

A.B.Süleymanova¹, G.S.Muxtarova²

AR Elm və Təhsil Nazirliyi ¹Bioresurslar İnstitutu (Gəncə)

Gəncə ş., H.Əliyev pr., 419

²Akad. Y.Məmmədəliyev adına Neft-Kimya Prosesləri İnstitutu

Bakı ş., Xocalı pr., 30

E-mail: ayshe_hesenova@rambler.ru

ÜZÜM ÇƏYİRDƏYİ YAĞINDAN ALINAN BİODİZELİN TƏDQIQI

Enerji çatışmazlığı və bütün növ yanacaq xammalına tələbatın əhəmiyyətli dərəcədə artması şəraitində enerji ehtiyatlarına və xammala qənaət son dərəcə aktual problemdir. Məqalədə heterogen katalizator olaraq Azərbaycanın Qazax rayonu ərazisindən götürülmüş Daş Salahlı bentonitinin iştirakı ilə Qərbi bölgəsində fəaliyyət göstərən “GƏNCƏ ŞƏRAB-2”-nin istehsal tullantıları olan üzümün çəyirdəyindən alınan yağların biodizelə transesterifikasiyası həyata keçirilmişdir. Biodizelin və dizel yanacağının fiziki-kimyəvi göstəriciləri təyin olunmuş və müqayisəli formada təhlil edilmişdir. Üzüm çəyirdəyi yağının biodizeli 5, 10, 15, 20% miqdarında dizel yanacağı ilə qarışdırılaraq hazırlanmış yanacağın aşınma izinin diametrinin temperaturdan asılılığı tədqiq edilmişdir.

Açar sözlər: aqrosənaye tullantısı, biodizel, transesterifikasiya, dizel, sıxlıq, kinematik özlülük

Giriş

Artan global enerji tələbatı, fosil yanacaq ehtiyatlarının tükənməsi, ekoloji böhranlar və ətraf mühitin çirklənməsi kimi problemlər bərpa olunan və davamlı yanacaqlar üzrə tədqiqatların inkişafına və sürətlənməsinə səbəb olmuşdur [1]. Enerji təminatı müasir dövrdə dövlətlərin sosial-iqtisadi inkişafının və təhlükəsizliyinin əsas şərtlərindən biridir. Tətbiq olunan enerji mənbələrinin böyük hissəsini neft, təbii qaz və kömür kimi fosil yanacaqlar təşkil etsə də, bu resursların sürətlə azalması və istifadələrinin yaratdığı ekoloji fəsadlar global enerji balansında yeni konseptual yanaşmalara ehtiyac yaratmışdır. Fosil yanacaqların yanması nəticəsində atmosfərə atılan karbon dioksid və digər istixana qazları iqlim dəyişikliyinə əsas səbəblərdən biri hesab edilir [2].

Poonam S.N., Anoop S. [3] tədqiqat işlərində qeyd edirlər ki, mövcud enerji böhranının həlli üçün alternativ və bərpa olunan enerji mənbələrinin inkişafı strateji zərurətə çevrilmişdir. Alternativ enerji mənbələri arasında günəş, külək, hidroenerji və geotermal enerjiden əlavə biokütləyə əsaslanan enerji sistemləri də geniş potensiala malikdir. Biokütlə əsaslı yanacaqların üstünlüyü ondan ibarətdir ki, onlar atmosfərə əlavə karbon yüklənməsinin qarşısını alır və hər bir dövlət öz təbii resurslarından istifadə etməklə enerji idxalından asılılığı azaldır. Buna görə də biokütlə əsaslı bioyanacaq anlayışı həm ekoloji, həm də iqtisadi nöqteyi-nəzərdən böyük əhəmiyyət kəsb edir [4].

Bioyanacaqlara aid olan biodizel, bioetanol, bioqaz və s. kimi müxtəlif yanacaq növlərini qeyd edə bilərik. Bu bioyanacaq növləri arasında biodizel xüsusi yer tutur [5]. Bioetanol və biometan kimi digər yanacaqlarla müqayisədə biodizelin üstünlüyü ondan ibarətdir ki, o, dizel mühərriklərində heç bir texnoloji dəyişiklik edilmədən istifadə oluna bilər. Bundan başqa, biodizel yüksək setan ədədi, az kükürd tərkibi, yüksək yağlama xüsusiyyəti və bioloji parçalanma qabiliyyəti ilə seçilir [6].

Atabani A.E. və həmmüəllifləri [7] tədqiqat işlərində biodizel yanacağına əhəmiyyətli rolunu və əhəmiyyətli rolunu dizel yanacağına ekoloji və texniki baxımdan daha üstün alternativ kimi qiymətləndirirlər. Onların tədqiqatları göstərmişdir ki, xüsusilə qeyri-qida yağlarından xammal olaraq istifadə edilərək, hazırlanan biodizel yanacağı ərzaq bazarına və çatışmamazlığına təsir etmədən geniş miqyasda istifadə oluna bilər. Chhetri A.B. və həmmüəllifləri [8] isə araşdırıblar ki, qeyri-qida və yaxud da yeyilməyən bitki yağları və kənd təsərrüfatı, aqrosənaye tullantıları əsasında bioyanacaq istehsalı ərzaq təhlükəsizliyinə təsir etmədən, alternativ enerji istehsalına imkan yaradır.

Biodizel alınmasının əhəmiyyətli üsulu müxtəlif katalizatorların (homogen və heterogen katalizatorlar) iştirakı ilə aparılan yenidən efirləşmə və yaxud transesterifikasiya reaksiyasıdır [9]. Bu prosesdə triqliseridlər metanol və ya etanol ilə reaksiyaya daxil olaraq yağ turşusu metil efirləri (biodizel) və qliserin əmələ gətirir. Bitki mənşəli yağlardan transesterifikasiya prosesi vasitəsilə əldə olunan biodizel həm bərpa olunan, həm də karbon emissiyalarını azaldan yanacaq hesab olunur [10].

Bitki mənşəli məhsulların bioyanacaq istehsalında xammal olaraq geniş miqdarda istifadəsi, onların qida mənbələri ilə ciddi rəqabətə, turbilentliyə səbəb olmasına gətirib çıxardır. Bu səbəbdən bitki mənşəli tullantıların biodizel istehsalında xammal olaraq tətbiqi heç bir turbilentə səbəb olmayacaq, əksinə ətraf mühitə atılan tullantılar təkrar emal edilərək yüksək qiymətləndiriləcəkdir [11]. Dünyada müxtəlif meyvə şirələri və şərab istehsalından sonra aqrosənaye müəssisələrində tonlarla miqdarda bitkimənşəli tullantı olaraq üzüm çəyirdəyi alınır. Beynəlxalq Üzüm və Şərab Təşkilatının (OIV-International Organisation of Vine and Wine) illik hesabatında qeyd olunmuşdur ki, 2023-2024-cü illərdə şərab istehsalı üçün 60 milyon ton (bu, ümumi 77 milyon tonluq istehsalın təxminən 78%-ni təşkil edir) üzüm istehsal olunmuşdur [12]. Şərab istehsalından sonra alınan üzüm çəyirdəyi çox az iqtisadi dəyərə malikdir və atılır. Şərab istehsalında istifadə olunan üzümdən 20-30% yan məhsul olaraq üzüm tullantısı qalır. Bu da təqribən 7-13 milyon ton üzüm tullantısı deməkdir. Qeyd olunan tullantı miqdarının 3-5%-ni şərablıq üzümün çəyirdəyi təşkil edir [12]. Beynəlxalq Üzüm və Şərab Təşkilatının (OIV-International Organisation of Vine and Wine) illik hesabatında qeyd olunur ki, 2023-2024-cü illərdə dünya üzrə təqribən 1-2 milyon ton şərablıq üzümün çəyirdəyi alınmışdır [12].

Üzüm çəyirdəyi yağı yüksək miqdarda triqliseridlər, həmçinin doymamış yağ turşuları tərkibli olduğundan transesterifikasiya prosesi vasitəsilə yüksək keyfiyyətli biodizel əldə etmək mümkündür [13].

Əhəmiyyətli neft əsaslı dizel yanacağı yüksək enerji sıxlığına və aşağı kinematik özlüliyə malik olsa da, onun istifadəsi nəticəsində atmosfərə kükürd oksidləri, azot oksidləri, karbonmonoksid və bərk hissəciklər atılır. Bu isə həm ətraf mühitə, həm də insan sağlamlığına mənfi təsir göstərir [13]. Biodizel isə tərkibində yüksək miqdarda oksigenin olması nəticəsində daha tam yanma, aşağı kükürd miqdarı və yüksək yağlama xüsusiyyətləri ilə fərqlənir. Bununla belə, saf biodizelin özlülüynün nisbətən yüksək, enerji dəyərinin isə dizeldən bir qədər aşağı olması onun birbaşa istifadəsində texniki çətinliklər yaradır [14]. Bu məhdudiyyətləri aradan qaldırmaq üçün biodizelin dizel yanacağı ilə qarışdırılması praktik olaraq geniş tətbiq olunur. Müxtəlif qarışıq nisbətlərində (məsələn, B5, B10, B20 və s.) istifadə olunan biodizel-dizel qarışıqları mühərrik performansını qoruyaraq emissiyaları əhəmiyyətli dərəcədə azaldır [15]. Bu üsul həm də dizel mühərriklərinin konstruktiv dəyişiklik tələb etmədən alternativ yanacaqlarla işləməsinə imkan verir.

Qida xammalları ilə müqayisədə daha çox tullantı materiallarından ibarət olan xammalların vacibliyini nəzərə alaraq, bu tədqiqatın məqsədi Azərbaycanda fəaliyyət göstərən aqrosənaye müəssisəsi olan "GƏNCƏ ŞƏRAB-2"-nin istehsal tullantısı olan üzüm

çəyirdəyindən alınan yağlardan heterogen katalizatorların iştirakı ilə transesterifikasiya üsulu ilə biodizelin hazırlanması prosesinin öyrənilməsidir. Prosesdə heterogen katalizatoru olaraq Azərbaycanın Qazax rayonu ərazisindən götürülmüş Daş Salahlı bentoniti istifadə olunmuşdur. Alınan biodizel yanacağı ağır neft qalığı olan mazutun aşağı təzyiqdə (0.4-3.0 Mpa) hidrokrekinqindən alınan dizel yanacağı ilə qarışdırılaraq (5%-dən 20% -ə qədər) alınan yanacağın fiziki-kimyəvi xassələri tədqiq edilmişdir.

Təcrübi hissə

Azərbaycanda fəaliyyət göstərən aqrosənaye müəssisəsi olan “GƏNCƏ ŞƏRAB-2”-nin istehsal prosesindən sonra götürülmüş üzüm çəyirdəyi tullantılarının təkrar emalından alınan yağlar biodizel alınmasında xammal olaraq istifadə olunmuşdur. 2024-cü ildə “GƏNCƏ ŞƏRAB-2-də şərab istehsalı zamanı illik orta hesabla 50 ton üzüm meyvəsindən 55% miqdarında üzüm şirəsi sıxılıb çıxarıldıqdan sonra 13% saplaq, 30% qabıq və çəyirdəkdən ibarət olan tullantı hissə alınmışdır. Laboratoriyada 10 kq aqrosənaye tullantısı təmizləndikdən sonra 8392 q üzüm çəyirdəyi alınmışdır. Çəyirdək hissə təmizləndikdən sonra alınan tullantılar da növbəti təcrübələrdə istifadə olunmuşdur. Çəyirdəklər yuyulub və qurutma kağızları üzərində 25-40°C arasında dəyişən temperaturda 72 saat müddətində quruducu sobada qurudulmuşdur. Qurudulduqdan sonra laboratoriya dəyirmanında (SM-450L, MRCLab) 0.50 mm-dən də az bir ölçüyə qədər üyüdülmüşdür.

Üzüm çəyirdəyi yağının alınması

Soyuq sıxma üsulu ilə yağın ayrılması prosesi 5-8 kq/saat tutumu olan xammalın KOMET CA 59 G yağ presində aparılmışdır. Prosesin çıxımı 500 q qurudulmuş üzüm çəyirdəyindən alınan yağın kütləsinə uyğun olaraq müəyyən edilmişdir.

Bentonitin hazırlanması

Tədqiqatda katalizator olaraq Azərbaycanın təbii ehtiyatı olan və Qazax rayonunun Daş Salahlı ərazisindən, adətən müxtəlif dərinliklərdə (bir neçə santimetrdən bir neçə metrə qədər) yataqları olan açıq mədənlərdən götürülmüş bentonit gilindən istifadə olunmuşdur. İlkin götürülən bentonit gillərinin tərkibi təsirsiz çirklərdən ibarət olur. Tərkibində az miqdarda belə təsirsiz çirkləri olan gildən yüksək aktivlikli bentonit əldə olunmur. Bentonit gillərinin aktivliyini yüksəltmək üçün sadə üsul olan dispersiya və sentrafuqalama istifadə olunmuşdur. Aktivləşdirilmiş gil nümunəsi əzilmiş, 0.142 mm (100 mesh)-dən də kiçik bir ölçüyə qədər ələklərdən keçirilmişdir. Bundan sonra toz halında bentonit katalizatoru hazırlanmışdır.

Transesterifikasiya reaksiyası

Biodizel heterogen katalizator olaraq təbii bentonitin iştirakı ilə üzüm çəyirdəyi yağı ilə metanolun transesterifikasiyası nəticəsində alınmışdır. Transesterifikasiya reaksiyası 1.5 qram bentonitin 100 ml (təxminən 2.4 mol) metanolda həll edilərək alınan suspenziyası 350 qram (təxminən 0.4 mol) üzüm çəyirdəyi yağına əlavə edilərək, 2 saat müddətində fasiləsiz olaraq maqnit qarışdırıcısı vasitəsilə qarışdırılaraq, 65°C temperaturda üçboğazlı kolbada aparılmışdır.

Tədqiqatın nəticələri və müzakirəsi

Tədqiqat zamanı aparılan təcrübələrin nəticələri göstərir ki, soyuq sıxma üsulu ilə xammal olaraq üzüm çəyirdəyindən 500 q quru çəkiyə görə 33.5% kütlə üzüm çəyirdəyi yağı alınmışdır.

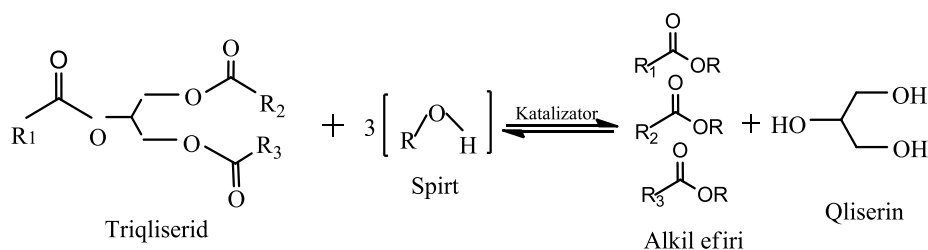
Üzüm çəyirdəyi yağından metanol ilə aktivləşdirilmiş bentonit katalizatorunun iştirakında transesterifikasiya reaksiyası ilə biodizelin alınması prosesi tədqiq edilmişdir. Üzüm çəyirdəyi yağının biodizelə çevrilməsinin transesterifikasiya reaksiyasının material balansı cədvəl 1-də verilmişdir.

Cədvəl 1

Biodizel alınmasında transesterifikasiya prosesinin material balansı

Xammal	Katalizatorun miqdarı, g/L	Mol nisbəti yağ: metanol	Reaksiyanın temperaturu, °C	Reaksiyanın müddəti, dəq.	Yağ turşularının metil efirinin çıxımı, %	Qliserinin çıxımı, %
Üzüm çəyirdəyi yağı	1.5	1:10	65	120	92.9	6.3

Transesterifikasiya reaksiyasında yağ turşularının qarışığı olan triqliserid heterogen katalizator olaraq bentonitin iştirakı ilə spirtlə reaksiyaya daxil olaraq yağ turşusunun metil efiri və yaxud biodizel alınır. Reaksiyada əlavə məhsul kimi qliserin əldə edilir. Transesterifikasiya döner reaksiyadır və aktiv bentonit katalizatoru çevrilməni sürətləndirir. Bitki yağına özlülük və sıxlıq verən qliserindir. Biodizel yanacağını əldə etmək üçün yağın tərkibində olan qliserini çıxararaq spirtlə əvəz etmək lazımdır ki, bu da apardığımız transesterifikasiya prosesidir. Ümumi transesterifikasiya mexanizmi şəkildə göstərilmişdir [16]:



Şəkil. Triqliseridlərin transesterifikasiya reaksiyasının mexanizmi

Transesterifikasiya reaksiyasından alınan biodizel yanacağının və ağır neft qalığı olan mazutun aşağı təzyiqdə birbaşa hidrokrekinqi məhsulu olan dizel fraksiyasının fiziki-kimyəvi göstəriciləri müxtəlif metodlarla tədqiq edilmişdir (cədvəl 2). Analizlərin nəticəsi olaraq dizel və biodizel yanacaqlarının müxtəlif fiziki-kimyəvi parametrlərində fərqlərin olduğunu qeyd edə bilərik ki, bu da onların tərkibinin müxtəlifliklərindən irəli gəlir. Bioyanacağın tərkibi mürəkkəb efirlərdən, dizel yanacağı isə əsasən doymuş və doymamış karbohidrogenlərdən ibarətdir. Alınan bioyanacağın sıxlığı, özlülüüyü və setan ədədi mazutdan alınan dizel yanacağından yüksək, bioyanacağın tərkibindəki kükürdün miqdarı da müəyyən miqdarda aşağıdır. Cədvəl 2-dən görüldüyü kimi, dizeldə sıxlıq 839.7 kq/m³ biodizeldə 864.3 kq/m³, dizeldə kinematik özlülük 2.4390 mm²/s biodizeldə 4.4875 mm²/s, setan ədədi isə dizeldə 52.5 biodizeldə isə 64-dür.

Cədvəl 2

Yanacağın fiziki-kimyəvi göstəriciləri

Göstəricilər	Dizel yanacağı	Biodizel yanacağı
Sıxlıq, 20°C, kq/m ³	839.7	864.3
Kinematik özlülük, 40°C, mm ² /s	2.4390	4.4875
Şüasındırma əmsalı, 20°C	1,4777	1.8964
10% qalığın kokslaşması, %	0.4	0.3
Setan ədədi	52.5	64

Cədvəl 2-nin davamı		
Sülfatlaşmış kül, % (kütlə)	0.02	0.01
Su, % (kütlə)	0.251	0.011
Kükürd, % (kütlə)	0.18	0.01
Alovlanma temperaturu, °C	55	122
Donma temperaturu, °C	-25	-12

Atmosferdən zərərli emissiyaları CO, NO_x, CO₂, HC və his emissiyalarını azaltmaq və dizel mühərriklərində olan nasos, enjektor və digər sürtünməyə məruz qalan avadanlıqların tez sıradan çıxması üçün ağır neft qalığı olan mazutdan alınan dizel yanacaqlarına müxtəlif nisbətdə alınan biodizel qarışdırılmışdır: B5 (5% biodizel+95% dizel); B10 (10% biodizel+90% dizel); B15 (15% biodizel+85% dizel); B20 (20% biodizel+80% dizel). Ədəbiyyat məlumatlarında [16, 17] qeyd olunur ki, biodizel polyar oksigenli funksional qruplardan (–COOR) ibarət olan yağ turşularının metil efirləri metal səthə güclü qarşılıqlı təsir göstərir. Bu molekullar sürtünən səthdə nazik qoruyucu təbəqə əmələ gətirir və nəticədə aşınma azalır. Bu səbəbdən üzüm çəyirdəyi biodizeli yalnız bərpa olunan enerji mənbəyi kimi deyil, dizel mühərriklərinin istifadə müddətinin artırılmasını təmin edən funksional bioqatqı kimi də perspektivli hesab olunur.

Tədqiqatda mazutdan alınan dizel fraksiyasının, üzüm çəyirdəyi yağından alınan biodizel və hər iki yanacağın müxtəlif nisbətdə qarışığından alınan yanacağın aşınma izinin diametrinin temperaturdan asılılığı öyrənilmiş və cədvəl 3-də təqdim olunmuşdur.

Cədvəl 3

Yanacağın aşınma izinin diametrinin temperaturdan asılılığı

Yanacağın növü	Aşınma izinin diametri, mm			
	20°C-də	40°C-də	60°C-də	80°C-də
Dizel yanacağı	0.79	0.80	0.80	0.82
Biodizel yanacağı	0.37	0.38	0.43	0.49
95% dizel və 5% biodizel	0.40	0.42	0.50	0.53
90% dizel və 10% biodizel	0.49	0.50	0.51	0.52
85% dizel və 15% biodizel	0.43	0.45	0.48	0.50
80% dizel və 20% biodizel	0.35	0.38	0.41	0.45

Dizel mühərrikləri müxtəlif temperaturlarda işləyir, bu da istifadə olunan yanacaqlarda fərqli aşınma mexanizmlərinə səbəb ola bilər. Temperaturun artması ilə yanacaqlarda aşınma izinin diametrinin artması, əsasən fiziki və kimyəvi hazırlanış mexanizmlərin eyni anda işləməsi ilə izah olunur. Biodizelin və dizel ilə qarışdırılaraq alınan yanacaqların sürtünmə hərəkətinə qarşı temperaturun təsirini müəyyən etmək üçün yanacaqlar 20-80°C temperaturda sınaqdan keçirilmişdir. Cədvəl 3-dən göründüyü kimi, temperaturun artması ilə aşınma izinin diametri də müəyyən qədər artmışdır. 80°C-də effektiv olaraq biodizelin fiziki adsorbsiya plyonkalarının əmələ gəlməsinə görə B15 və B20 yanacağında aşınma əleyhinə yüksək nəticələr müşahidə edildi. Temperatur artanda yanacağın özlülüyü azalır və bu zaman metal səthlər arasında yaranan incə yağ təbəqəsi incəlir, kontakt artır və aşınma izinin diametri böyüyür. Yüksək temperaturda fiziki adsorbsiyanın təsiri müəyyən qədər zəif olur ki, bu da sürtünmə hərəkətlərində kimyəvi adsorbsiya və kimyəvi reaksiya qatlarının üstünlük təşkil etdiyini göstərir.

Nəticə

Alternativ enerji mənbəyi kimi, aqrosənaye tullantıları olan üzüm çəyirdəyindən alınan bitki yağlarının metanol ilə bentonit katalizatorunun iştirakında transesterifikasiya reaksiyasından biodizel yanacağının hazırlanması texnologiyası tədqiq edilmişdir. Yekun olaraq qeyd edə bilərik ki, üzüm çəyirdəyi yağı alternativ yanacaq olaraq biodizelin hazırlanmasında iqtisadi cəhətdən əlverişli və ekoloji təmiz təbii xammal mənbəyi kimi istifadə oluna bilər. Eyni zamanda üzüm çəyirdəyi biodizeli yalnız bərpa olunan enerji mənbəyi kimi deyil, həm də dizel yanacağına əlavə etməklə nəqliyyat vasitələrinin ekoloji və istismar müddətinin artırılmasını təmin etmək olar.

ƏDƏBİYYAT

1. Kumar M., Pal Sharma M. Selection of potential oils for biodiesel production. *Renew Sustain Energy Revs.* 2016, v. 56, p. 1129–38.
2. Mukhtarova G.S., Suleymanova A.B. Study of biodiesel obtained from agro-industrial waste. *Processes of Petrochemistry and Oil Refining.* 2024, v. 25, 3, p. 666–674.
3. Poonam S.N., Anoop S., Production of liquid biofuels from renewable resources. *Progress in Energy and Combustion Science.* 2011, v.37, p. 52–68.
4. Mukhtarova G.S., Ibrahimov H.J., Hasanova A.B., Safarov J.T., Ibrahimov H.J., Aliyev T.A. Study of regime parameters effect on hydrocracking process of fuel oil in the presence of nano-sized halloysite modified by Mo, Ni. *Processes of Petrochemistry and Oil Refining.* 2021, v. 22, 4, p. 441–449.
5. Hasanova A.B., Mukhtarova G.S. Production of diesel fraction from the hydrocracking process of fuel oil. *Processes of Petrochemistry and Oil Refining.* 2023, v. 24, 2, p. 278–285.
6. Mukhtarova G.S., Suleymanova A.B. Research of physical-chemical properties of biodiesel fraction obtained from agro-industrial waste. *Processes of Petrochemistry and Oil Refining.* 2025. v. 26, 2, p. 564–573.
7. Atabani A.E., Silitonga A.S., Badruddin İ.A. et al., A comprehensive review on biodiesel as an alternative energy resource and its characteristics. *Renewable and Sustainable Energy Reviews.* 2012, v. 16, p. 2070–2093.
8. Chhetri A.B. et al. Waste Cooking Oil as an Alternate Feedstock for Biodiesel Production. *Energies.* 2008, v. 1, p. 3-18.
9. Fernandez C. M., Ramos M. J., Perez A., Rodriguez J. F. Production of biodiesel from winery waste: Extraction, refining and transesterification of grape seed oil. *Bioresource Technology.* 2010, 101, 18, 7019–7024.
10. Gurpinder S., Saroj K.M., Satishchandra S. R., Krishnendu K. Optimization of biodiesel production from grape seed oil using Taguchi's orthogonal array, *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects.* 2018, 40, 2144–2153.
11. Adebayo F., Weng F. I. A Study on Performance Evaluation of Biodiesel from Grape Seed Oil and Its Blends for Diesel Vehicles, *Vehicles.* 2021, v. 3, 4, p. 790–806.
12. https://www.oiv.int/sites/default/files/202507/Safety_assessment_of_cadmium_in_vine_and_wine-OIV-Expertise_document.pdf
13. Knothe G. Dependence of biodiesel fuel properties on the structure of fatty acid alkyl esters. *Fuel Proc Technol.* 2005, v. 86, p. 1059–1070.
14. Bukkarapu K.R., Krishnasamy A. Predicting engine fuel properties of biodiesel and biodiesel-diesel blends using spectroscopy based approach, *Fuel Process. Technol.* 2022, v. 230, p. 107227–107239.

15. Fereidooni L., Mehrpooya M. Experimental assessment of electrolysis method in production of biodiesel from waste cooking oil using zeolite/chitosan catalyst with a focus on waste biorefinery, *Energy Convers. Manag.* 2017, v. 147, p. 145–154.
16. Wang H, Yang X., Ou X. A study on future energy consumption and carbon emissions of China's transportation sector. *Low Carbon Economy.* 2014, v. 5, 04, p. 133–138.
17. Subbaiah G.V, Gopal K.R, Hussain S.A, et al. Rice bran oil biodiesel as an additive in diesel-ethanol blends for diesel engines. *International Journal of Engineering Research and Applications.* 2010, v. 3, p. 334–342.

УДК 547.913:543.26:636.085.16

А.Б.Сулейманова¹, Г.С.Мухтарова²

Министерство Науки и Образования АР¹ Институт Биоресурсов (Гянджа)

²Институт Нефтехимических Процессов им. акад. Ю.Мамедалиева, г. Баку

ИССЛЕДОВАНИЕ БИОДИЗЕЛЯ ИЗ ВИНОГРАДНОГО МАСЛА

РЕЗЮМЕ

Ключевые слова: агропромышленные отходы, биодизель, переэтерификация, дизельная фракция, плотность, кинематическая вязкость

В условиях энергетического дефицита и значительного роста спроса на все виды топливного сырья экономия энергоресурсов и сырья является чрезвычайно актуальной проблемой. В статье проведена переэтерификация масел, полученных из виноградных косточек, являющихся отходами производства агропромышленного предприятия «Гянджа Шараб-2», работающего в Западном регионе, с участием бентонита Даш Салахлы, взятого с территории Газахского района Азербайджана в качестве гетерогенного катализатора, в биодизельное топливо. Определены и проанализированы физико-химические показатели биодизеля и дизельного топлива в сравнительном порядке. Изучена температурная зависимость диаметра пятна износа топлива, приготовленного путем смешивания биодизеля из масла виноградных косточек с дизельным топливом в количестве 5, 10, 15, 20%.

UDC 547.913:543.26:636.085.16

A.B.Suleymanova¹, G.S.Mukhtarova²

Ministry of Science and Education of the Republic of Azerbaijan

¹Institute of Bioresources (Ganja)

²Institute of Petrochemical Processes named after Y.Mammadaliyev

RESEARCH ON BIODIESEL FROM GRAPE OIL

SUMMARY

Key words: agro-industrial waste, biodiesel, transesterification, diesel fraction, density, kinematic viscosity

In the conditions of energy shortage and a significant increase in the demand for all types of fuel raw materials, saving energy resources and raw materials is an extremely urgent

problem. In the article, transesterification of oils obtained from grape seeds, which are production wastes of “Ganja Sharab-2”, operating in the western region, with the participation of Dash Salahli bentonite taken from the territory of the Gazakh region of Azerbaijan as a heterogeneous catalyst, was carried out into biodiesel. The physicochemical parameters of biodiesel and diesel fuel were determined and analyzed in a comparative manner. The temperature dependence of the wear spot diameter of the fuel prepared by mixing grape seed oil biodiesel with diesel fuel in an amount of 5, 10, 15, 20% was studied.

Daxil oldu: 16.09.2025-ci il