

UOT 665.38

BİTKİ MƏNŞƏLİ DİZEL YANACAQLARININ ALINMASI VƏ İSTİFADƏSİNİN ƏSAS İSTİQAMƏTLƏRİ

ƏLİYEVƏ ZÜLFİYYƏ MEHDİ qızı

AMEA-nın akad.Y.H.Məmmədəliyev adına Neft-Kimya Prosesləri İnstitutu, Bakı, Azərbaycan, b.e.i.

zulfiya.aliyeva@mail.ru

Açar sözlər: bioyanacaq, biodizel, bitki yağları, yanma məhsulları, transefirləşmə, efirləşmə, triqliseridlər, ekoloji təhlükəsiz dizel yanacaqları

Hazırda nəqliyyat enerji istehlakına görə ikinci ən böyük sənaye sahəsidir və bu, hər il 1.1% artır [1]. Hazırkı vəziyyətdə bu enerjinin əsas hissəsi benzin, maye qaz, dizel yanacağı və təbii qaz kimi ənənəvi yanacaqlar tərəfindən təmin olunur.

Lakin bu tip yanacaqların istifadəsinin istixana effekti yaradan qazların yaradılması, turşu yağışları və qlobal istiləşmə kimi ekologiya üçün çox zərərli olan effektləri var. Ekoloji problemlərlə yanaşı, xam neft ehtiyatlarının azalması və mineral enerji daşıyıcılarının istifadəsi nəticəsində Yer kürəsinin ekologiyasında baş verən dönməz dəyişikliklər alternativ enerji mənbələrinə keçilməsini zəruri edir [2]. Dünyanın aparıcı ölkələri tərəfindən yeni enerji mənbələrinə keçid planları təsdiqlənib və müxtəlif direktivlər qəbul olunub .

Bitki və heyvan mənşəli yağların sadə spirtlərlə transefirləşmə prosesində istehsal oluna bilən biodizel yanacağı bərpa oluna bilməsi, asan və tez parçalanması, daha az ekoloji zərərli olması və üstün yanma səmərəliliyinə malik olması səbəbindən neft mənşəli dizel yanacağı üçün perspektivli əvəzedicidir. Belə ki, 65-70 °C alışıma temperaturuna malik olan neft mənşəli dizel yanacağı ilə müqayisədə 120-150 °C alışıma temperaturuna malik biodizel yanacağı daha az yanıcı və partlayıcı hesab olunur. Nəticədə, biodizelin istifadəsi, daşınması və saxlanması nisbətən daha asan və təhlükəsizdir. Əlavə olaraq, biodizel istehsalı inkişafda olan ölkələrdə qida yağlarının istehsalının artmasına və bununla da kənd təsərrüfatı sənayesinin inkişafına təkan verə bilər [3].

Biodizel yanacağının alınması üçün xammal. Bitki yağlarının spirtlərlə alkoqoliz prosesi onların biodizelə çevrilməsi üçün istifadə olunan ən geniş yayılmış və inkişaf etdirilmiş üsuldur.

Bu zaman biodizel istehsalı üçün əsas xammal kimi qida, qeyri-qida və heyvan mənşəli yağlar, eyni zamanda tullantı yağları istifadə olunur. Yeni xammal mənbələri tapmaq və nisbətən bahalı qida yağlarının istifadəsini azaltmaq məqsədilə bir sıra elmi araşdırmalar aparılmışdır [4].

Bir sıra tədqiqatlarda biodizel yanacağı kimi birbaşa bitki yağlarının istifadəsi tədqiq olunmuşdur. Məsələn, günəbaxan, pambıq, qarğıdalı və zeytun yağlarını neft mənşəli dizel yanacağı ilə qarışdıraraq laboratoriya şəraitində 4 gedişli, su ilə soyudulan, 6 silindri dizel mühərrikində (Mercedes-Benz OM 366LA) sınaqdan keçirmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, bitki yağları ilə qarışdırılmış yanacağın istifadəsi tüstü qazlarının miqdarını azaldır, lakin dizel yanacağında bitki yağlarının faiz nisbəti artdıqca azot oksidlərinin (NO_x), karbon monoksidin (CO) və yanmamış karbohidrogenlərin miqdarı artır [5].

Məlum olduğu kimi, biodizel yanacağı müxtəlif bitki və heyvan mənşəli yağlar və sadə spirtlər əsasında alınır. Bu zaman istifadə olunan spirtlərin molekul çəkisi alınan biodizelin çıxımına və xüsusiyyətlərinə təsiri böyükdür. Belə nəticəyə gəlinmişdir ki, ən yüksək çıxım metanolla, ən aşağı çıxım isə propanol-2 ilə əldə olunur [6]. Bundan əlavə, şaxəli quruluşlu spirtlərdən istifadə isə alınan biodizelin donma temperaturunu azaldır. İstifadə olunan spirtlərdə karbon atomlarının sayının artması ilə biodizelin çıxımı azalır [7].

Biodizel yanacağıının alınması üçün katalizatorlar.

1. Qələvi katalizatorlar. Biodizel efirlərinin alınmasında katalizator mühüm rol oynayır. Ümumiyyətlə, bu prosesdə istifadə olunan katalizatorlar homogen və heterogen olmaqla iki qrupa ayrılabilir. Bu qrupların hər biri isə ayrılıqda turşu, qələvi və qarışıq ikifunksiyalı katalizatorlar kimi təsnif olunur.

Homogen qələvi katalizator kimi ən geniş istifadə olunan katalizatorlar natrium və kalium hidrokksidləridir. Bu katalizatorlar həm yüksək aktivliyə malik olduqlarından, həm də asan və ucuz əldə edildiyindən biodizel istehsalı üçün geniş miqyasda istifadə olunur. [8]

Bir sıra tədqiqatlarda soya, günəbaxan və tullantı yağlarının alkoqoliz prosesində NaOH və natrium metoksid (NaOCH_3) kimi natrium əsaslı katalizatorların kalium əsaslı katalizatorlardan daha yüksək katalitik aktivlik göstərdiyi aşkar olmuşdur. [9]

Lakin kalium hidrokksidin də uğurla istifadəsi bir sıra tədqiqatlarda qeyd olunmuşdur. Məsələn, quş yağı və metanolun 65°C -də 1% (küt.) KOH katalizatorunun iştirakı ilə metanolun yağa nisbəti 6:1 olan transefirləşmə reaksiyasından 380 dəqiqə sonra 97% çıxımla biodizel alınması və balıq yağının 0.5% (küt.) KOH katalizatorun istifadəsində metanolun yağa nisbəti 6:1 olan 32°C -də aparılan çoxmərhələli transefirləşmə reaksiyasından 360 dəqiqə sonra 96% çıxımla biodizel alınmasında KOH katalizatorunun digər qələvi katalizatorlardan daha üstün olunması göstərilmişdir. [10]

2. Turşu katalizatorlar. Aşağı keyfiyyətli xammaldan (tərkibində sərbəst yağ turşuları (SYT) olan) biodizel efirlərinin alınması üçün turşu katalizatorlardan efirləşmə, daha sonra isə qələvi katalizatorlardan transefirləşmə prosesində istifadə etmək olar. Transefirləşmə re-aksiyası zamanı turşu katalizator da istifadə oluna bilər, lakin turşu katalizatoru ilə gedən transefirləşmə reaksiyasının sürəti çox zəif olur və yağın biodizelə çevrilməsi təxminən 24-48 saata baş verir [11]. Qeyd olunan katalizatorların arasında müvafiq olaraq sulfat turşusu, metansulfat turşusu və fosfat turşusu ən yüksək aktivliyə malik katalizatorlardan hesab olunur.

3. Heterogen katalizatorlar. Yüksək aktivliyinə və nisbətən ucuz qiymətinə görə homogen katalizatorların biodizel istehsalında geniş istifadə olunmasına baxmayaraq homogen katalizatorlar prosesdə yenidən istifadə oluna bilmir. Bu baxımdan, heterogen katalizatorlar iqtisadi və ekoloji cəhətdən daha əlverişli hesab olunur, çünki bu tip katalizatorlar həm məhsuldan asan ayrılmaqla təmizlənmə mərhələsini aradan çıxarır, həm də yenidən istifadə oluna bilərlər. Lakin heterogen katalizatorlar daha yavaş reaksiya sürətinə malikdirlər.

Biodizel yanacağıının alınmasında tədqiq olunmuş bərk katalizatorlar kimi müxtəlif daşıyıcılara hopdurulmuş qələvilər [12], polimer-gel katalizator [13], turşularla işlənmiş seolitlər [14], nano ölçülü metal oksidləri və onların qarışıqlarını misal gətirmək olar [15-17]. Qeyd olunan katalizatorların arasında yüksək qələvi aktivliyinə, az həll olmasına, istifadəsinin asanlığına və daha ucuz olmasına görə kalsium oksid diqqət mərkəzindədir.

Ucuz və aktiv kalsium əsaslı katalizatorların əldə olunması üçün bir sıra təbii və tullantı mənbələri araşdırılmışdır. Bu tipli kalsium birləşmələri qızdırılarkən biodizel istehsalında istifadə oluna bilən CaO birləşməsinə çevrilirlər. Müəyyən olunmuşdur ki, balıq qabığı qabıqlarının 120 dəqiqə ərzində 900°C -də kalsinasiyası nəticəsində CaO əmələ gəlir ki, bu da palma yağı və metanolun transefirləşmə prosesində katalizator kimi iştirak edə bilər. [18]

Yumurta və xərçəng qabıqlarından da CaO mənbəyi kimi istifadə olunmuşdur [32]. Əldə olunan katalizator günəbaxan yağı və metanol arasında gedən transefirləşmə prosesində istifadə olunub və 180 dəqiqə ərzində 60°C temperaturda spirtin yağa mol nisbəti 9:1 olan transefirləşmə prosesindən 94.10% çıxımla biodizel alınması təsdiq edilib.

CaO katalizatoru üçün daşıyıcı kimi NaY, KL və NaZSM-5 seolitləri istifadə olunub. NaY zeolit, metanol / soya yağı molar nisbəti 9:1, reaksiya temperaturu 65°C , reaksiya müddəti 3.0 saat və katalizator 30% küt (yağa görə) olduqda biodizelin çıxımı 95% təşkil etmişdir. [31, 32]

4. İon mayeləri və amintərkibli katalizatorlar. Biodizel istehsalında bir sıra üzvi qələvi katalizatorlar da istifadə olunur. Pambıq yağı və qızardılmış tullantı yağlarının metanoliz prosesi

üçün tetrametil ammonium hidroksid (TMAH), benziltrimetil ammonium hidroksid (BTAH) kimi amin əsaslı maye katalizatorlar tətbiq olunmuşdur. Nəticələr göstərmişdir ki, qeyd olunan hər iki katalizator biodizel istehsalı üçün yüksək aktivliyə malikdir [20].

Pambıq yağı və qızardılmış tullantı yağlarından biodizel istehsalı üçün tərkibində qələvi metal olmayan 1,1,3,3-tetrametilquanidin (TMQ) katalizatoru da test edilmişdir [21]. Müəyyən olunmuşdur ki, yağdakı SYT-ının amin katalizatoru ilə reaksiyaya girməsi səbəbindən sabun əmələ gəlmir və reaksiyanı aşağı turşuluğa malik olan yağ turşularının amidlərinin və tetrametilquanidin üzvi duzlarının yaranmasına yönəldir.

Bitki yağları və spirtlərdən alınan bioyanacaqların alınmasında ion mayeləri daşıyıcı kimi (köməkçi maddələr) və ya əsas katalizator kimi istifadə edilə bilər. Birinci halda triqliseridlərin transefirəşmə proseslərində ion mayelərindən istifadə prosesdə iki fazalı sistemin daha tez əmələ gəlməsinə səbəb olur. Bu halda tərkibində qliserin olan suda həll oluna bilən məhlulun çıxarılması transefirəşmə reaksiyasını tarazlığını sağa dövrü yönəldir, əsas məhsulun çıxımını artırır [22,23].

İon mayesi kimi xolin xlorid: $ZnCl_2$ ion mayesi, $[Sn(3\text{-hidroksi-}2\text{-metil-4-piron}[(H_2O)_2])]$ kompleksini 1-n-butil-3-metilimidazoliy tetraxloridat ([IMT] [InC14]) ion mayesini, qalayla 1-n-butil-3-metilimidazoliyheksaflüorofosfat ([IMT] [PF₆]) əsasında kompleksi ion mübadiləli qatranlara hopdurmaqla alınan katalizatorlar tədqiq olunmuşdur [24].

Lapis və başqaları biodizel yanacağı almaq üçün katalizator kimi [BMI] [NTf₂], [BMI] [BF₄] və [BMI] [PF₆] ion mayelərini sınaqdan keçirmişlər. Ən yaxşı nəticə [IMT] [NTF₂]-dən istifadə edərək alınmışdır ki, bu da biodizel efrinin 98% çıxımını təmin etmişdir [25].

5. Fermentlərin katalizator kimi iştirakında biodizelin alınması.

Biodizelin alınmasında yeni bir katalitik proseslər fermentlərin istifadəsilə həyata keçirilir. Belə yeni katalizatorlar kimi müxtəlif lipazlar sınaqdan keçirilib. Lipazların katalizator kimi üstünlükləri: daha aşağı temperatur (20-50°C), təmizlənməmiş xammalın istifadəsi, sərbəst yağ turşularının istifadəsi, immobilizasiya olunmuş lipazların təkrar istifadəsi, məqsədli məhsulların asan yuyulması, Lipazların gen mühəndisliyi üsulları ilə modifikasiyasının mümkünlüyü. Lipazların katalizator kimi çatışmazlıqları: reaksiya uzun müddət aparılması və lipazların metanol-etanol və əmələ gələn qliserin mühitində deaktivasiya olunmasıdır [26].

Hal-hazırda sənayedə bir sıra lipazlar istifadə olunur. Onlardan ən geniş yayılmışı makroməsələli polimetilakrilata immobilizasiya olunmuş *Candida antarctica*-dan alınmış Novozym 435, *Rhizomucor miehe*-dən alınmış və anionitə immobilizasiya olunmuş Lipozyme RM IM, *Thermomyces lanuginosus*-dan alınmış və qranula olunmuş silikagelə immobilizasiya olunmuş Lipozyme TL IM lipazlar istifadə olunur [27, 28].

Lipazların təkrar istifadəsi üçün onlar mütləq hansısa daşıyıcılara immobilizasiya olunmalıdır. Bu zaman daşıyıcılar iqtisadi nöqteyi-nəzərdən əlverişli olmalıdırlar. Ən ucuz daşıyıcılar kimi silikagel, diatomit və kaolinit [29,30] istifadə olunur.

Fiziki üsulların biodizel yanacağının alınmasında istifadəsi.

1. Mikrodalğalar təsirində biodizelin alınması.

Transefirəşmə reaksiyasının aktivləşdirilməsi üçün yağ və spirt təbəqələrinin daha yaxşı qarışmasını təmin etmək məqsədi ilə bir sıra metodlardan, o cümlədən mikrodalğalı isitmə, ultrasəsli kavitasiya və superkritiki metodlarından istifadə olunmuşdur.

Biodizel yanacağının alınmasında bitki yağlarının spirtlərlə katalitik transefirəşmə reaksiyalarında yüksək polyarlığa və mikrodalğaları udma qabiliyyətinə malik olan metanol istifadə olunur. Məsələn, Gude və başqaları [31] apardıqları tədqiqatlarda mikrodalğalar təsirində biodizelin alınması prosesinin müddətini ənənəvi üsulla müqayisədə 2 saatdan 6 dəqiqəyə dək azalmasını və eyni zamanda biodizelin daha yüksək çıxımının (adi üsuldən 4,1% daha çox) əldə edilməsini sübut etmişlər. Bundan əlavə, mikrodalğalar təsirində aparılan prosesin enerji istehlakı 288 kC, adi şəraitdə aparılan prosesdə isə 3150 kC təşkil edir və bu da birinci prosesin daha əlverişli olduğunu təsdiqləyir.

Bundan əlavə, mikrodalğalı təsir superkritik şəraitdə aparılan qeyri-katalitik transedfirləşmə reaksiyalarının təkmilləşməsi üçün də istifadə oluna bilər, xüsusən də tərkibində su olan xammallar üçün, çünki su molekulları dipol momentinə malikdirlər və elektrik sahəsinə həssasdırlar. Mikrodalğalar təsirində dipollar yüksək tezliklə dəyişən elektrik sahə üzrə yönəlməyə cəhd edir və nəticədə lokal qızmalar baş verir.

Bu istiqamətdə aparılan işlər kimi qurudulmuş və nəm mikroyosunlar yağının superkritik şəraitdə transefirləşmə proseslərini qeyd etmək olar. Məlum olduğu kimi, biodizel yanacağına super kritik şəraitdə qeyri- katalitik alınması prosesi 350 °C və 15 MPa təzyiq altında aparılır və mürəkkəb texniki şərait və qurğular tələb edir və iqtisadi nöqtəyi nəzərindən əlverişli sayıla bilməz [32].

2. Ultrasəsli dalğalar təsirində biodizelin alınması.

2000-ci illərdən başlayaraq ultrasəsli dalğaların kimyəvi tədqiqatlarda istifadəsi daha çox genişləniş. Aparılan tədqiqatlar nəticəsində aydın olmuşdur ki, ultrasəsli dalğaları kimyəvi reaksiyalara təsiri aşağıdakılardan ibarətdir: axının akustik qarışması, səs təzyiqinin təsiri altında maye sürətinin artması, kavitasiya qabarcıqlarının partlaması nəticəsində əmələ gələn təzyiqin təsirindən molekullarda kimyəvi əlaqələrin zəifləməsi. Əsas təsiri axırını göstərilməmiş effekt göstərir.

İlk dəfə olaraq ultrasəsli dalğaların biodizel yanacağına alınması üçün [33] işin müəllifləri məlumat vermişlər və qeyd etmişlər ki, reaksiya müddətinin, istifadə olunan katalizatorun miqdarının azalması və spirtin daha az nisbətdə istifadəsi bu növ aktivləşməni unikal edir və məhz buna görə də hal-hazırda bu tədqiqatlar azalmadan davam etdirilir.

Ultrasəs enerjisi katalizatorların daha kiçik hissələrə parçalanmasına səbəb olur və bu da öz növbəsində katalizatorun səthinin və onun reagenlərlə kontakt səthinin artırır və daha uzun müddət stabilliyinin saxlanılmasına gətirib çıxarır. Buna görə də bu prosədə bərk katalizatorların istifadəsi məqsədə uyğundur [34]. Bu işin müəllifləri hətta biodizel efirlərinin alınmasında istifadə olunan Novozym 435 ferment katalizatorun aktivliyinin artması haqqında məlumat vermişlər.

Yuxarıdakıları nəzərə alaraq bu prosesin sənayeləşdirilməsi və çatışmazlıqları aradan qaldırmaq üçün əlavə texniki və elmi təkmilləşdirilmə tələb olunur.

Ultrasəsli dalğalar istifadəsində katalizatorlar öz aktivliklərini itirmir və yenidən istifadə oluna bilər.

3. Superkritik şəraitlərdə biodizelin alınması.

Biodizel efirlərinin daha effektiv alınma üsullarının işlənməsi hər zaman gündəmdədir və belə proseslər sırasında superkritik şəraitlərdə aparılan proseslər diqqət nəzərindədir. Qeyd etmək lazımdır ki, mayenin temperaturu kritik həddi aşanda o superkritik halda olur və demək olar ki, hər bir maddəni özündə həll etmə qabiliyyətinə malik olur. Bu effekt bir çox proseslərdə tətbiq olunub, o cümlədən biodizelin alınmasında [35].

Superkritik şəraitlərdə biodizel efirlərinin alınması prosesləri iki istiqamətdə gedə bilər. Birinci istiqamət üzrə katalizatorun istifadəsilə adi şəraitdə aparılan prosədə məqsədli məhsulların sonradan superkritik karbon dioksidi ilə ekstraksiyası, diqər bir prosədə isə alkaqoliz prosesinin birbaşa superkritik halda olan metanolla ($T_{kp} = 513,0 \text{ K}$ $P_{kp} = 8,04 \text{ MPa}$) katalizatorsuz aparılmasıdır. İkinci istiqamət üzrə aparılarkən yağ/spirt fazalarının ayrılması müşahidə olunmur.

Bu proses bir sıra tədqiqat işlərində metanolun öncədən 350 °C -dək qızdırılması ilə 24-36 s ərzində spirt:yağ nisbəti 42:1-100:1 olduqda sınaqdan keçirilib [36].

Diqər bir işdə lipazların istifadəsində superkritik CO₂ mühitində aparılan ekstraksiya prosesinin üstünlükləri və biodizel yanacağına bir- və iki mərhələli alınma prosesi tətbiq olunmuşdur .

Hal-hazırda sənayedə alınan biodizel yanacağına ənənəvi neft əsaslı dizel yanacağından bir qədər bahadırlar və bunun səbəbi birbaşa istifadə olunan xammalın qiyməti ilə bağlıdır. Bitki yağlarının müxtəlif yağlı bitkilərin tumlarından superkritik şəraitdə aparılan ekstraksiya prosesi də alınan yağların kifayət qədər ucuzlaşmasına səbəb ola bilər [37].

Biodizel yanacağının qiymətinin münasib olması üçün onun alınma texnologiyaları təkmilləşməlidir. Belə təkmilləşmələr həm yeni katalizator növlərinin tapılması, həm də proseslərin aşağı enerjili dalğalar təsirində, məsələn, ultrasəs, mikrodalğalı şüalanma, maqnit dalğaları və s. bu kimi təsirlər vasitəsilə aparılmasından ibarət olmalıdır.

ƏDƏBİYYAT

1. BP statistical review of World Energy, June 2013. <http://www.bp.com/statisticalreview> [accessed 19.02.15].
2. Рустамов М.И., Аббасов В.М., Мамедова Т.А., Пириев Н.Н. Экологическое состояние Земли и альтернативные источники энергии. Баку, 2008, 717 с.
3. Baskar G, Aiswarya R. Trends in catalytic production of biodiesel from various feedstocks. *Renew Sustain Energy Rev*, 2016, Vol. 57, pp. 496-504
4. Wang R, Hanna MA, Zhou W-W, Bhadury PS, Chen Q, Song B-A, et al. Production and selected fuel properties of biodiesel from promising nonedible oils: *Euphorbia lathyris* L., *Sapium sebiferum* L. and *Jatropha curcas* L. *Bioresour Technol*, 2014, Vol.102, pp.1194-1199
5. Rakopoulos DC, Rakopoulos CD, Giakoumis EG, Dimaratos AM, Founti MA. Comparative environmental behavior of bus engine operating on blends of diesel fuel with four straight vegetable oils of Greek origin: sunflower, cottonseed, corn and olive. *Fuel* 2011, Vol.90, pp.3439–3446
6. Vedharaj S, Vallinayagam R, Yang WM, Chou SK, Chua KJE, Lee PS. Experimental investigation of kapok (*Ceiba pentandra*) oil biodiesel as an alternate fuel for diesel engine. *Energy Convers Manag.*, 2013, Vol.75, pp. 773-779
7. Sánchez M, Bergamin F, Peña E, Martínez M, Aracil J. A comparative study of the production of esters from *Jatropha* oil using different short-chain alcohols: optimization and characterization. *Fuel* 2015, Vol.143, pp.183-198
8. Shahbazi MR, Khoshandam B, Nasiri M, Ghazvini M. Biodiesel production via alkali-catalyzed transesterification of Malaysian RBD palm oil - characterization, kinetics model. *J. Taiwan Inst. Chem. Eng.*, 2014, Vol. 43, pp. 504-510
9. Keera ST, El Sabagh SM, Taman AR. Transesterification of vegetable oil to biodiesel fuel using alkaline catalyst. *Fuel*, 2014, Vol. 90, pp. 42-47
10. Chung K-H, Kim J, Lee K-Y. Biodiesel production by transesterification of duck tallow with methanol on alkali catalysts. *Biomass Bioenergy*, 2009, Vol.33, pp.155-158.
11. Farag HA, El-Maghraby A, Taha NA. Optimization of factors affecting esterification of mixed oil with high percentage of free fatty acid. *Fuel Process Technol.*, 2011, Vol. 92, pp.507-510
12. Pat. JP 2009297669 (Japan,2009)
13. Pat. EP2106853 (European ,2011)
14. Pat. CN101480619 (China,2009.)
15. Pat. CN101475822 (China,2012.)
16. Pat. CN101480609 (China ,2009.)
17. Patent US 307966 (USA,2009)
18. Suryaputra W, Winata I, Indraswati N, Ismadji S. Waste capiz (*Amusium cristatum*) shell as a new heterogeneous catalyst for biodiesel production. *Renew Energy*, 2013, Vol.50, pp.795-799
19. Correia L.M, Saboya R.M, Campelo N. S.& oth., Characterization of calcium oxide catalysts from natural sources and their application in the transesterification of sunflower oil. *Bioresour Technol.*, 2014, Vol. 151. pp. 207-213
20. Karavalakis G, Anastopoulos G, Karonis D, Stournas S. Biodiesel production using tetramethyl- and benzyltrimethyl ammonium hydroxides as strong base catalysts. *Fuel Process Technol*, 2010, Vol.91, pp.1585-1590
21. Karavalakis G, Anastopoulos G, Stournas S. Tetramethylguanidine as an efficient catalyst for transesterification of waste frying oils. *Appl Energy*. 2011, Vol. 88, pp. 3645-3650

22. Ramalho H. , Ferreira K. & oth. Production of Additives with Antimicrobial Activity via Tandem Hydroformylation-amine Condensation of Soybean FAME Using an Ionic Liquid-Based Biphasic Catalytic System J. Braz. Chem. Soc., 2016, Vol.27, N 2, pp. 236-244
23. Fang Z., Smith J.R., Qi X. Production of Biofuels and Chemicals with Ionic Liquids Biofuels and Biorefineries. Springer, 2014, p.216 .
24. Long T., Deng Y., Gan S., Chen J., Application of choline chloride.xZnCl₂ ionic liquids for preparation of biodiesel. Chinese Journal of Chemical Engineering, 2010, Vol. 18, pp. 322-327
25. Lapis A. A. M., Oliveira L. F., Neto B. A. D., Dupont J. Ionic liquid supported acid/base-catalyzed production of biodiesel. ChemSusChem. 2008, Vol. 1, № 8-9, pp.759-762
26. Watanabe Y., Pinsirodom P., Nagao T., Yamauchi A., Kobayashi T., Nishida Y., Takagi Y., Shimada Y. Enzymatic Conversion of Waste Edible Oil to Biodiesel Fuel in a Fixed-Bed Bioreactor J. Mol. Catal. B: Enzym. 2015. Vol. 44, № 3-4. pp. 99-105.
27. Luna D., Posadillo A., Caballero V. New Biofuel Integrating Glycerol into Its Composition Through the Use of Covalent Immobilized Pig Pancreatic Lipase Int. J. Mol. Sci. 2012. Vol. 13, N8, pp. 10091–10112.
28. Wang L., Du W., Liu D., Wang L., Li L., Dai N. Lipase-catalyzed biodiesel production from soybean oil deodorizer distillate with absorbent present in tert-butanol system J. Mol. Catal. B: Enzym. 2006, Vol. 43, № 1-4. pp. 29-32.
29. Soumanou M.M., Bornscheuer U.T. Methods to increase enantioselectivity of lipases and esterases// Enzyme Microb. Technol. 2003. Vol. 33, № 1. pp. 97-103
30. Hsu A.F., Jones K., Foglia T.A., Marmer W.N. Immobilized lipase-catalysed production of alkyl esters of restaurant grease as biodiesel Biotechnol. Appl. Biochem. 2002. Vol. 36, № 3, pp. 181-186
31. Patil P.D., Reddy H., Muppaneni T. & oth. Microwave-mediated non-catalytic transesterification of algal biomass under supercritical ethanol conditions. J. Supercrit. Fluids 2013, Vol.79, pp. 67-72
32. Patil P.D., Reddy H., Muppaneni T.&oth. In situ ethyl ester production from wet algal biomass under microwave-mediated supercritical ethanol conditions. Bioresour. Technol. 2013, Vol.139, pp.308-315
33. Salamatinia B.H., Mootabadi S., Bhatia A.Z. Optimization of ultrasonic-assisted heterogeneous biodiesel production from palm oil: A response surface methodology approach. Fuel Process. Technol. 2010, Vol.91, pp.441-448
34. Yu D., L. Tian, H. Wu, S. Wang & oth. Ultrasonic irradiation with vibration for biodiesel production from soybean oil by Novozym 435. Process Biochem., 2010, Vol.45, pp. 519-525
35. He H., Sun S., Wang T., Zhu S. Transesterification kinetics of soybean oil for production of biodiesel in supercritical methanol Journal of the American Oil Chemists Society, 2007, Vol.84, pp. 399-404
36. Karne B. Supercritical methanol for fatty acid methyl ester production: A review Karne de Boer, Parisa A. Bahri Biomass and Bioenergy, 2011, Vol.35, pp. 983-991
37. Demirbas A. Thermal degradation of fatty acids in biodiesel production by supercritical methanol A. Demirbas Energy, Exploration & Exploitation Vol.25, 2007, pp. 63-70

РЕЗЮМЕ
ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПОЛУЧЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ДИЗЕЛЬНЫХ ТОПЛИВ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Алиева З.М.

Ключевые слова: *биотопливо, биодизель, растительные масла, продукты сгорания, трансэфир, эфирные масла, триглицериды, экологически безопасные дизельные топлива*

В статье представлены существующие методы получения биодизельных топлив, современные тенденции производства и использования их с учетом современных стандартов. Показано, что основными тенденциями процесса получения сложных эфиров жирных кислот, используемых в качестве биодизеля, являются выбор доступного сырья, поиск активных катализаторов, определение условий использования этих катализаторов, а также разработка технологий получения их под влиянием различных физических воздействий. Рассмотрены варианты получения биодизельных топлив в процессах ультразвуковой кавитации, микроволнового излучения, доведением сырья до сверхкритических условий, отмечены положительное и отрицательное влияние этих процессов на критические кризисные условия, а также процессы под воздействием физических волн. На основании литературных источников было установлено, что основной тенденцией в получении алкиловых эфиров жирных кислот растительных масел является использование аминоксодержащих катализаторов под влиянием физических факторов.

SUMMARY
MAIN DIRECTIONS OF OBTAINING AND USING OF BIO-BASED DIESEL FUELS

Aliyeva Z.M.

Key words: *biofuels, biodiesel, vegetable oils, combustion products, transephyr, essential oils, triglycerides, environmentally friendly diesel fuels*

The article presents modern methods for producing and using biofuel diesel fuels, as well as current trends in the processes of acquiring biodiesel, taking into account modern standards for their use. It was shown that the main trends in the development of the process for producing alkyl fatty acid esters used as biodiesel are the selection of available raw materials, the search for active catalysts, the determination of the conditions for the use of these catalysts and various processes. The processes of using biodiesel fuel, such as ultrasonic cavitation, electromagnetic field, laser and microwave effects, as well as the effect of raw materials on critical crisis conditions, as well as processes under the influence of physical waves, are considered. Based on literature sources, it was found that aminocatalysts and the process are used under the influence of physical factors in the production of fatty acid alkyl esters.

Daxilolma tarixi:	İlkin variant	10.09.2019
	Son variant	14.10.2019