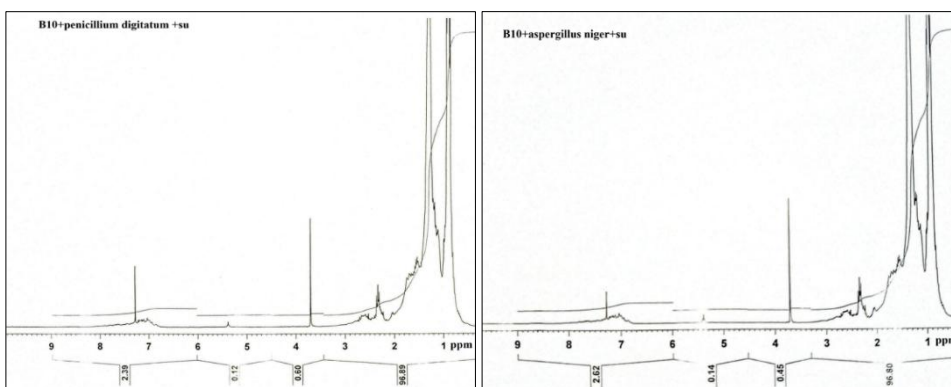
Şəkil 1. Müxtəlif növ göbələk nümunələri ilə aşılınmış B10 – yanacaqlarının 6 ay sonrakı görüntüsü

Saxlanma müddətindən əvvəl və təcrübə müddəti bitdikdən sonra nümunələrin kimyəvi tərkib dəyişikliyinə nəzarət BVT 3200 temperatur nizamlayıcısı ilə təchiz olunmuş Bruker firmasının impulsu AVANCE 300 NMR spektrometrində ^1H nüvəsi üçün 300 MHz tezlikdə yerinə yetirilmişdir (proqram təminatı TopSpin 3.1). Analizlərdən öncə nümunələrdəki biokütlə və su süzülərək yanacaq qarışımından ayrılmışdır. B10 yanacaqlarında su qalıqlarının adsorbsiyası üçün nümunələrə Na_2CO_3 əlavə edilərək 1 gün ağzı bağlı qabda saxlanılmış və növbəti gün süzülərək kimyəvi tərkib analizləri üçün hazırlanmışdır. Tədqiqatlar zamanı CDCl_3 həlledicisindən istifadə edilmişdir (daxili standart tetrametilsilan- TMS).

Nəticələr və onların müzakirəsi

Dizel və biodizel yanacaq nümunələrin mikrobioloji parçalanmasını araşdırmaq üçün 6 ay müddətində saxlanılan nümunələr müddət başa çatdıqdan sonra yanacaqlarda baş verən kimyəvi tərkib dəyişikliyi NMR spektroskopiyasının köməyi ilə tədqiq olunmuşdur. Şəkil 2 – də təmiz B10 dizel/biodizel yanacağının və su mühitində *Aspergillus niger*, *Penicillium digitatum* və *Fusarium oxysporum* göbələkləri ilə aşılانmış B10 nümunələrinin ^1H -NMR spektrləri göstərilmişdir. Spektrlərdəki piklərin integral intensivlikləri piklərin altındakı sahəyə düşən protonların nisbi sayına uyğun gəlir. Ədəbiyyat materiallarından məlumdur ki, ^1H -NMR spektrlərində aromatik karbohidrogenlər üçün kimyəvi sürüşmə təxminən 6-9 ppm, asetilen sırası karbohidrogenləri və olefinlər üçün 3.5-6 ppm, parafinlər üçün isə 0.5-3 ppm aralığındadır [14]. Su mühitində sözü gedən göbələklərin B10 nümunələrinin kimyəvi tərkibinə təsirini eyni kimyəvi sürüşmə (ppm) aralıqlarında integral intensivliklərin müqayisəsindən aydın görmək olar.





Şəkil 2. B10 nümunələri üçün ^1H -NMR spektrləri

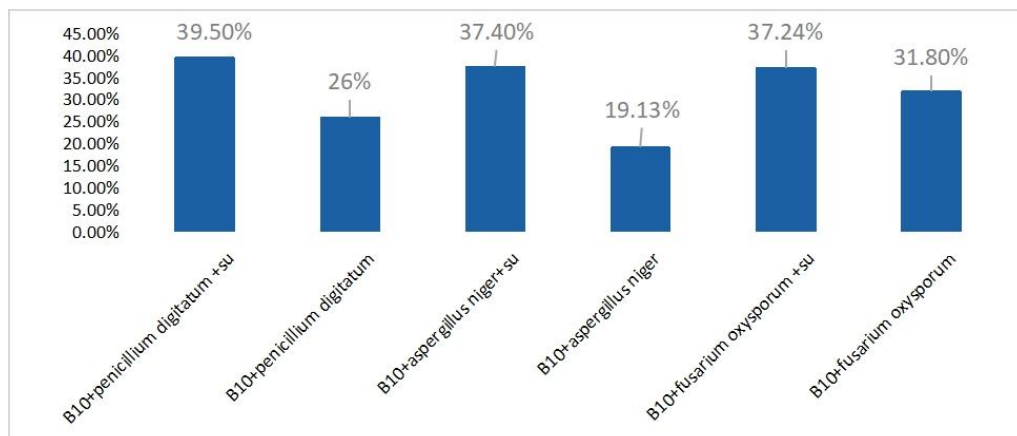
^1H NMR spektrlərindən əldə edilən nəticələrin daha asan və ətraflı analizi üçün sulu və susuz mühitdə müxtəlif göbələk növləri ilə aşılانmış B10 – nümunələrinin kimyəvi tərkib dəyişikliyi cədvəldə verilmişdir. Nəticələrin analizindən görə bilərik ki, bütün nümunələrdə hər 3 növ göbələk aromatik, asetilen, olefin sıra karbohidrogenlərinin azalmasına, parafin karbohidrogenlərinin isə artmasına səbəb olur. Göbələklərin yanacaq nümunələrinə təsiri nəticəsində rəngin dəyişməsi, bulanıqlıq, çöküntülərin əmələ gəlməsi və mikroorqanizmlərin böyüməsi müşahidə edildi. Təmiz B10 nümunəsi ilə müqayisədə mikrobioloji deqredasiyaya məruz qalan nümunələrin karbohidrogen tərkib dəyişikliyi *Penicillium digitatum*, *Fusarium oxysporum*, *Aspergillus niger* (su mühitində) üçün uyğun olaraq 39.5, 37.24, 37.4% kimi olmuşdur. Susuz B10 mühitindəki nümunələrin aromatik parafin nisbətlərində də əhəmiyyətli dəyişikliklər müşahidə edildi (Şəkil 2).

Cədvəl.

Müxtəlif növ göbələk nümunələri ilə aşılانmış B10 – yanacağının 6 ay saxlanıldıqdan sonra kimyəvi tərkib dəyişikliyi

Nümunələrin adları	Aromatik k/h *	Asetilen sırası K/h	Olefin k/h	Parafin k/h
B10 mikrobdan əvvəl	3.28	0.90	0.87	94.95
B10+penicillium digitatum +su	2.39	0.12	0.60	96.89
B10+penicillium digitatum	2.81	0.29	0.69	96,21
B10+aspergillus niger+su	2.62	0.14	0.45	96.80
B10+aspergillus niger	2.93	0.43	0.75	95,89
B10+fusarium oxysporum +su	2.36	0.13	0.73	96.79
B10+fusarium oxysporum	2.61	0.37	0.51	96.51

*k/h – karbohidrogen



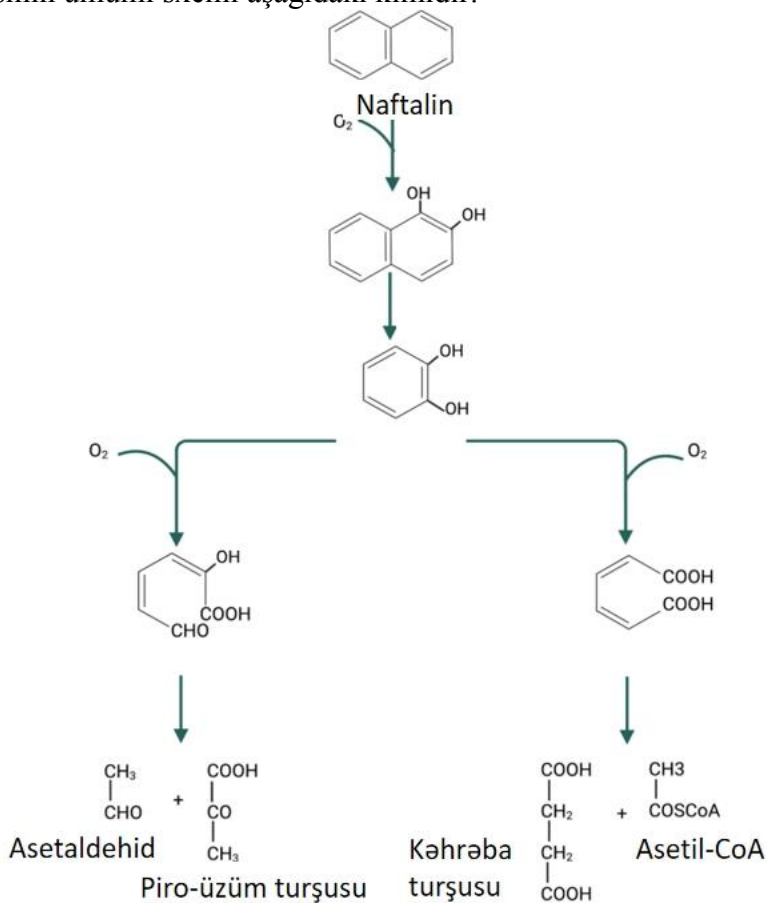
Şəkil 2. Mikrobioloji parçalanmaya məruz qalmış B10 nümunələrinin təmiz B10 yanacağı ilə müqayisədə aromatik parafin nisbətində dəyişiklik (%)

Nəticələr içərisində B10 yanacağının bioloji parçalanmasına ən çox səbəb olan göbələk nümunələri *Penicillium digitatum* və *Fusarium oxysporum*, göbələyin ölçüsünün artması müşahidə olunan nümunələr isə *Fusarium oxysporum* və *Aspergillus niger* oldu. *Fusarium oxysporum* aromatik karbohidrogenlərin 3.28% dən 2.36%-ə qədər azalmasına, parafin karbohidrogenlərin isə 94.95% dən 96.79% - ə qədər artmasına gətirib çıxarır. *Fusarium* növləri arasında *Fusarium oxysporum*un neft quyularından əldə edilən müxtəlif karbohidrogenləri biodegradasiya etmə qabiliyyəti daha yüksəkdir. Qeyd olunan göbələk növü karbohidrogen növlərini deqredasiya edərək mikrob mənşəli səthi aktiv maddələr əmələ gətirir. Bu maddələr neft və suyun emulsiya formasında qarışmasını təmin edərək mikroorqanizmlərin neft karbohidrogenlərini daha sürətli parçalamasına gətirib çıxarır [15-17]. Aparılan təcrübələrin nəticələrinin təhlili də nümunələrdə suyun olması ilə biokütlənin ölçüsündə əhəmiyyətli artımın olmasını aşkar edir (Şəkil1).

Penicillium digitatum insan sağlamlığı və ətraf mühit üçün təhlükə yaradan çirkləndiricilər arasında kolan poliaromatik karbohidrogenlərin (PAH) biodegradasiyasında geniş istifadə edilir. O mürəkkəb üzvi birləşmələri parçalayan müxtəlif fermentlər ifraz edərək bir neçə gün ərzində antrasen kimi kanserogen poliaromatik birləşmənin bioremedasiyasına səbəb olur [18]. Aparılan tədqiqat işlərimizdə də *Penicillium digitatum* mühitində B10 yanacağında aromatik karbohidrogenlərin su iştirakında 3.28% dən 2.39%-ə, susuz isə 3.28% dən 2.81%-ə qədər azalması müşahidə edildi. Eyni zamanda bu göbələk növünün insan sağlamlığı üçün patogen olmaması da [19] onun torpaq və suyun B10 dağılmaları zamanı istifadəsində üstünlüyünü irəli sürür.

Aspergillus niger göbələyi digər iki növ göbələk nümunələrindən fərqli olaraq susuz mühitdə daha az biodeqredasiyaya səbəb oldu (aromatik karbohidrogenlərin 3.28% dən 2.93%-ə qədər azalmasına, parafin karbohidrogenlərin isə 94.95% dən 95.89% - ə qədər artması). Bu isə onun torpağın B10 yanacağı ilə çirklənməsi zamanı remediasiya prosesində istifadəsini daha az əhəmiyyətli edir. Buna baxmayaraq su mühitində onun biodeqredasiya qabiliyyətini müsbət qiymətləndirmək olar.

Ədəbiyyat mənbələrindən məlumdur ki, bir çox aromatik karbohidrogenlər müxtəlif aerob orqanizmlər üçün karbon və enerji mənbəyidir. Onların göbələk mühitində parçalanması nəticəsində alifatik turşular, efirlər, spirtlər və son məhsul olaraq karbon qazı və su alınır. Nümunədə verilən naftalinin biodeqredasiyasından görmək olarki diatomlu aromatik birləşmə ilkin olaraq orto-difenol adlanan iki hidroksil qrupunu daşıyan tək aromatik halqadan ibarət aralıq məhsul əmələ gətirir ki, onun parçalanması nəticəsində asetaldehid, piroüzüm turşusu, kəhrəba turşusu əmələ gəlir. Qeyd edilən bioloji parçalanma reaksiyasının ümumi sxemi aşağıdakı kimidir:



Əldə edilən ^1H -NMR nəticələrindən də göründüyü kimi hər üç göbələk növü B10 qarışığındakı aromatik həlqələri biodeqredasiya uğradır və nəticədə parçalanan aromatik həlqələr $-\text{CH}_2$ (metilen) və $-\text{CH}_3$ (metil) qruplarını ehtiva edən daha kiçik alifatik zəncirlər əmələ gətirir. Bu qruplar alkanlar və ya parafin karbohidrogenləri üçün xarakterik olduğundan ^1H -NMR siqnallarında parafin karbohidrogenlərinin miqdarında artım müşahidə olunur. Aromatik və olefin sırası karbohidrogenlərdən fərqli olaraq parafinlər daha stabil və ekoloji təmiz birləşmələr olduğundan, aparılan tədqiqat işi qeyd edilən istiqamətdə əhəmiyyətli ola bilər. Saxlamadan sonrakı təhlillərdən də göründüyü kimi su iştirakında B10 nümunələrində biokütlə artımının sürətlənməsi, yanacağın su hövzəsinə dağılması zamanı onun daha rahat remediasiyaya məruz qalmasına səbəb olacaq. Eyni zamanda torpaq səthinə dağılan bioyanacağın mikroorqanizmlərlə aşılınması və vaxtaşırı suvarılması onun mikrobioloji müalicəsi prosesini sürətləndirəcək.

Nəticə

Aparılan tədqiqat işində 6 aylıq saxlama müddəti ərzində B10 dizel/biodizel yanacağının mikrobioloji deqradasiyası üçün *Penicillium digitatum*, *Fusarium oxysporum* və *Aspergillus niger* kimi göbələk növlərinin istifadə potensialı araşdırılmışdır. ^1H -NMR spektroskopiyasının köməyi ilə yanacağın kimyəvi tərkibində əhəmiyyətli dəyişikliklər, xüsusən də qeyd edilən göbələklərin iştirakı ilə aromatik karbohidrogenlərin azalması və parafin karbohidrogenlərinin artması aşkar edildi. Göbələklər arasında *Penicillium digitatum* və *Fusarium oxysporum* xüsusilə su mövcud olduqda yüksək biodeqradasiya bacarığı nümayiş etdirdi ki, bu da onların dizel/biodizel ilə çirkələnmiş su mühitlərində bioremediasiya üçün effektiv olduğunu göstərir. *Penicillium digitatum* və *Fusarium oxysporum* ilə müqayisədə *Aspergillus niger* susuz şəraitdə daha az effektivlik göstərməsinə baxmayaraq, su mühitində onun biodeqradasiya qabiliyyətini müsbət qiymətləndirmək olar. Bu tapıntılar saxlanılma və daşınma zamanı bioyanacaq dağılmalarının səbəb olduğu ətraf mühit çirklənmələrinin aradan qaldırılmasında göbələklərin potensialını vurğulayır. Cari tədqiqatlar ekoloji çirklənməni azaltmaq və biodizel yanacaqlarının torpaq və su mühitinə dağılaraq uzunmüddətli qalması zamanı bioremediasiyayı artırmaq, müxtəlif tətbiqlərlə zəhərli birləşmələrin zərərsizləşdirilməsini təmin etmək üçün strategiyaların işlənib hazırlanmasına diqqət yetirməyə davam edir.

ƏDƏBİYYAT

1. *Mamedov I., Huseynova S., Javadova O., Azimova N., Huseynova R., Gasimova S.* Testing of pine oil and glycerol ketal as components of B10 fuel blend// *Energy, Environment and Storage*. 2010. Vol. 2. P. 11-14. DOI: 10.52924/SMQS5726
2. *Mamedov I.G., Javadova O.N., Azimova N.V.* Preparation of diesel fuel blends and study of their physical properties// *Proceedings of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology*. 2020. Vol. 10(2). P. 332-338. DOI: 10.21285/2227-2925-2020-10-2332-338
3. *Janaun J., Ellis N.* Perspectives on biodiesel as a sustainable fuel// *Renew. Sust. Energy Rev.* 2010. Vol. 14. P. 1312-1320. DOI: 10.1016/j.rser.2009.12.011
4. *Rafał J., Kołomański K., Wądrzyk M., Lewandowski M.* Degradation of petroleum diesel fuel accelerated by UV irradiation: the impact of ageing on chemical composition and selected physicochemical properties// *E3S Web of Conferences*. 2019. Vol. 108. P. 1-14. DOI: 10.1051/e3sconf/201910802003
5. *Gad S.C.* Diesel Fuel// *Encyclopedia of Toxicology*. 2014. Vol. 1. P. 115-118. DOI: 10.1016/B978-0-12-386454-3.00837-X S .
6. *Wolfgang S.*, Microbial Contamination in Diesel Fuel – Are New Problems Arising from Biodiesel Blends//11th International Conference on Stability Handling and Use of Liquid Fuels, 2013, 1-13.
7. *Restrepo F., Thompson M., Bassi A.*, Effect of biodiesel addition on microbial population in diesel storage tanks, NACE - International Corrosion Conference Series, 2013, 1-9.
8. *Azambuja A., Cazarolli J., Quadros P., Bücker F.*, Effect of Sulfur Content on Microbial Composition and Biodegradation of a Brazilian Diesel and Biodiesel Blend (B10)// *Energy & Fuels*, 2017, 1-31.
9. *Bai Y., Liang H., Wang L.*, Bioremediation of Diesel-Contaminated Soil by Fungal Solid-State Fermentation//*Bull Environ Contam Toxicol*. 2024, Vol.13. 112. DOI:org/10.1007/s00128-023-03840-3
10. *Pandolfo E., Anna Barra C., Ludovica R.*, Recent Advances in Bacterial Degradation of Hydrocarbons" *Water* .2023. Vol.15. P.375. DOI:10.3390/w15020375
11. *Bolin Mou, Guangyi Gong, Shimin Wu.*, Biodegradation mechanisms of polycyclic aromatic hydrocarbons: Combination of instrumental analysis and theoretical calculation// *Chemosphere*. 2023. V. 341. P.140. DOI:10.1016/j.chemosphere.2023.140017.
12. *Marta W., Piotr L., Wojciech B., Mikołaj O., Agnieszka P., Łukasz W., Łukasz Ł.*, Effect of bioaugmentation on long-term biodegradation of diesel/biodiesel blends in soil microcosms//*Science of The Total Environment*. 2019.V. 671. P.948-958, DOI:10.1016/j.scitotenv.2019.03.431
13. *Muhammad F., Setyo B., Nur I, Siti R., Sheikh A.*, Future challenges in diesel biodegradation by bacteria isolates: A review//*Journal of Cleaner Production*. 2020. V. 251. P.119. DOI:10.1016/j.jclepro.2019.119716.

14. Abdul J., Identification and Quantification of Hydrocarbon Functional Groups in Gasoline Using ¹H-NMR Spectroscopy for Property Prediction// *Molecules*. 2021. V. 26. P.6989. DOI:10.3390/molecules26226989
15. HIDAYAT A., TACHIBANA S. Biodegradation of aliphatic hydrocarbon in three types of crude oil by *Fusarium* sp. F092 under stress with artificial sea water//*J. Environ. Sci. Technol.* 2012. V. 5. P. 64.
16. Al-Otibi F., Al-Zahrani R., Marraiki N., Biodegradation of Selected Hydrocarbons by *Fusarium* Species Isolated from Contaminated Soil Samples in Riyadh, Saudi Arabia//*J Fungi (Basel)*. 2023. V. 9. P. 216. DOI: 10.3390/jof9020216.
17. Shulga A., Karpenko E., Vildanova-Martsishin R., Turovsky A., Soltys M., Biosurfactant-Enhanced Remediation of Oil-Contaminated Environments//*Adsorption Science & Technology*. 2000. V.18 P. 171. DOI:10.1260/0263617001493369.
18. Wolski E., The versatility of *Penicillium* species to degrade organic pollutants and its use for wastewater treatment//*Studies in Fungi*. 2023. V.8 P.10. DOI:10.48130/SIF-2023-0002.
19. Oshikata C.T., Naomi S., Akemi W., Maiko K., Yoichi T., Maki T., Takahiro M., Fatal pneumonia caused by *Penicillium digitatum*: A case report//*BMC pulmonary medicine*. 2023. V.13. P.16. DOI: 10.1186/1471-2466-13-16.

Minnətdarlıq

Tədqiqat işinin aparılmasında dəstək və köməyə görə Bakı Dövlət Universiteti Neft kimyası və kimya texnologiyası kafedrasına, Nüvə Maqnit Rezonansı Laboratoriyasına və ARETN Mikrobiologiya İnstitutuna təşəkkürümüzü bildiririk.

Redaksiyaya daxil olub 02.10.2024