

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

Əlyazması hüququnda

SÜRTKÜ YAĞLARININ ƏSASI VƏ KOMPONENTİ KİMİ (C₃–C₁₀) DİKARBON TURŞU EFİRLƏRİNİN SİNTEZİ VƏ PROSESİN TEXNOLOJİ XÜSUSİYYƏTLƏRİNİN TƏDQIQI

İxtisas: 3303.01 – Kimya texnologiyası və mühəndisliyi

Elm sahəsi: Kimya

İddiaçı: **Kəmalə Oruc qızı İsrəfilova**

Fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi
almaq üçün təqdim edilmiş dissertasiyanın

AVTOREFERATI

Bakı – 2025

Dissertasiya işi Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi akademik Y.H. Məmmədəliyev adına Neft-Kimya Prosesləri İnstitutunda "Sintetik yağlar" laboratoriyasında yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbər: kimya elmləri doktoru, dosent
Fatmaxanım Xeybər qızı Əliyeva
Elmi məsləhətçi: kimya elmləri doktoru, akademik

Məhərrəm Əli oğlu Məmmədیارov

Rəsmi opponətlər: kimya elmləri doktoru, AMEA-nın
müxbir üzvü
Bəxtiyar Əjdər oğlu Məmmədov
kimya elmləri doktoru, professor
Çingiz Qnyaz oğlu Rəsulov
kimya elmləri doktoru, dosent
Afayət Xəlil qızı Məmmədova

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi akademik Y.H. Məmmədəliyev adına Neft-Kimya Prosesləri İnstitutunun nəzdində fəaliyyət göstərən ED 1.16 Dissertasiya şurasının bazasında qeydiyyat nömrəsi BFD 1.16/1 olan Birdəfəlik Dissertasiya şurası

Dissertasiya şurasının sədri:

kimya elmləri doktoru, akademik

Vaqif Məhərrəm oğlu Abbasov

Dissertasiya şurasının elmi katibi: kimya elmləri doktoru, dosent

Lalə Məhəmməd qızı Əfəndiyeva

Elmi seminarın sədri:

kimya elmləri doktoru, AMEA-nın
müxbir üzvü

İslam İsrail oğlu Mustafayev

İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi. Texnikanın inkişafı sürtkü yağlarının keyfiyyəti qarşısında sərt tələblər qoyur. Yağlar və yanacaqların keyfiyyətinin müasir və qabaqcıl texnikanın tələblərinə cavab verməsini təmin etmək məqsədilə genişmiqyaslı elmi tədqiqatlar aparılır. Tələb olunan sürtkü yağları yüksək termiki və termooksidləşmə stabilliyinə, yüksək özlülük indeksinə, alışma temperaturuna və optimal temperatur xassələrinə malik olmalıdır¹.

Hazırda istifadə olunan yağların təxminən 90%-i mineral yağlardır. Mineral yağların işləmə qabiliyyəti və xassələri əsasən temperatur şəraitindən asılıdır: yüksək temperaturda yağlar yanmağa başlayır, aşağı temperaturda isə özlülük kəskin şəkildə artır və bu, mexanizmlərin işinə mənfi təsir göstərir. Mineral yağların tərkibi çox komponentlidir və bu onların kristallaşma və durulaşmaya qarşı müqavimətinin azalmasına səbəb olur. Həmçinin, istismar nəticəsində mineral yağlarda çöküntünün əmələ gəlməsi mühərrikin məhsuldarlığının əhəmiyyətli dərəcədə azalmasına və onun xidmət müddətinin qısalmasına gətirib çıxarır.

Neft yağları göstərilən tələblərə cavab vermədiyi üçün müxtəlif kimyəvi quruluşa malik sintetik yağların yaradılması və istifadəsi aktualdır.

Sürtkü yağları kimi istifadə olunan perspektivli kimyəvi birləşmələr arasında dikarbon turşularının mürəkkəb efirləri xüsusi yer tutur. Onlar sürtkü materiallarının həm əsası, həm də komponenti kimi istifadə olunurlar².

Dikarbon turşularının mürəkkəb efirləri mineral yağlarda yaxşı həll olur və onlarla müqayisədə bir sıra üstünlüklərə malikdirlər ki, bu da onların molekulunda polyar efir qruplarının olması ilə bağlıdır.

¹Мамедъяров, М.А. Синтетические смазочные масла (структура и свойства) / М.А. Мамедъяров, Ф.Х. Алиева, Г.Н. Гурбанов, – Москва: Научный мир, – 2017, – 336 с.

²Gryglewicz, S., Oko F.A. Dicarboxylic acid esters as components of modern synthetic oils // Industrial Lubrication and Tribology, – 2005, Vol. 57, Issue 3, – p. 128-132.

Bu üstünlüklərə aşağıdakılar daxildir: yüksək özlülük-temperatur (xüsusilə aşağı temperaturlarda) və yağlama xassələri, yüksək termooksidləşmə stabilliyi, aşağı donma temperaturu və hazırda böyük ekoloji əhəmiyyət kəsb edən yüksək bioloji parçalanma qabiliyyəti.

Sintetik yağlar keyfiyyət baxımından mineral yağlardan əhəmiyyətli dərəcədə üstün olduğu, maşın və mexanizmlərin istismar müddətini uzatdığı üçün onların tətbiq sahələri genişlənməkdədir. Bu sahələrə cihaz yağları, kompressor yağları, mühərrik yağları, transmissiya yağları, xüsusi yağlar və s. daxildir. Dikarbon turşularının mürəkkəb efirləri əsasında hazırlanmış sintetik yağlara olan tələbat da getdikcə artmaqdadır.

Bundan əlavə, mürəkkəb efirlər yanacaq əlavələri kimi istifadə olunur ki, bu da oksidləşmə nəticəsində əmələ gələn çöküntünün miqdarını azaltmağa və yanacağın keyfiyyətini yaxşılaşdırmağa imkan verir. Digər tərəfdən, dikarbon turşularının mürəkkəb efirləri polimer materiallarında plastifikator kimi mühüm rol oynayır.

Hal-hazırda istifadə olunan sintetik efir yağları müasir texnikanın bəzi tələblərinə cavab vermir. Məsələn, bu tip yağlar mineral yağlarla müqayisədə əlavələri daha pis həll edir.

Bundan əlavə, sintetik baza yağlarının istehsalı üçün müxtəlif emal prosesləri tələb olunur ki, bu da onların mineral yağlarla müqayisədə maya dəyərinin olduqca yüksəlməsinə səbəb olur.

Yuxarıda deyilənləri nəzərə alaraq, yeni tip efirlərin sintezi, onlar əsasında sürtkü yağlarının yaradılması, yanacaq və mineral yağların komponenti kimi tətbiqi aktual və vacib məsələdir.

Tədqiqatın obyektı və predmeti. Tədqiqatın obyektı dikarbon turşuları (malon, kəhrəba, adipin, sebasin) və müxtəlif quruluşlu spirtlərin (alifatik, tsiklik, aromatik) əsasında sintez olunmuş mono-, simmetrik, qeyri-simmetrik və kompleks efirlərdir.

Tədqiqatın predmeti isə sintez edilmiş efirlərin sürtkü yağlarının əsası və komponenti kimi, dizel yanacaqlarına, polimerlərə əlavələr, konservasiya mayələrinə korroziya inhibitoru, bakterisid-inhibitor kimi tətbiqinin öyrənilməsidir.

Dissertasiya işinin məqsəd və vəzifələri. Tədqiqat işinin məqsədi (C_3 - C_{10}) dikarbon turşularının müxtəlif quruluşlu mürəkkəb

efirlərinin sintezi, onların fiziki-kimyəvi, özlülük-temperatur və istismar xassələrinin öyrənilməsi, bu efirlərin yanacaqlara, mineral yağlara əlavə olunması ilə kompozisiyaların hazırlanması və tədqiqi, efirlərin alınma texnologiyasının işlənilib hazırlanması və efirləşmə prosesinin optimallaşdırılmasıdır. Bu məqsədə çatmaq üçün aşağıdakı məsələlər həll edilmişdir:

- (C_3 - C_{10}) dikarbon turşularının mono-, simmetrik, qeyri-simmetrik və kompleks efirlərinin sintezi və identifikasiyası;
- alınmış birləşmələrin fiziki-kimyəvi və özlülük-temperatur xassələrinin öyrənilməsi;
- kimyəvi quruluştan asılı olaraq sintez olunmuş efirlərin xüsusi elektrik keçiriciliyinin tədqiqi;
- sintez olunmuş dikarbon turşularının mürəkkəb efirlərinin termostabilliyinin öyrənilməsi;
- sintez olunmuş mürəkkəb efirlərin bakterisid xassələrinin öyrənilməsi;
- mineral yağlar və sintez edilmiş efirlər əsasında kompozisiyaların hazırlanması və xassələrinin tədqiqi;
- sintez edilmiş efirlərin T-30 mineral yağı ilə 3% və 10%-li kompozisiyalarının hazırlanması və onların konservasiya mayelərinə komponent kimi tədqiqi;
- sintez edilmiş simmetrik və qeyri-simmetrik diefirlərin müxtəlif polimer matrislərində plastifikator kimi istifadəsi və alınan polimer materialların plastifikator xassələrinin öyrənilməsi;
- dikarbon turşularının sintez olunmuş mürəkkəb efirlərinin hidrotəmizlənmiş dizel yanacağında antioksidant kimi tədqiqi;
- sintez edilmiş mürəkkəb diefirlərin T-46 mineral yağı ilə hazırlanmış kompozisiyalarının optimal özlülük-temperatur xassələrinin seçilməsi üçün hesablama və təcrübi üsulun tətbiqi;
- kompüter modelləşdirməsindən istifadə etməklə kəhrəba turşunun efirləşmə prosesinin optimal şəraitinin müəyyənəndirilməsi;

- (C_3-C_{10}) dikarbon turşularının mürəkkəb efirlərinin alınması üzrə texnoloji sxemin işlənib hazırlanması.

Tədqiqat metodları. Efirləşmə prosesi laboratoriya şəraitində heterogen turşu katalizatorlarının iştirakı ilə həyata keçirilmişdir. Sintez olunmuş efirlərin quruluşları İQ- və NMR-spektroskopiya üsulları ilə identifikasiya edilmişdir.

Efirlərin kinematik özlülüyü kalibrlənmiş şüşə kapilyar viskozimetr vasitəsilə nümunənin müəyyən həcmnin axma müddətinin ölçülməsi ilə təyin edilmişdir. Dinamik özlülük isə 9 – 243 dövr/dəq sürəti ilə işləyən fırlanma viskozimetrində (“Reotest-2” cihazında) tədqiq olunmuşdur.

Sintez olunmuş efirlər müxtəlif aqressiv mühitlərdə konservasiya mayelərinin komponenti kimi tədqiq edilmişdir. Bunlara avtomatik idarə olunan eksperimental kamera “CORROSIONBOX-1000E”, “Г-4” hidrokamerası, dəniz suyu və 0.001%-li sulfat turşusu məhlulu daxildir. Efirlər, həmçinin, “JICAPT” cihazında dizel yanacağı üçün antioksidantlar kimi, “*Desulfovibrio desulfuricans*” 1143 növü sulfatreduksiyaedici bakteriyalara qarşı bakterisid-inhibitorlar kimi və müxtəlif polimer matrislərdə plastifikatorlar kimi tədqiq edilmişdir. Polimer matrislərdə qarışdırma prosesi qarışdırıcı valts, presləmə və uyğun nümunələrin möhkəmlik xassələrinin sınaq maşını ilə təyin edilməsi yolu ilə aparılmışdır. Termoqravimetrik analizlər TQ/DTA STA-449 sinxron termoanalizatorunda həyata keçirilmişdir.

Müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar:

- (C_3-C_{10}) dikarbon turşularının müxtəlif quruluşlu diefirlər sintez olunmuş və onlar sürtkü yağlarının əsası kimi tədqiq edilmişdir;
- (C_3-C_{10}) dikarbon turşularının mono- və diefirləri konservasiya mayelərinin komponenti kimi tədqiq edilmişdir;
- (C_3-C_{10}) dikarbon turşularının simmetrik, qeyri-simmetrik və kompleks efirlərinin quruluşları və özlülük-temperatur xassələri arasındakı əlaqələr öyrənilmişdir;
- sintez edilmiş efirlər hidrotəmizlənmiş dizel yanacağına antioksidant əlavələr kimi tədqiq edilmişdir;

- (C_3-C_{10}) dikarbon turşularının mürəkkəb efirlərinin bakterisid xassələri təyin edilmişdir;
- (C_3-C_{10}) dikarbon turşularının sintez olunmuş mürəkkəb efirləri müxtəlif polimer matrislərində plastifikator kimi tədqiq olunmuşdur;
- (C_3-C_{10}) dikarbon turşularının mürəkkəb efirlərinin alınmasının texnoloji sxemi işlənib hazırlanmışdır.

Tədqiqatın elmi yeniliyi:

- (C_3-C_{10}) dikarbon turşularının simmetrik, qeyri-simmetrik və kompleks efirləri KY-2-8 və Seokar-2 katalizatorlarının iştirakı ilə sintez olunmuş və onların kimyəvi quruluşları ilə istismar xassələri arasında asılılıq müəyyən edilmişdir;
- (C_3-C_{10}) dikarbon turşularının mono-, diefirləri və T-30 mineral yağı əsasında 3% və 10%-li kompozisiyalar hazırlanmış, konservasiya mayələrinin komponenti kimi tədqiq edilmiş və onların yüksək antikorroziya xassələrinə malik olduqları müəyyən edilmişdir;
- (C_3-C_{10}) dikarbon turşularının sintez olunmuş efirləri ilk dəfə hidrotəmizlənmiş dizel yanacağı üçün antioksidant əlavələr kimi sınaqdan keçirilmiş və yüksək antioksidləşdirici xassələr göstərmişdir;
- (C_3-C_{10}) dikarbon turşularının mono-, di- və kompleks efirləri ilk dəfə sulfatreduksiyaedici bakteriyalara qarşı bakterisid-inhibitor kimi öyrənilmiş və onların yüksək bakterisid xassələri aşkar edilmişdir;
- (C_3-C_{10}) dikarbon turşularının simmetrik və qeyri-simmetrik efirləri polipropilen, polivinilxlorid və yüksək sıxlıqlı polietilen üçün plastifikator kimi tədqiq edilmiş və yaxşı plastifikasiyaedici xassələr göstərmişdir.

Dissertasiya işinin nəticələri Azərbaycan Respublikasının 3 patent və 2 sınaq aktı ilə təsdiq olunmuşdur.

Tədqiqatın nəzəri və praktiki əhəmiyyəti:

- (C_3-C_{10}) dikarbon turşularının mürəkkəb efirləri cihaz, hidravlik və sənaye yağlarının əsası kimi istifadə oluna bilər;
- monoefirlər və T-30 mineral turbin yağı əsasında hazırlanmış 3% və 10%-li sürtkü kompozisiyaları yüksək antikorroziya

təsiri nümayiş etdirir və bu səbəbdən konservasiya mayeləri kimi tövsiyə olunur;

- malon (məsələn, butil-heptil malonat, butil-oktil malonat), kəhrəba və adipin (butil-oktil adipinat, heptil-oktil adipinat, dietilenqlikol dikaproat) turşuları əsasında efirlər, yüksək antioksidant effektivinə görə, dizel yanacağının antioksidant xassələrini yaxşılaşdırmaq məqsədilə əlavə kimi tövsiyyə edilmişdir;
- səmərəli xüsusiyyətlərə malik bəzi efirlər (dioktil malonat, di-4-metiltsikloheksiladipinat, di-4-metiltsikloheksilsebasinat) PVX və PP üçün plastifikator kimi tövsiyə edilmişdir;
- ilk dəfə olaraq malon turşusunun simmetrik efirləri, kəhrəba və adipin turşularının bəzi monoefirləri və sebasin turşusunun mürəkkəb efirləri kifayət qədər aşağı qatılıqlarda yüksək qoruyucu təsir nümayiş etdirmiş və sulfatreduksiyaedici bakteriyalara qarşı bakterisid-inhibitor kimi tövsiyə edilmişdir.

Müəllifin şəxsi iştirakı təcrübi işlərin yerinə yetirilməsi, ədəbiyyat məlumatlarının toplanması və təhlilindən ibarətdir. Tədqiqat nəticələrinin sistemləşdirilməsi, şərh edilməsi və ümumiləşdirilməsi bilavasitə müəllifin iştirakı ilə həyata keçirilmişdir.

Aprobasiyası və tətbiqi. Dissertasiya mövzusu üzrə 28 elmi əsər nəşr olunmuşdur, bunlardan 12-si məqalə (6-sı xaricdə), 13-ü respublika və beynəlxalq elmi konfransların tezisləri, 3-ü isə Azərbaycan Patentidir.

Dissertasiya işinin əsas nəticələri aşağıdakı Beynəlxalq və Respublika Elmi konfranslarında şifahi və stend məruzələri kimi təqdim edilmiş və müzakirə edilmişdir: Neft-Kimya Prosesləri İnstitutunun 90 illik yubileyinə həsr olunmuş “Müasir kimyanın aktual problemləri” beynəlxalq elmi konfrans (Bakı, 2019); 32. Ulusal Kimya Kongresi (Türkiyə, 2020); “Müasir kimyanın problemləri və inkişaf tendensiyaları” mövzusunda respublika elmi praktik konfransı (Bakı, 2020); Usbik 2021 Online International Congress on Natural Sciences (Türkiyə, 2021); 6th International Turkic World Conference on Chemical Sciences and Technologies

(Bakı, 2022); Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых “Ломоносов” (Bakı, 2023); Akademik Sahib Müsüyeib oğlu Əliyevin 90 illik yubileyinə həsr olunmuş “Neft kimyası, polifunksional monomerlər, oliqomerlər və polimerlərin sintezi” konfransı (Bakı, 2023); Akademik Mahərrəm Əli oğlu Məmmədyanovun 100 illik yubileyinə həsr olunmuş “Neft kimyasının və yağların texnologiyasının müasir problemləri” beynəlxalq elmi konfransı (Bakı, 2024); Akademik Soltan Cəfər oğlu Mehdiyevin anadan olmasının 110 illik yubileyinə həsr olunmuş “Monomerlər və neft kimyasının müasir problemləri” beynəlxalq elmi konfransı (Bakı, 2024).

Dissertasiya işinin yerinə yetirildiyi təşkilatın adı.

Dissertasiya işi Azərbaycan Respublikasının Elm və Təhsil Nazirliyi akademik Y.H. Məmmədəliyev adına Neft-Kimya Prosesləri İnstitutunun “Sintetik yağlar” laboratoriyasında yerinə yetirilmişdir.

Dissertasiyanın quruluşu və həcmi. Dissertasiya işi 200 səhifə həcmində olub, giriş, 4 fəsil, nəticələr, ədəbiyyat siyahısı, əlavə və ixtisarlardan ibarətdir. Dissertasiyaya 45 cədvəl, 36 şəkil və 1 sxem daxildir. Dissertasiyanın strukturu - giriş 12701, birinci fəsil 52427, ikinci fəsil 35973, üçüncü fəsil 44901, dördüncü fəsil 22925, nəticələr isə 3304 işarədən ibarətdir. Dissertasiya ümumi 172231 işarə həcmindədir (mündəricat, cədvəllər, şəkillər və ədəbiyyat siyahısı istisna olmaqla).

Girişdə elmi tədqiqatın aktuallığı və işlənmə dərəcəsi, işin məqsəd və vəzifələri, tədqiqatın obyektı və predmeti, elmi yeniliyi, işin aprobeasiyası, nəzəri və praktiki əhəmiyyəti göstərilmişdir.

Birinci fəsildə dikarbon turşularının efirləri əsasında sürtkü materiallarının icmalının təhlili təsvir edilmiş və onların tətbiq sahələri araşdırılmışdır.

İkinci fəsildə (C_3-C_{10}) dikarbon turşularının mürəkkəb efirlərinin sintezi, identifikasiya üsulları, fiziki-kimyəvi göstəriciləri və quruluşdan asılı olaraq xüsusi elektrik keçiriciliyinin ölçülməsinə dair məlumatların təhlili təqdim edilmişdir. Efirləşmə prosesinin optimallaşdırılması həll edilmişdir.

Üçüncü fəsildə (C_3-C_{10}) dikarbon turşularının efirlərinin özlülük-temperatur və istismar xassələri öyrənilmiş, bu xassələrin

efirlərin kimyəvi quruluşundan asılılığı tədqiq edilmişdir. Kəhrəba və adipin turşularının diefirləri və T-46 mineral yağı əsasında hazırlanmış kompozisiyaların özlülük-temperatur xassələrinin optimallaşdırılmasına dair məlumatlar təqdim edilmişdir. (C₃-C₁₀) dikarbon turşularının mürəkkəb efirlərinin alınması üzrə texnoloji sxem (malon turşusunun qeyri-simmetrik efirinin alınması misalında) işlənib hazırlanmışdır. Həmçinin, malon turşusunun dibutil efirinin sintezinin texniki-iqtisadi qiymətləndirilməsi aparılmışdır.

Dördüncü fəsildə sintez olunmuş birləşmələrin tətbiq sahələri göstərilmiş, efirlərin antioksidant, antikorroziya, bakterisid və plastifikator xassələri üzrə tədqiqatın nəticələri verilmişdir.

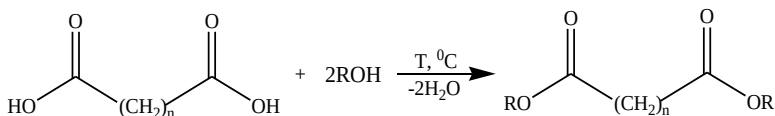
Dissertasiya işinin sonunda nəticələr, ədəbiyyat siyahısı, əlavələr və ixtisarlara siyahısı verilmişdir.

İŞİN ƏSAS MƏZMUNU

Təqdim olunan dissertasiya işində (C₃-C₁₀) dikarbon turşularının müxtəlif quruluşlu mürəkkəb efirlərinin sintezi aparılmış, onların fiziki-kimyəvi, özlülük-temperatur, istismar və eləcə də bakterisid, plastifikator xassələri öyrənilmişdir. Sintez edilmiş birləşmələrin quruluşları İQ- və NMR-spektroskopiyası ilə təsdiq edilmişdir. Alınmış efirlər və T-30, T-46, AK-15 markalı mineral yağlar əsasında müxtəlif kompozisiyalar hazırlanmış, onların antikorroziya, antioksidant və yağlama xassələri tədqiq edilmişdir.

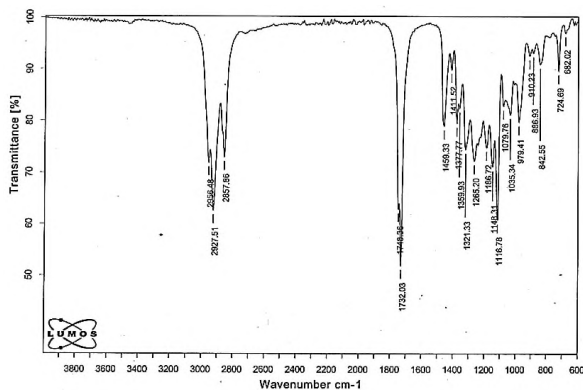
(C₃ – C₁₀) dikarbon turşularının efirləri: sintezi və identifikasiya üsulları

Simmetrik efirlərin sintezi turşu : spirt = 1 : 2 və 1:3 nisbətində, *p*-ksilol mühitində və 1.5% katalizatorun (Seokar-2, KY-2-8) iştirakı ilə həyata keçirilmişdir. Efirləşmə prosesinin ümumi sxemi aşağıdakı kimidir:



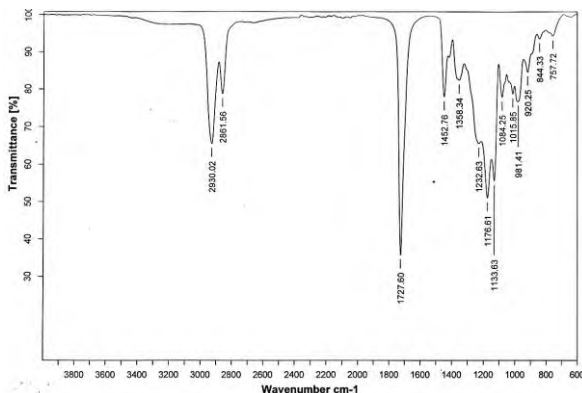
harada ki, $n = 1, 2, 4, 8$; $\text{R} = \text{C}_4\text{H}_9$; *i*-C₄H₉; *i*-C₅H₁₁; C₇H₁₅; C₈H₁₇; C₁₀H₂₁; CH₃-C₆H₁₀; C₆H₅-CH₂; C₉H₁₉

Efirləşmə prosesinin sonu turşu ədədinin qiymətinə və ayrılan suyun miqdarına əsasən müəyyən edilmişdir. Proses başa çatdıqdan sonra efirlər vakuum şəraitində (2 - 3 mm c.s.) distillə edilmişdir. Alınmış məhsulların identifikasiyası İQ- və NMR-spektroskopiya üsulları ilə aparılmışdır. Sintez edilmiş efirlərin spektrləri şəkil 1, 2-də təqdim edilmişdir.



Şəkil 1. Dioktilmalonatın İQ-spektri

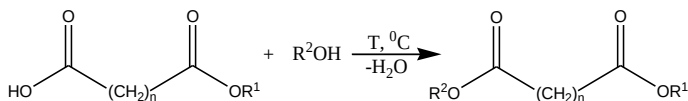
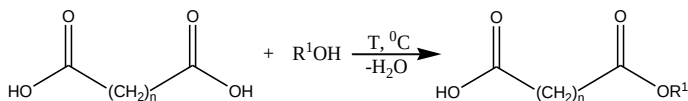
Spektrdə CH_3 və CH_2 qruplarının C–H rabitəsinin deformasiya ($724, 1377, 1411, 1459 \text{ sm}^{-1}$) və valent ($2857, 2927, 2956 \text{ sm}^{-1}$) rəqsləri üçün xarakterik udulma zolaqları müşahidə olunur. Mürəkkəb efirin C–O rabitəsinin valent rəqsləri 1116 və 1148 sm^{-1} tezliklərində görünür. 1732 və 1748 sm^{-1} -də olan udulma zolaqları isə mürəkkəb efirin C=O rabitəsinin valent rəqslərinə uyğundur.



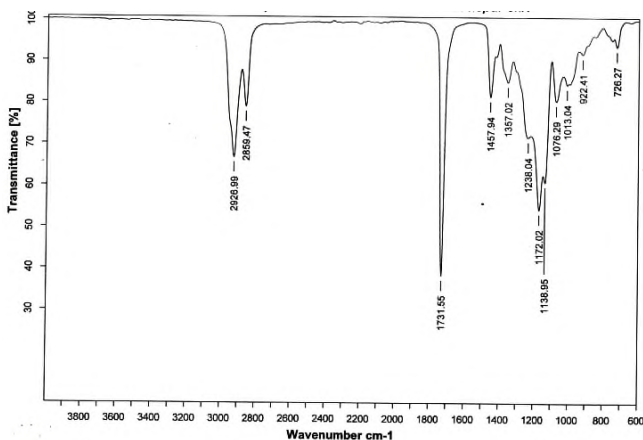
Şəkil 2. Di(4-metilsikloheksil)adipinatın İQ-spektri

İQ-spektrində CH_3 və CH_2 qruplarının C–H rabitəsinin deformasiya və valent rəqslərinə uyğun udulma zolaqları müvafiq olaraq $1358, 1452 \text{ sm}^{-1}$ və $2861, 2930 \text{ sm}^{-1}$ -də müşahidə olunur. 981 sm^{-1} -dəki udulma zolağı tsikldə CH_2 qruplarının C–H rabitəsinin deformasiya rəqslərinə uyğundur. Mürəkkəb efirin C–O rabitəsinin valent rəqslərinə xas olan 1133 və 1176 sm^{-1} tezliklərində piklər görünür. Mürəkkəb efirin $\text{C}=\text{O}$ əlaqəsinin intensiv udulma zolağı isə 1727 sm^{-1} tezliyində aşkar edilmişdir.

Qeyri-simmetrik efirlər mərhələli şəkildə sintez edilmişdir: əvvəlcə turşu:spirt = 1:1 mol nisbətində monoefir alınmış, daha sonra digər spirtlə (1:1 nisbətində) KY-2-8 katalizatorunun iştirakı ilə eterifikasiya olunmuşdur. Reaksiyanın ümumi sxemi aşağıdakı kimidir:

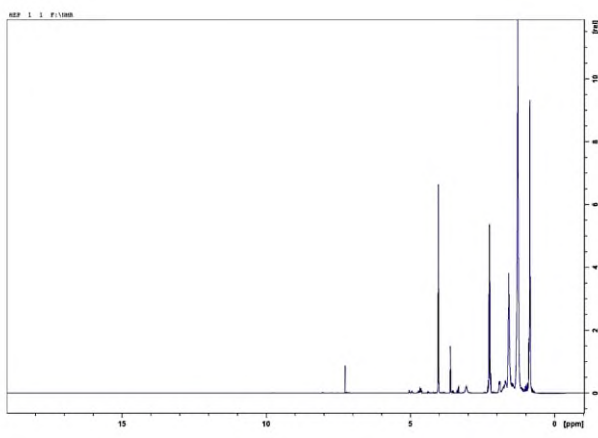


harada $n = 1, 2, 4, 8$; $\text{R}^1 = \text{C}_4\text{H}_9$; C_7H_{15} ; $\text{CH}_3-\text{C}_6\text{H}_{10}$; $\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_2$
 $\text{R}^2 = i-\text{C}_4\text{H}_9$; C_7H_{15} ; C_8H_{17} ; $\text{C}_{10}\text{H}_{21}$



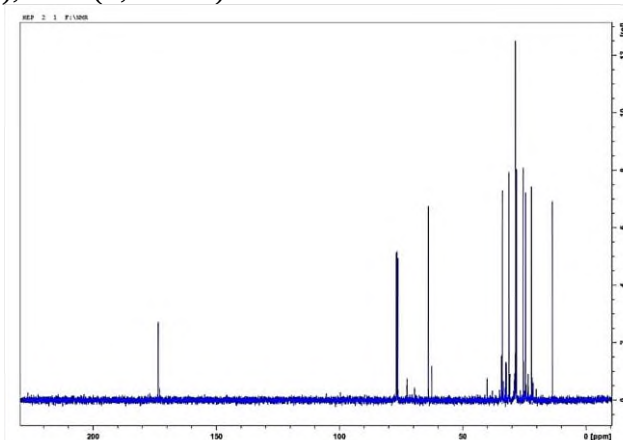
Şəkil 3. 4-Metilsikloheksil-heptil adipatın İQ-spektri

Spektrdə CH_3 və CH_2 qruplarının deformasiya ($1357, 1457 \text{ sm}^{-1}$) və valent ($2859, 2926 \text{ sm}^{-1}$) rəqsləri müşahidə olunur. 1731 sm^{-1} tezliyindəki udulma zolağı mürəkkəb efirə aid $\text{C}=\text{O}$ rabitəsinin valent rəqslərinə uyğundur. Mürəkkəb efirə aid $\text{C}-\text{O}$ rabitəsinin valent rəqsləri 1138 və 1172 sm^{-1} tezliklərində müşahidə olunur.



Şəkil 4. 4-Metilsikloheksil-heptil sebasinatın ^1H NMR-spektri

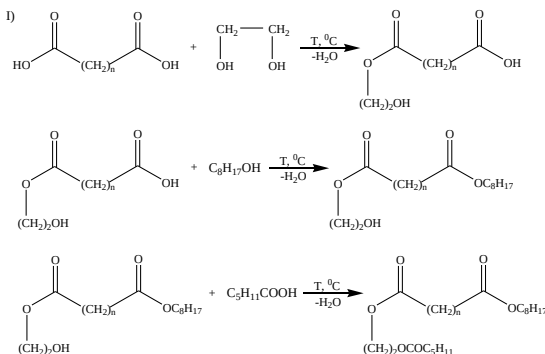
Sebasin turşusunun 4-metilsikloheksil-heptil efirinin ^1H NMR-spektrində (δ , m.h.) aşağıdakı siqnalları görünür: $0.83\text{-}0.92$ (m., CH_3), $1.18\text{-}1.33$ (m., CH_2), $1.55\text{-}1.64$ (m., CH_2), $1.68\text{-}1.74$ (m., CH), $1.88\text{-}1.98$ (m., CH_2), $2.21\text{-}2.32$ (m., $\text{CH}_2\text{-C}=\text{O}$), $3.56\text{-}3.65$ (m., OCH), 4.03 (t., OCH_2).



Şəkil 5. 4-Metilsikloheksil-heptil sebasinatın ^{13}C NMR-spektri

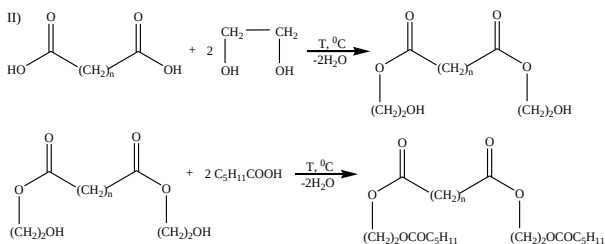
Sebasin turşusunun 4-metilsikloheksil-heptil efirinin ^{13}C NMR-spektrində (Bruker Avance 400, CDCl_3 , δ , m.h.) aşağıdakı siqnallar müşahidə olunur: 13.63 (CH_3), 22.14, 25.45, 28.20, 28.48, 28.64, 31.29 (CH_2), 32.10 (CH), 33.92 (CH_2), 62.54 (OCH), 63.98 (OCH_2), 173.56 (C=O)

Tərkibində 3 və 4 efir qrupu saxlayan kompleks efirlərin sintezi mərhələli şəkildə aparılmışdır. Üç efir qrupu saxlayan kompleks efirlərin (I) alınması üçün birinci mərhələdə turşu:etilenqlikol mol nisbəti 1:1 olmaqla monoefir sintez edilmiş, daha sonra alınan efir oktanol-1 ilə (1:1 nisbətində) KU-2-8 katalizatorunun iştirakı ilə efirləşdirilmişdir. Son mərhələdə alınmış qeyri-simmetrik efir kapron turşusu ilə efirləşdirilmişdir. Ümumi sintez sxemi aşağıda verilmişdir:

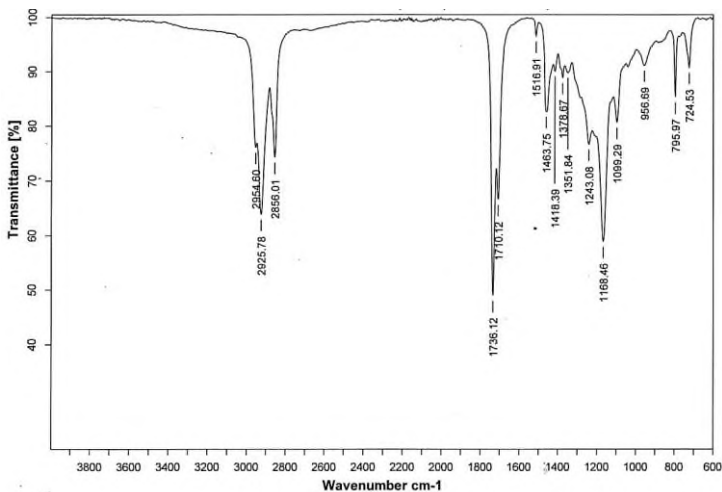


harada ki, $n = 2, 4, 8$

Dörd efir qrupu olan efirlərin (II) sintezi üçün birinci mərhələdə turşu: etilenqlikol mol nisbəti 1:2 olmaqla diqlikol efiri alınmış və daha sonra kapron turşusu ilə efirləşdirilmişdir. Efirləşmə prosesinin ümumi sxemi aşağıda göstərilmişdir:

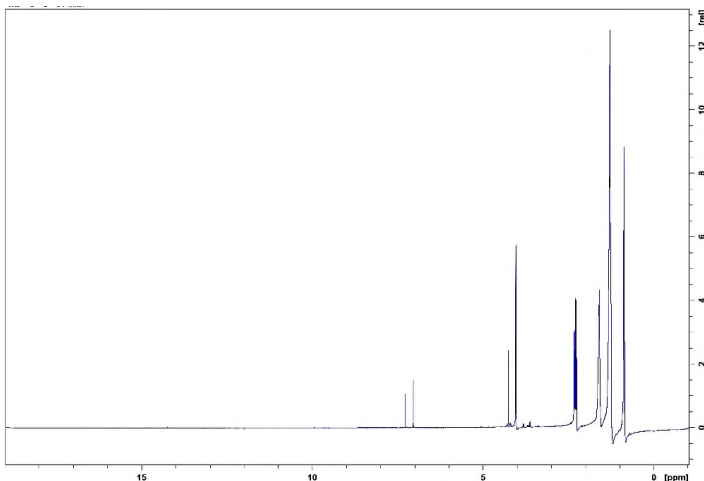


harada ki, $n = 2, 4, 8$



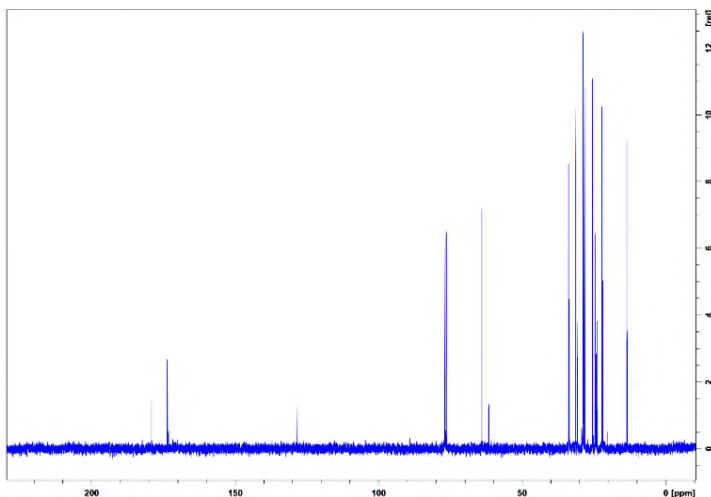
**Şəkil 6. Sebasin turşusunun kompleks efirinin
İQ-spektri (efir 36)**

İQ-spektrində CH_3 və CH_2 qruplarının C–H əlaqələrinin deformasiya (724 , 1378 , 1463 sm^{-1}) və valent rəqslərinə (2856 , 2925 , 2954 sm^{-1}) uyğun udulma zolaqları müşahidə olunur. 1168 və 1736 sm^{-1} tezliklərindəki udma zolaqları kompleks efirin C–O və C=O əlaqələrinin valent rəqslərinə xasdır.



**Şəkil 7. Sebasin turşusunun kompleks efirinin
¹H NMR-spektri (efir 36)**

Sebasin turşusunun kompleks efirinin ^1H NMR-spektrində (δ , m.h.) aşağıdakı siqnallar aşkar olundu: 0.84-0.93 (m., CH_3), 1.21-1.36 (m., CH_2), 1.56-1.60 (m., CH_2), 2.23-3.22 (m., $\text{CH}_2\text{-C=O}$), 4.04 (t., OCH_2), 4.26 (s., OCH_2).



Şəkil 8. Sebasin turşusunun kompleks efirinin ^{13}C NMR-spektri (efir 36)

Sebasin turşusunun kompleks efirinin ^{13}C NMR-spektrində (Bruker Avance 400, CDCl_3 , δ , m.h.) aşağıdakı siqnallar görünür: 13.65 (CH_3), 21.87, 22.21, 23.95, 24.53, 25.50, 28.20, 28.63, 30.78, 31.35, 33.57, 33.93 (CH_2), 61.59, 64.01 (OCH_2), 173.61, 179.21 (C=O).

($\text{C}_3\text{-C}_{10}$) dikarbon turşularının efirlərinin özlülük-temperatur xassələrinin öyrənilməsi

Sintez olunmuş efirlərin sürtkü yağları kimi tədqiqi iki mərhələdə aparılmışdır: ilkin və dərin. İlkin sınaqlarda 40°C və 100°C -də kinematik özlülük, donma temperaturu və açıq putada alışma temperaturu müəyyən edilmişdir. Yaxşı xassələr nümayiş etdirən efirlər yağlama və həcmdə termooksidləşmə stabilliyi daxil olmaqla, daha dərin təhlilə məruz qalmışdır.

($\text{C}_3\text{-C}_{10}$) dikarbon turşularının simmetrik efirlərinin özlülük-temperatur xassələri cədvəl 1-də verilmişdir.

Cədvəl 1

Simmetrik efirlərin özlülük-temperatur xassələri

№	Efir	Turşu ədədi, mqKOH/q	Kinematik özlülük, mm ² /s		Öi	Temperatur, °C	
			100°C	40°C		donma	alışma
1	2	3	4	5	6	7	8
1	$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-\text{CH}_2-\text{C}=\text{O} \\ \qquad \qquad \\ \text{OC}_4\text{H}_9 \qquad \text{OC}_4\text{H}_9 \end{array}$	1.28	1.13	2.30	96	-66	94
2	$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-\text{CH}_2-\text{C}=\text{O} \\ \qquad \qquad \\ \text{OC}_7\text{H}_{15} \qquad \text{OC}_7\text{H}_{15} \end{array}$	1.31	1.91	4.75	100	-63	157
3	$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-\text{CH}_2-\text{C}=\text{O} \\ \qquad \qquad \\ \text{OC}_8\text{H}_{17} \qquad \text{OC}_8\text{H}_{17} \end{array}$	1.60	2.02	5.84	158	-28	174
4	$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-\text{CH}_2-\text{C}=\text{O} \\ \qquad \qquad \\ \text{OC}_9\text{H}_{19} \qquad \text{OC}_9\text{H}_{19} \end{array}$	1.64	2.43	7.14	191	-17	180
5	$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-\text{CH}_2-\text{C}=\text{O} \\ \qquad \qquad \\ \text{OC}_{10}\text{H}_{21} \qquad \text{OC}_{10}\text{H}_{21} \end{array}$	0.11	2.64	7.69	214	-10	187
6	$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-\text{CH}_2-\text{C}=\text{O} \\ \qquad \qquad \\ \text{OC}_6\text{H}_{10}\text{CH}_3 \qquad \text{OC}_6\text{H}_{10}\text{CH}_3 \end{array}$	2.12	1.52	3.47	92	-52	173
7	$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-\text{CH}_2-\text{C}=\text{O} \\ \qquad \qquad \\ \text{OCH}_2\text{C}_6\text{H}_5 \qquad \text{OCH}_2\text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$	1.24	1.45	3.27	87	-46	113
8	$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-(\text{CH}_2)_2-\text{C}=\text{O} \\ \qquad \qquad \\ \text{OC}_4\text{H}_9 \qquad \text{OC}_4\text{H}_9 \end{array}$	1.0	1.40	3.09	93	-41	144
9	$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-(\text{CH}_2)_2-\text{C}=\text{O} \\ \qquad \qquad \\ \text{O}-\text{C}_5\text{H}_{11} \qquad \text{O}-\text{C}_5\text{H}_{11} \end{array}$	3.0	1.65	4.01	73	-60	127
10	$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-(\text{CH}_2)_2-\text{C}=\text{O} \\ \qquad \qquad \\ \text{OC}_7\text{H}_{15} \qquad \text{OC}_7\text{H}_{15} \end{array}$	2.0	2.13	5.55	250	-33	157
11	$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-(\text{CH}_2)_2-\text{C}=\text{O} \\ \qquad \qquad \\ \text{OC}_8\text{H}_{17} \qquad \text{OC}_8\text{H}_{17} \end{array}$	1.20	2.30	6.58	196	-24	168
12	$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-(\text{CH}_2)_2-\text{C}=\text{O} \\ \qquad \qquad \\ \text{OC}_9\text{H}_{19} \qquad \text{OC}_9\text{H}_{19} \end{array}$	2.20	2.55	7.60	193	-12	182
13	$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-(\text{CH}_2)_4-\text{C}=\text{O} \\ \qquad \qquad \\ \text{OC}_4\text{H}_9 \qquad \text{OC}_4\text{H}_9 \end{array}$	1.05	2.30	6.95	163	-36	112
14	$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-(\text{CH}_2)_4-\text{C}=\text{O} \\ \qquad \qquad \\ \text{OC}_6\text{H}_{10}\text{CH}_3 \qquad \text{OC}_6\text{H}_{10}\text{CH}_3 \end{array}$	1.10	4.72	26.28	95	-44	184
15	$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-(\text{CH}_2)_8-\text{C}=\text{O} \\ \qquad \qquad \\ \text{OC}_6\text{H}_{10}\text{CH}_3 \qquad \text{OC}_6\text{H}_{10}\text{CH}_3 \end{array}$	2.75	6.38	29.32	178	-28	195
11	$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-(\text{CH}_2)_2-\text{C}=\text{O} \\ \qquad \qquad \\ \text{OC}_8\text{H}_{17} \qquad \text{OC}_8\text{H}_{17} \end{array}$	1.20	2.30	6.58	196	-24	168

Cədvəl 1-in davamı

1	2	3	4	5	6	7	8
12	$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-(\text{CH}_2)_2-\text{C}=\text{O} \\ \qquad \qquad \\ \text{OC}_9\text{H}_{19} \quad \text{OC}_9\text{H}_{19} \end{array}$	2.20	2.55	7.60	193	-12	182
13	$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-(\text{CH}_2)_4-\text{C}=\text{O} \\ \qquad \qquad \\ \text{OC}_4\text{H}_9 \quad \text{OC}_4\text{H}_9 \end{array}$	1.05	2.30	6.95	163	-36	112
14	$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-(\text{CH}_2)_4-\text{C}=\text{O} \\ \qquad \qquad \\ \text{OC}_6\text{H}_{10}\text{CH}_3 \quad \text{OC}_6\text{H}_{10}\text{CH}_3 \end{array}$	1.10	4.72	26.28	95	-44	184
15	$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-(\text{CH}_2)_8-\text{C}=\text{O} \\ \qquad \qquad \\ \text{OC}_6\text{H}_{10}\text{CH}_3 \quad \text{OC}_6\text{H}_{10}\text{CH}_3 \end{array}$	2.75	6.38	29.32	178	-28	195
PЖ-8		0.03	-	6-7.5	-	-10	120
AVISTA HYD HLP 10		-	2.7	9.7	98	-33	170

Alınan göstəricilərə görə, məsələn, malon turşusunun simmetrik efirlərində alifatik radikalın uzunluğunun artması ilə kinematik özlülük, özlülük indeksi (Öİ), həmçinin donma və alışma temperaturlarında artım müşahidə olunur. Məsələn, dibutil efirindən didesil efirinə keçərkən, 100°C-də kinematik özlülük 1.13-dən 2.64 mm²/s-yə, 40°C-də isə 2.30-dan 7.69 mm²/s-yə qədər artır. Özlülük indeksi 96-dan 214 vahidə, alışma temperaturu 94-dən 187°C-yə, donma temperaturu -66-dən -10°C-yə qədər artır.

(C₃-C₁₀) dikarbon turşularının tsiklik radikal saxlayan simmetrik efirlərində turşunun karbon zənciri uzandıqca özlülük indeksində, donma və alışma temperaturlarında qanunauyğun olaraq artım müşahidə olunur. Beləliklə, malon, adipin və sebasin turşularının di-4-metiltsikloheksil efirlərinin özlülük-temperatur xassələrinin müqayisəli təhlili göstərir ki, malon turşusundan sebasin turşusuna keçdikdə, özlülük indeksi 92-dən 178 vahidə qədər, donma temperaturu -52-dən -28°C-yə qədər, alışma temperaturu 173-dən 195°C-yə qədər artmış olur.

Cədvəl 1-dən göründüyü kimi (C₃-C₁₀) dikarbon turşularının sintez olunmuş simmetrik efirləri özlülük-temperatur xassələrinə görə AVISTA HYD HLP 10 hidravlik yağından heç də geri qalmır, bir çox efirlər isə Öİ, donma və alışma temperaturlarına görə ondan üstüdürlər.

(C₃-C₁₀) dikarbon turşularının qeyri-simmetrik efirlərinin özlülük-temperatur xassələri cədvəl 2-də verilmişdir.

Cədvəl 2

Qeyri-simmetrik efirlərin özlülük-temperatur xassələri

№	Efir	Türşü ədədi, mqKOH/q	Kinematik özlülük, mm ² /s		Öi	Temperatur, °C	
			100°C	40°C		donma	alışma
1	2	3	4	5	6	7	8
16	$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-\text{CH}_2-\text{C}=\text{O} \\ \qquad \qquad \\ \text{OC}_4\text{H}_9 \qquad \text{O}-\text{C}_4\text{H}_9 \end{array}$	2.43	0.99	1.97	82	-64	128
17	$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-\text{CH}_2-\text{C}=\text{O} \\ \qquad \qquad \\ \text{OC}_4\text{H}_9 \qquad \text{OC}_6\text{H}_{13} \end{array}$	2.38	1.55	3.70	67	-54	154
18	$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-\text{CH}_2-\text{C}=\text{O} \\ \qquad \qquad \\ \text{OC}_4\text{H}_9 \qquad \text{OC}_7\text{H}_{15} \end{array}$	2.23	1.87	4.68	90	-42	161
19	$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-\text{CH}_2-\text{C}=\text{O} \\ \qquad \qquad \\ \text{OC}_4\text{H}_9 \qquad \text{OC}_8\text{H}_{17} \end{array}$	0.77	2.01	5.67	173	-31	172
20	$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-\text{CH}_2-\text{C}=\text{O} \\ \qquad \qquad \\ \text{OC}_4\text{H}_9 \qquad \text{OC}_{10}\text{H}_{21} \end{array}$	0.65	2.62	7.51	222	-25	185
21	$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-\text{CH}_2-\text{C}=\text{O} \\ \qquad \qquad \\ \text{OC}_7\text{H}_{15} \qquad \text{OC}_6\text{H}_{10}\text{CH}_3 \end{array}$	2.76	1.55	3.56	93	-50	165
22	$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-\text{CH}_2-\text{C}=\text{O} \\ \qquad \qquad \\ \text{OC}_7\text{H}_{15} \qquad \text{OCH}_2\text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$	3.52	1.49	3.45	77	-58	149
23	$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-(\text{CH}_2)_2-\text{C}=\text{O} \\ \qquad \qquad \\ \text{OC}_4\text{H}_9 \qquad \text{O}-\text{C}_4\text{H}_9 \end{array}$	2.65	1.50	3.37	99	-66	138
24	$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-(\text{CH}_2)_2-\text{C}=\text{O} \\ \qquad \qquad \\ \text{OC}_4\text{H}_9 \qquad \text{OC}_8\text{H}_{17} \end{array}$	1.80	2.07	6.52	116	-40	160
25	$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-(\text{CH}_2)_2-\text{C}=\text{O} \\ \qquad \qquad \\ \text{OC}_7\text{H}_{15} \qquad \text{OC}_6\text{H}_{10}\text{CH}_3 \end{array}$	1.34	2.05	6.46	113	-46	174
26	$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-(\text{CH}_2)_2-\text{C}=\text{O} \\ \qquad \qquad \\ \text{OC}_8\text{H}_{17} \qquad \text{O}(\text{CH}_2)_2\text{OH} \end{array}$	3.89	2.53	7.49	195	-14	207
27	$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-(\text{CH}_2)_4-\text{C}=\text{O} \\ \qquad \qquad \\ \text{OC}_4\text{H}_9 \qquad \text{OC}_8\text{H}_{17} \end{array}$	1.60	2.48	7.32	193	-34	192
28	$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-(\text{CH}_2)_4-\text{C}=\text{O} \\ \qquad \qquad \\ \text{OC}_7\text{H}_{15} \qquad \text{OC}_8\text{H}_{17} \end{array}$	0.90	2.73	7.56	253	-58	204
29	$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-(\text{CH}_2)_4-\text{C}=\text{O} \\ \qquad \qquad \\ \text{OC}_7\text{H}_{15} \qquad \text{OC}_6\text{H}_{10}\text{CH}_3 \end{array}$	2.30	2.96	8.88	220	-40	180
30	$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-(\text{CH}_2)_4-\text{C}=\text{O} \\ \qquad \qquad \\ \text{OC}_7\text{H}_{15} \qquad \text{OCH}_2\text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$	0.84	2.32	7.57	126	-42	176
31	$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-(\text{CH}_2)_4-\text{C}=\text{O} \\ \qquad \qquad \\ \text{OC}_8\text{H}_{17} \qquad \text{O}(\text{CH}_2)_2\text{OH} \end{array}$	3.55	2.96	9.21	201	-10	220

Cədvəl 2-nin davamı

1	2	3	4	5	6	7	8
32	$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-(\text{CH}_2)_8-\text{C}=\text{O} \\ \qquad \qquad \qquad \\ \text{OC}_7\text{H}_{15} \qquad \text{OC}_6\text{H}_{10}\text{CH}_3 \end{array}$	1.82	3.68	11.34	247	-36	200
33	$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-(\text{CH}_2)_8-\text{C}=\text{O} \\ \qquad \qquad \qquad \\ \text{OC}_8\text{H}_{17} \qquad \text{O}(\text{CH}_2)_2\text{OH} \end{array}$	4.01	3.41	10.96	212	-7	238
ИПМ-10		0.02	3	9.3-10.5	95-100	-50	150
Sənaye yağı И-5-А		0.02	-	6-8	-	-18	140

Molekulunda tsiklik radikal saxlayan ($\text{C}_3\text{-C}_{10}$) ikiəsəslı turşuların qeyri-simmetrik efirlərinin (21, 25, 29, 32) müqayisəsi göstərir ki, karbon zəncirinin uzunluğu artdıqca 100°C -də kinematik özlülük 1.55-dən 3.68 mm^2/s -yə qədər, 40°C -də 3.56-dən 11.34 mm^2/s -yə qədər artır, Öİ 93-dən 247 vahidə qədər yüksəlir, donma temperaturu -50 -dən -36°C -yə qədər dəyişir, alışma temperaturu isə 165-dən 200°C -ə qədər artır. Oxşar dəyişikliklər tərkibində aromatik radikal saxlayan qeyri-simmetrik efirlərdə də müşahidə olunur.

Simmetrik və qeyri-simmetrik efirlərin özlülük-temperatur xassələrinin müqayisəsi göstərdi ki, sonuncular daha yaxşı aşağı temperatur xassələrinə malikdir. Məsələn, simmetrik (15) efir ilə müqayisədə sebasin turşusunun qeyri-simmetrik efirində (32) aşağıdakı dəyişikliklər müşahidə olunur: donma temperaturu -28 -dən -36°C -ə qədər azalır, Öİ 178-dən 247-yə yüksəlir və alışma temperaturu 195-dən 200°C -ə qədər artır.

Cədvəl 2-dən göründüyü kimi, ($\text{C}_3\text{-C}_{10}$) dikarbon turşularının qeyri-simmetrik efirləri Öİ və alışma temperaturuna görə *ИПМ-10* aviasiya və *И-5-А* sənaye yağlarından üstündür. Həmçinin, bu efirlərin donma temperaturu *И-5-А* yağından xeyli aşağıdır.

($\text{C}_3\text{-C}_{10}$) dikarbon turşularının kompleks efirlərinin özlülük-temperatur xassələri cədvəl 3-də verilmişdir.

Cədvəl 3

Kompleks efirlərin özlülük-temperatur xassələri

№	Efir	Kinematik özlülük, mm ² /s		Öİ	Temperatur, °C	
		100 ⁰ C	40 ⁰ C		donma	alışma
34	$\begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{COO}(\text{CH}_2)_2\text{OCOC}_5\text{H}_{11} \\ \\ \text{CH}_2 - \text{COOC}_8\text{H}_{17} \end{array}$	1.35	2.91	99	-44	160
35	$\begin{array}{c} (\text{CH}_2)_2 - \text{COO}(\text{CH}_2)_2\text{OCOC}_5\text{H}_{11} \\ \\ (\text{CH}_2)_2 - \text{COOC}_8\text{H}_{17} \end{array}$	1.64	3.18	178	-28	172
36	$\begin{array}{c} (\text{CH}_2)_4 - \text{COO}(\text{CH}_2)_2\text{OCOC}_5\text{H}_{11} \\ \\ (\text{CH}_2)_4 - \text{COOC}_8\text{H}_{17} \end{array}$	2.30	5.92	275	-13	206
37	$\begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{COO}(\text{CH}_2)_2\text{OCOC}_5\text{H}_{11} \\ \\ \text{CH}_2 - \text{COO}(\text{CH}_2)_2\text{OCOC}_5\text{H}_{11} \end{array}$	1.68	3.95	100	-46	170
38	$\begin{array}{c} (\text{CH}_2)_2 - \text{COO}(\text{CH}_2)_2\text{OCOC}_5\text{H}_{11} \\ \\ (\text{CH}_2)_2 - \text{COO}(\text{CH}_2)_2\text{OCOC}_5\text{H}_{11} \end{array}$	4.77	19.92	171	-36	190
39	$\begin{array}{c} (\text{CH}_2)_4 - \text{COO}(\text{CH}_2)_2\text{OCOC}_5\text{H}_{11} \\ \\ (\text{CH}_2)_4 - \text{COO}(\text{CH}_2)_2\text{OCOC}_5\text{H}_{11} \end{array}$	10.22	55.96	173	-28	217
Hydroil HM 10		2.7	8-14	108	-30	160
Sənaye yağı II-3-A		≤0.07	3-3.5	-	≤-18	≥90

Nəticələrə əsasən, tərkibində üç efir qrupu (34, 35, 36) olan mürəkkəb efirlərin turşu fraqmentindəki karbon zəncirinin uzunluğunun artması ilə 100°C-də kinematik özlülük 1.35-dən 2.30 mm²/s-ə qədər, 40°C-də 2.91-dən 5.92 mm²/s-ə qədər artır. Özlülük indeksi 99 vahiddən 275-ə, donma temperaturu -44-dən -13°C-yə, alışma temperaturu isə 160-dan 206°C-yə qədər yüksəlir. Oxşar dəyişikliklər dörd efir qrupu saxlayan kompleks efirlərdə də müşahidə olunur.

Sintez edilmiş efirlər aşağı özlülüklü birləşmələrdir və onlar cihaz, hidravlik və sənaye yağlarının, aşağı özlülüklü aviasiya yağlarının, işçi və soyuducu-yağlayıcı mayelərin əsası kimi uyğun xassələrə malikdirlər. Məsələn, *PЖ-8*, *AVISTA HYD HLP 10*, *Hydroil HM 10*, *II-3-A*, *II-5-A* və s.

Dikarbon turşularının efirləri və mineral yağlar əsasında hazırlanmış kompozisiyaların özlülük-temperatur xassələrinin öyrənilməsi

(C₃-C₁₀) dikarbon turşularının diefirlərinin otaq temperaturunda mineral yağlarda yaxşı həllolma qabiliyyətinə əsaslanaraq onların T-46 və AK-15 markalı yağlarda 10%-li kompozisiyaları hazırlanmış və özlülük-temperatur xassələri öyrənilmişdir. Nəticələr cədvəl 4 və 5-də verilmişdir.

Cədvəl 4
**T-46 mineral yağı əsasında hazırlanmış kompozisiyaların
özlülük-temperatur xassələri**

№	Kompozisiya	Kinematik özlülük, mm ² /s		d_4^{20} , q/sm ³	Öİ	Temperatur, °C	
		100°C	40°C			donma	alışma
	T-46	8.61	81.33	0.900	60	-10	195
1	T-46 + 10% efir 21	5.96	42.5	0.904	77	-33	210
2	T-46 + 10% efir 25	6.44	48.8	0.909	73	-36	218
3	T-46 + 10% efir 29	6.66	51.8	0.910	73	-40	220
4	T-46 + 10% efir 32	6.75	53.2	0.908	72	-44	222
5	T-46 + 10% efir 19	4.59	26.3	0.905	80	-30	208
6	T-46 + 10% efir 24	5.42	36.8	0.905	72	-33	214
7	T-46 + 10% efir 27	6.07	42.2	0.908	83	-38	220
8	T-46 + 10% efir 22	4.16	24.2	0.904	48	-28	205
9	T-46 + 10% efir 30	5.02	30.5	0.906	85	-37	223
10	T-46 + 10% efir 14	6.65	52.1	0.915	71	-36	225
11	T-46 + 10% efir 15	6.98	57.2	0.907	70	-40	228
12	T-46 + 10% efir 10	5.52	35.8	0.910	86	-41	224

(C₃-C₁₀) dikarbon turşularının efirlərinin T-46 yağına əlavə edilməsi onun özlülük-temperatur xassələrini yaxşılaşdırır. Xüsusilə, Öİ 60 vahiddən 86-ya qədər artır, alışma temperaturu isə 195-dən 228°C-yə qədər yüksəlir. Bundan əlavə, əksər kompozisiyaların donma temperaturu mineral yağ ilə müqayisədə daha aşağıdır (-10-dan -44°C-yə qədər), bu da aşağı temperatur xassələrinin yaxşılaşdığını göstərir.

Cədvəl 5

**AK-15 mineral yağı əsasında hazırlanmış kompozisiyaların
özlülük-temperatur xassələri**

№	Kompozisiya	Kinematik özlülük, mm ² /s		Öİ	Temperatur, °C	
		100°C	40°C		donma	alışma
	AK-15	15.9	-	49	-6	205
1	AK-15 + 10% efir 15	9.82	67.60	127	-41	215
2	AK-15 + 10% efir 25	6.58	50.64	73	-31	200
3	AK-15 + 10% efir 29	8.96	64.27	115	-27	215
4	AK-15 + 10% efir 22	6.02	36.14	111	-37	195
5	AK-15 + 10% efir 32	8.13	54.98	117	-32	213
6	AK-15 + 10% efir 27	6.90	44.06	113	-32	211
7	AK-15 + 10% efir 14	6.89	55.48	71	-34	213
8	AK-15 + 10% efir 10	7.23	45.18	121	-22	212
9	AK-15 + 10% efir 30	5.90	37.31	100	-23	195
10	AK-15 + 10% efir 24	6.58	42.74	108	-27	207
11	AK-15 + 10% efir 21	10.10	72.09	123	-37	210
12	AK-15 + 10% efir 19	6.74	46.03	99	-35	206

Alınan nəticələrə görə, AK-15 mineral yağına (C₃-C₁₀) dikarbon turşularının sintez edilmiş efirlərinin 10% əlavə edilməsi yağın Öİ-ni (49 vahiddən 127-yə) və alışma temperaturunu (205°C -dən 215°C-yə qədər) artırır, donma temperaturunu isə əhəmiyyətli dərəcədə azaldır (-6-dan -41°C-ə qədər).

Kompozisiyaların termooksidləşmə stabilliyinin təyini

T-46 turbin yağı ilə malon və adipin turşularının dibenzil efirləri əsasında hazırlanmış 5 və 10%-li kompozisiyaların termooksidləşmə stabilliyi ГОСТ 11063-2020-ə əsasən təyin olunmuşdur.

Məlum olmuşdur ki, bütün kompozisiyalar yüksək termooksidləşmə stabilliyi göstərir. T-46 mineral yağına 5% efirin əlavə edilməsi oksidləşmədən sonra çöküntünün miqdarının əhəmiyyətli dərəcədə azalmasına (3.15-dən 0.02 kütlə %-ə) səbəb olur.

Sürtkü kompozisiyalarının sürtünmə və aşınmaya qarşı xassələrinin triboloji təhlili

Sintez edilmiş efirlər və AK-15 mineral yağı əsasında hazırlanan kompozisiyaların yağlama xassələri araşdırılmışdır. Siyirmə indeksi, böhran yükü, qaynaq yükü və yeyilmə çevrəsinin diametri kimi göstəricilər qiymətləndirilmişdir. Nəticələr (cədvəl 6) göstərdi ki, kəhrəba və adipin turşularının efirləri əsasında hazırlanmış kompozisiyalar ən yaxşı yeyilməyə və siyirməyə qarşı qoruyucu xassə nümayiş etdirir.

Cədvəl 6
**AK-15 əsasında hazırlanmış kompozisiyaların yağlama
xassələri**

№	Kompozisiya	Siyirmə indeksi (I_s), N	Böhran yükü (P_b), N	Qaynaq yükü (P_q), N	Yeyilmə çevrəsinin diametri (D_Y), mm
1	AK-15 + 10% efir 15	410	760	950	0.45
2	AK-15 + 10% efir 25	429	784	980	0.42
3	AK-15 + 10% efir 29	450	800	970	0.40
4	AK-15 + 10% efir 22	330	570	890	0.65
5	AK-15 + 10% efir 32	425	770	940	0.47
6	AK-15 + 10% efir 27	440	810	960	0.43
7	AK-15 + 10% efir 14	460	830	980	0.38
8	AK-15 + 10% efir 10	420	740	920	0.50
9	AK-15 + 10% efir 30	340	580	880	0.63
10	AK-15 + 10% efir 24	410	750	930	0.48
11	AK-15 + 10% efir 21	337	588	882	0.60
12	AK-15 + 10% efir 19	390	720	910	0.52
DOS		256	500	-	0.69
PET		290	500	-	0.79

(C₃-C₁₀) dikarbon turşularının mürəkkəb efirlərinin quruluş xüsusiyyətlərinin hidrotəmizlənmiş dizel yanacağıının termooksidləşmə xassələrinə təsiri

Sintez edilmiş efirlər ГОСТ 305-2013-ə əsasən hidrotəmizlənmiş dizel yanacağı (DY) üçün antioksidant (AO) əlavələr kimi sınaqdan keçirilmişdir. Bu məqsədlə dizel yanacağına 0.004% efir əlavə edilmişdir. Proses “ЛІСАРТ” aparatında ГОСТ

9144-79-a uyğun olaraq 120°C-də, 4 saat ərzində aparılmışdır. Tədqiqatın nəticələri cədvəl 7-də verilmişdir.

Cədvəl 7
(C₃ – C₁₀) dikarbon turşularının efirlərinin antioksidant xassələri

№	Efir	Çöküntünün miqdarı, mq/100ml	
		DY əlavə olunmadan	DY+AO
1	2	3	4
16	$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-\text{CH}_2-\text{C}=\text{O} \\ \qquad \qquad \\ \text{OC}_4\text{H}_9 \qquad \text{OC}_4\text{H}_9 \end{array}$	4.3	1.5
17	$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-\text{CH}_2-\text{C}=\text{O} \\ \qquad \qquad \\ \text{OC}_4\text{H}_9 \qquad \text{OC}_6\text{H}_{13} \end{array}$	4.3	2.3
18	$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-\text{CH}_2-\text{C}=\text{O} \\ \qquad \qquad \\ \text{OC}_4\text{H}_9 \qquad \text{OC}_7\text{H}_{15} \end{array}$	4.3	0.6
19	$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-\text{CH}_2-\text{C}=\text{O} \\ \qquad \qquad \\ \text{OC}_4\text{H}_9 \qquad \text{OC}_8\text{H}_{17} \end{array}$	4.3	0.9
20	$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-\text{CH}_2-\text{C}=\text{O} \\ \qquad \qquad \\ \text{OC}_4\text{H}_9 \qquad \text{OC}_{10}\text{H}_{21} \end{array}$	4.3	2.6
22	$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-\text{CH}_2-\text{C}=\text{O} \\ \qquad \qquad \\ \text{OC}_7\text{H}_{15} \qquad \text{OCH}_2\text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$	4.3	1.6
26	$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-(\text{CH}_2)_2-\text{C}=\text{O} \\ \qquad \qquad \\ \text{OC}_8\text{H}_{17} \qquad \text{O}(\text{CH}_2)_2\text{OH} \end{array}$	4.0	2.9
34	$\begin{array}{c} \text{O} \qquad \qquad \text{O} \\ \qquad \qquad \\ \text{O}-\text{C} \qquad \text{C}-\text{O} \\ \qquad \qquad \\ (\text{CH}_2)_2\text{OCOC}_8\text{H}_{17} \end{array}$	4.0	2.6
37	$\begin{array}{c} \text{O} \qquad \qquad \text{O} \\ \qquad \qquad \\ \text{O}-\text{C} \qquad \text{C}-\text{O} \\ \qquad \qquad \\ (\text{CH}_2)_2\text{OCOC}_8\text{H}_{17} \qquad (\text{CH}_2)_2\text{OCOC}_8\text{H}_{17} \end{array}$	4.0	1.9
27	$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-(\text{CH}_2)_4-\text{C}=\text{O} \\ \qquad \qquad \\ \text{OC}_4\text{H}_9 \qquad \text{OC}_8\text{H}_{17} \end{array}$	5.9	0.7
28	$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-(\text{CH}_2)_4-\text{C}=\text{O} \\ \qquad \qquad \\ \text{OC}_7\text{H}_{15} \qquad \text{OC}_8\text{H}_{17} \end{array}$	5.9	0.1
29	$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-(\text{CH}_2)_4-\text{C}=\text{O} \\ \qquad \qquad \\ \text{OC}_7\text{H}_{15} \qquad \text{OC}_6\text{H}_{10}\text{CH}_3 \end{array}$	5.9	4.2

Cədvəl 7-nin davamı

1	2	3	4
30	$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-(\text{CH}_2)_4-\text{C}=\text{O} \\ \qquad \qquad \\ \text{OC}_7\text{H}_{15} \quad \text{OCH}_2\text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$	5.9	1.5
35	$\begin{array}{c} \text{O} \qquad \qquad \text{O} \\ \qquad \qquad \\ \text{O}-\text{C}-\text{(CH}_2\text{)}_4-\text{C}-\text{O} \\ \qquad \qquad \\ (\text{CH}_2)_2\text{OCOC}_5\text{H}_{11} \quad \text{OC}_8\text{H}_{17} \end{array}$	4.0	1.3
38	$\begin{array}{c} \text{O} \qquad \qquad \text{O} \\ \qquad \qquad \\ \text{O}-\text{C}-\text{(CH}_2\text{)}_4-\text{C}-\text{O} \\ \qquad \qquad \\ (\text{CH}_2)_2\text{OCOC}_5\text{H}_{11} \quad (\text{CH}_2)_2\text{OCOC}_5\text{H}_{11} \end{array}$	5.9	0.3

Sınaqlar göstərdi ki, ən yaxşı antioksidləşdirici xassələri malon və adipin turşularının qeyri-simmetrik efirləri nümayiş etdirir. Xüsusilə, butil-heptil və butil-oktilmalonatlar çöküntünün miqdarını müvafiq olaraq 4.3-dən 0.6 və 0.9 mq/100 ml-ə qədər endirir, butil-oktil və heptil-oktiladipinatlar isə müvafiq olaraq 5.9-dan 0.7 və 0.1 mq/100 ml-ə qədər azaldır. Kompleks efirlər arasında ən səmərəli olanı adipin turşusunun efiri (38) hesab edilir, burada alınan çöküntünün miqdarı 5.9-dan 0.3 mq/100 ml-ə qədər azalır.

(C₃-C₁₀) dikarbon turşularının efirlərinin konservasiya mayelərinin komponenti kimi tədqiqi

Sintez olunmuş dikarbon turşularının (C₃-C₁₀) efirləri konservasiya mayelərinin komponenti kimi tədqiq edilmişdir. Bu məqsədlə, T-30 turbin yağı ilə 3% və 10%-li kompozisiyalar hazırlanmış və onların korroziyaya qarşı davamlılığı “CORROSIONBOX-1000E” cihazında (ASTM E-85 standartına uyğun), “T-4” hidrokamerasında, dəniz suyunda və 0.001%-li H₂SO₄ məhlulunda sınaqdan keçirilmişdir. Malon, kəhrəba və adipin turşularının mürəkkəb efirlərinin 3% və 10%-li kompozisiyalarının müxtəlif aqressiv mühitlərdə antikorroziya xassələri tədqiq edilmişdir. Nəticələr cədvəl 8 və 9-da verilmişdir.

Cədvəl 8

**Malon turşusunun efirlərinin konservasiya mayelərinin
komponenti kimi sınaq nəticələri**

Efir	T-30 turbin yağında efirin qatılığı, %	Korroziyadan mühafizə müddəti, gün		
		Hidrokamera «Г-4»	Dəniz suyu	0.001%-li H ₂ SO ₄ məhlulu
$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-\text{CH}_2-\text{C}=\text{O} \\ \qquad \qquad \\ \text{OC}_4\text{H}_9 \qquad \text{OC}_4\text{H}_9 \end{array}$	3	95	81	47
	10	122	103	50
$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-\text{CH}_2-\text{C}=\text{O} \\ \qquad \qquad \\ \text{OC}_8\text{H}_{17} \qquad \text{OC}_8\text{H}_{17} \end{array}$	3	82	74	42
	10	114	90	46
$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-\text{CH}_2-\text{C}=\text{O} \\ \qquad \qquad \\ \text{OC}_9\text{H}_{19} \qquad \text{OC}_9\text{H}_{19} \end{array}$	3	85	67	37
	10	117	82	43
$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-\text{CH}_2-\text{C}=\text{O} \\ \qquad \qquad \\ \text{OC}_{10}\text{H}_{21} \qquad \text{OC}_{10}\text{H}_{21} \end{array}$	3	77	40	35
	10	105	48	39
$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-\text{CH}_2-\text{C}=\text{O} \\ \qquad \qquad \\ \text{OCH}_2\text{C}_6\text{H}_5 \qquad \text{OCH}_2\text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$	3	100	89	49
	10	128	116	62
$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-\text{CH}_2-\text{C}=\text{O} \\ \qquad \qquad \\ \text{OC}_6\text{H}_{10}\text{CH}_3 \qquad \text{OC}_6\text{H}_{10}\text{CH}_3 \end{array}$	3	80	70	45
	10	115	90	58
K-17	-	70	70	-
HF-203A	-	83	16	-

T-30 mineral yağının qorunma müddəti hidrokamerada 35 gün, dəniz suyunda 15 gün və 0.001%-li H₂SO₄ məhlulunda 9 gün təşkil edir. T-30 mineral yağında efirlərin 10%-li kompozisiyalarının korroziyadan mühafizə effekti isə “Г-4” hidrokamerasında 105-128 gün, dəniz suyunda 48-116 gün və sulfat turşusu məhlulunda 39-62 gün təşkil edir.

Nəticələrə əsasən (cədvəl 9), hazırlanmış kompozisiyalar *CORROSIONBOX-1000E* aparatında 300 gündən çox korroziyadan mühafizə effekti göstərir ki, bu da sənaye konservasiya mayelərinin K-17 və HF-203A (müvafiq olaraq 70 və 83 gün) qoruyucu xassələrindən əhəmiyyətli dərəcədə üstündür. Dəniz suyunda və 0.001%-li H₂SO₄ məhlulunda ən yüksək antikorroziya təsirinə monoheptiladipinat (102-117 və 91-108 gün), monobutiladipinat (110-125 və 97-116 gün) və kəhrəba turşusunun monobutil efiri

(123-130 və 119-122 gün) əsasında hazırlanan 3 və 10%-li kompozisiyalar malikdir.

Cədvəl 9

(C₄-C₁₀) dikarbon turşularının monoefirlərinin konservasiya mayelərinin komponenti kimi sınaq nəticələri

№	Monoefir	T-30 turbin yağında monoefirin qatılığı, %	Korroziyadan mühafizə müddəti, gün		
			CORROSION BOX-1000E (kondensasiya fəzi)	Dəniz suyu	0.001%-li H ₂ SO ₄ məhlulu
1	$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-(\text{CH}_2)_2-\text{C}=\text{O} \\ \qquad \qquad \\ \text{OC}_4\text{H}_9 \qquad \text{OH} \end{array}$	3	324	123	119
		10	338	130	122
2	$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-(\text{CH}_2)_2-\text{C}=\text{O} \\ \qquad \qquad \\ \text{OC}_8\text{H}_{17} \qquad \text{OH} \end{array}$	3	330	98	93
		10	338	104	99
3	$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-(\text{CH}_2)_4-\text{C}=\text{O} \\ \qquad \qquad \\ \text{OC}_4\text{H}_9 \qquad \text{OH} \end{array}$	3	326	110	97
		10	347	125	116
4	$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-(\text{CH}_2)_4-\text{C}=\text{O} \\ \qquad \qquad \\ \text{OC}_7\text{H}_{15} \qquad \text{OH} \end{array}$	3	341	102	91
		10	353	117	108
5	$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-(\text{CH}_2)_4-\text{C}=\text{O} \\ \qquad \qquad \\ \text{OC}_8\text{H}_{17} \qquad \text{OH} \end{array}$	3	330	92	87
		10	345	96	92
6	$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-(\text{CH}_2)_4-\text{C}=\text{O} \\ \qquad \qquad \\ \text{OC}_6\text{H}_{10}\text{CH}_3 \qquad \text{OH} \end{array}$	3	335	80	73
		10	353	84	79
7	$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-(\text{CH}_2)_4-\text{C}=\text{O} \\ \qquad \qquad \\ \text{OC}_6\text{H}_5\text{CH}_2 \qquad \text{OH} \end{array}$	3	329	64	59
		10	345	78	70
8	$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-(\text{CH}_2)_8-\text{C}=\text{O} \\ \qquad \qquad \\ \text{OC}_8\text{H}_{17} \qquad \text{OH} \end{array}$	3	339	74	70
		10	347	87	82
9	$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-(\text{CH}_2)_8-\text{C}=\text{O} \\ \qquad \qquad \\ \text{OC}_6\text{H}_{10}\text{CH}_3 \qquad \text{OH} \end{array}$	3	336	59	53
		10	353	64	60
K-17		-	70	70	-
HF-203A		-	83	16	-

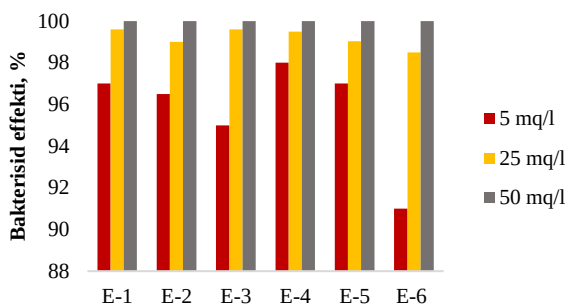
(C₃-C₁₀) dikarbon turşularının efirlərinin bakterisid aktivliyinin tədqiqi

(C₃-C₁₀) dikarbon turşularının efirlərinin sulfatreduksiyaedici bakteriyalara (SRB) qarşı bakterisid xassələri öyrənilmişdir. Bu efirlərin bakterisid-inhibitor xassələri cədvəl 10-da verilmişdir.

Cədvəl 10
Efirlərinin bakterisid xassələri

№	Efir	Maddənin qatılığı, mq/l	Bakteriyaların sayı (hüceyrələrin sayı/ml)	H ₂ S-in qatılığı, mq/l	Bakterisid effekti, Z-%
1	$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-\text{CH}_2-\text{C}=\text{O} \\ \qquad \qquad \\ \text{OC}_4\text{H}_9 \qquad \text{OC}_4\text{H}_9 \end{array}$	5	10 ¹	10.9	97
		25	10 ¹	1.5	99.6
		50	-	-	100
2	$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-\text{CH}_2-\text{C}=\text{O} \\ \qquad \qquad \\ \text{OC}_8\text{H}_{17} \qquad \text{OC}_8\text{H}_{17} \end{array}$	5	10 ¹	13.1	96.5
		25	10 ¹	3.6	99
		50	-	-	100
3	$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-\text{CH}_2-\text{C}=\text{O} \\ \qquad \qquad \\ \text{OC}_9\text{H}_{19} \qquad \text{OC}_9\text{H}_{19} \end{array}$	5	10 ¹	19	95
		25	10 ¹	-	99.6
		50	-	-	100
4	$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-\text{CH}_2-\text{C}=\text{O} \\ \qquad \qquad \\ \text{OC}_{10}\text{H}_{21} \qquad \text{OC}_{10}\text{H}_{21} \end{array}$	5	10 ¹	7.5	98
		25	10 ¹	1.7	99.5
		50	-	-	100
5	$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-\text{CH}_2-\text{C}=\text{O} \\ \qquad \qquad \\ \text{OCH}_2\text{C}_6\text{H}_5 \qquad \text{OCH}_2\text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$	5	10 ¹	10.9	97
		25	10 ¹	3.6	99.04
		50	-	-	100
6	$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-\text{CH}_2-\text{C}=\text{O} \\ \qquad \qquad \\ \text{OC}_6\text{H}_{10}\text{CH}_3 \qquad \text{OC}_6\text{H}_{10}\text{CH}_3 \end{array}$	5	10 ¹	33.5	91
		25	10 ¹	5.5	98.5
		50	-	-	100
7	$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-(\text{CH}_2)_4-\text{C}=\text{O} \\ \qquad \qquad \\ \text{OC}_7\text{H}_{15} \qquad \text{OH} \end{array}$	50	-	-	100
		100	-	-	100
		200	-	-	100
8	$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-(\text{CH}_2)_4-\text{C}=\text{O} \\ \qquad \qquad \\ \text{OC}_7\text{H}_{15} \qquad \text{OC}_6\text{H}_{10}\text{CH}_3 \end{array}$	50	10 ⁵	171	54.4
		100	10 ⁴	139.8	62.7
		200	10 ³	100	73
9	$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-(\text{CH}_2)_2-\text{C}=\text{O} \\ \qquad \qquad \\ \text{OC}_8\text{H}_{17} \qquad \text{OH} \end{array}$	50	10 ³	96.4	74.2
		100	-	-	100
		200	-	-	100
10	$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-(\text{CH}_2)_8-\text{C}=\text{O} \\ \qquad \qquad \\ \text{OC}_7\text{H}_{15} \qquad \text{OC}_6\text{H}_{10}\text{CH}_3 \end{array}$	50	10 ²	56.3	85
		100	-	-	100
		200	-	-	100
11	$\begin{array}{c} \text{O}=\text{C}-(\text{CH}_2)_8-\text{C}=\text{O} \\ \qquad \qquad \\ \text{OC}_8\text{H}_{17} \qquad \text{O}(\text{CH}_2)_2\text{OCOC}_5\text{H}_{11} \end{array}$	50	-	-	100
		100	-	-	100
		200	-	-	100

Alınan nəticələr malon turşusunun diefirlərinin SRB-yə qarşı yüksək bakterisid xassələrə malik olduğunu göstərir. 5 mq/l qatılığında malon turşusunun (MT) simmetrik efirləri 90%-dən artıq, 50 mq/l qatılığında isə bakteriya hüceyrələrinin inkişafını tamamilə dayandıraraq 100% bakterisid xassə göstərir. Sənaye inhibitorları *AMДOP-ИК-7* və *AMДOP-ИК-10* eyni qatılıqda (50 mq/l) müvafiq olaraq yalnız 60% və 40% biosid təsir göstərir. MT-nin simmetrik efirlərinin SRB-nin həyat fəaliyyətinə təsiri aşağıdakı diaqramda əks olunmuşdur.



Şəkil 9. Malon turşusunun mürəkkəb efirlərinin bakterisid aktivliyi

Adipin turşusunun monoheptil efiri və sebasin turşusunun kompleks efiri yüksək effektivlik nümayiş etdirərək, bütün araşdırılan qatılıqlarda 100% bakterisid təsir göstərmişdir. Həmçinin, kəhrəbə turşusunun monoefiri və sebasin turşusunun qeyri-simmetrik efiri də 100 və 200 mq/l qatılıqlarda bakteriya hüceyrələrinin inkişafını tam dayandırmışdır.

(C₃-C₁₀) dikarbon turşularının diefirlərinin plastifikator xassələrinin öyrənilməsi

(C₃-C₁₀) dikarbon turşularının mürəkkəb efirləri yüksək sıxlıqlı polietilen (YSPE), polipropilen (PP) və polivinilxlorid (PVX) polimer matrislərində plastifikator kimi tədqiq edilmişdir. Hazırlanmış polimer materialların plastifikasiyaedici xassələri araşdırılmış və nəticələr cədvəl 11 və 12-də verilmişdir.

YSPE-də MT-nin dioktil efiri yüksək dağıdıcı gərginlik (30.06 MPa) göstərmişdir. PP-də üç plastifikator həm yüksək dağıdıcı

gərginlik (30.75, 28.47 və 29.88 MPa), həm də nisbi uzanma (850, 870 və 930%) nümayiş etdirmişdir. PVX-də ən yüksək dağıdıcı gərginlik (36.52 MPa) malon turşusunun dioktil efirinə məxsusdur.

Cədvəl 11
Kompozitlərin mexaniki xassələri

Nö	Kompozisiya, kütlə %	Dağıdıcı gərginlik, MPa	Nisbi uzanma, %
1	100% YSPE	22.95	19
2	YSPE + 1% P ₁	30.06	19
3	YSPE + 1% P ₂	21.79	10
4	YSPE + 1% P ₃	24.43	12
5	100% PP	24.28	437
6	PP + 1% P ₁	30.75	850
7	PP + 1% P ₂	29.88	930
8	PP + 1% P ₃	28.47	870
9	PVX + 1% P ₁	36.52	52
10	PVX + 1% P ₂	34.36	57

* P₁ – dioktilmalonat, P₂ – 4-metiltsikloheksil-heptilmalonat, P₃ – benzil-heptilmalonat.

Cədvəl 12
Kompozitlərin mexaniki xassələr

Nö	Kompozisiya, kütlə %	Dartılma möhkəmliyi, MPa	Nisbi uzanma, %
1	2	3	4
1	100% YSPE	30.0	32
2	YSPE + 1% P ₄	21.2	12
3	YSPE + 1% P ₅	28.5	18

Cədvəl 12-nin davamı

1	2	3	4
4	YSPE + 1% P ₆	30.2	20
5	YSPE + 1% P ₇	32.0	20
6	100% PP	34.0	970
7	PP + 1% P ₄	35.1	1000
8	PP + 1% P ₅	34.3	980
9	PP + 1% P ₆	32.0	960
10	PP + 1% P ₇	30.3	880
11	100% PVX	30.8	16
12	PVX + 20% P ₇	15.6	34

*P₄ – di(4-metilsikloheksil)adipinat, P₅ – di(4-metilsikloheksil)sebasinat, P₆ – 4-metilsikloheksil-heptil adipinat, P₇ – 4-metilsikloheksil-heptil sebasinat.

Adipin və sebasin turşularının simmetrik və qeyri-simmetrik efirləri əsasında hazırlanan kompozisiyaların fiziki-mexaniki göstəriciləri bu əlavələrin polimerlərin plastifikator xassələrinə təsirinin qeyri-müəyyən olduğunu göstərir.

Qeyri-simmetrik efirin 1% (4-metilsikloheksil-heptil) əlavə edilməsi YSPE-nin dartılma möhkəmliyini artırır. Bununla yanaşı, adipin və sebasin turşularının simmetrik diefirləri PP üçün həm dartılma möhkəmliyi (35.1 və 34.3 MPa), həm də qırılma zamanı nisbi uzanmada yüksək göstəriciləri təmin edir (müvafiq olaraq 35.1 və 34.3 MPa, 1000 və 980%). Müəyyən edilib ki, sebasin turşusunun 4-metilsikloheksil-heptil efirinin PVX-yə 20% əlavə edilməsi kompozitin nisbi uzanmasını artırır.

(C₃-C₁₀) dikarbon turşularının qeyri-simmetrik efirinin alınma prosesinin texnoloji sxeminin işlənilib hazırlanması

Malon turşusunun qeyri-simmetrik efirinin alınması nümunəsindən istifadə edərək efirləşmə prosesinin texnoloji sxemi işlənilib hazırlanmışdır. Qeyri-simmetrik efirinin alınma prosesi iki

mərhələdən ibarətdir: monoefirin sintezi və onun diefirə qədər efirləşməsi. Hər iki mərhələ qarışdırıcı ilə təchiz olunmuş reaktorda (7) mərhələli şəkildə həyata keçirilir (şəkil 10).

Birinci mərhələdə I, II, və III xətləri ilə (1), (2) və (3) tutumlarından qarışdırıcıya (4) malon turşusu, butanol-1, həlledici (*p*-ksilol) daxil olur və burada əvvəlcədən qarışdırılır. Sonra alınan qarışıq nasos (5) vasitəsilə reaktora (7) yüklənir. Eyni zamanda, katalizator (KY-2-8) V xətti ilə reaktora (7) verilir. Reagentlər reaktora daxil olduğdan sonra elektrik qızdırıcısı və qarışdırıcı işə salınır. Efirləşmə prosesi reaktorda 130 – 135°C temperatur intervalında və 4 saat ərzində fasiləsiz qarışdırılmaqla aparılır. Efirləşmə reaksiya qarışığından suyun tam buxarlanmasına qədər davam etdirilir.

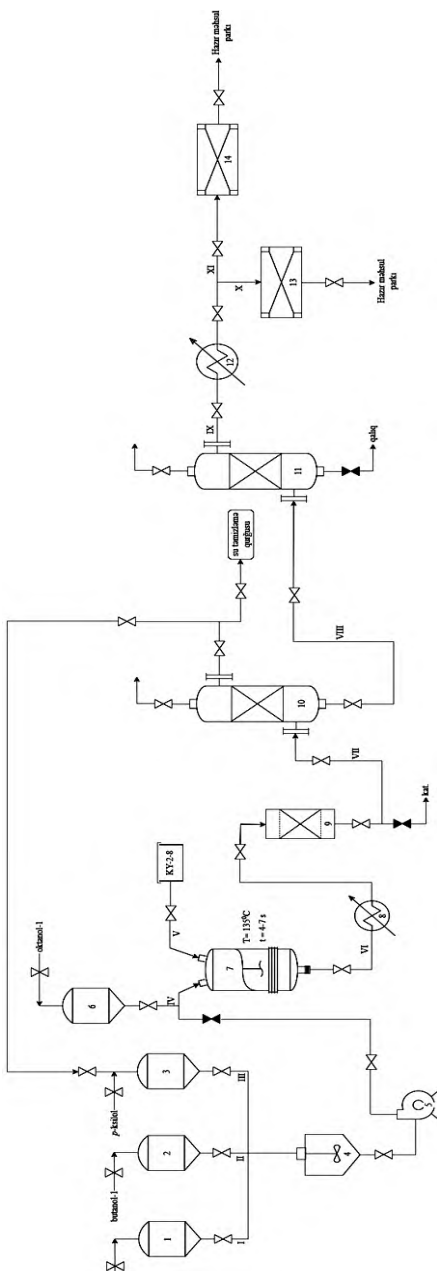
Alınan reaksiya qarışığı istilik dəyişdiricidə (8) 50°C-yə qədər soyudulduqdan sonra VI xətti vasitəsilə filtrləmə aparatına (9) göndərilir. Burada efirləşmə məhsulu katalizatordan ayrılır.

Tərkibində azeotrop su – *p*-ksilol qarışığı olan maye faza VII xətti üzrə atmosfer-rektifikasiya kolonuna (10) yönləndirilir. Bu zaman su kollonun yuxarı hissəsindən çıxarılır və su təmizləmə qurğusuna göndərilir, *p*-ksilol isə təkrar istifadə üçün reaksiya sisteminə (tutum 3) qaytarılır.

İkinci mərhələdə IV xətt vasitəsilə tutumdan (6) alınmış monoefir üzərinə (reaktor 7) *n*-oktanol əlavə edilir. Reaksiya mühitinin temperaturu 130 – 135°C təşkil edir. Efirləşmə prosesi reaksiya suyunun nəzərdə tutulan miqdarda ayrılması və efirləşmə məhsulun turşu ədədi 6 mq KOH/q səviyyəsinə çatdıqda yekunlaşdırılır.

Diefirin reaksiyanın yan məhsullarından təmizlənməsi vakuum-rektifikasiya kollonunda 20 mm c.s. təzyiq altında və 345°C-də fraksiyalı distillə ilə həyata keçirilir. Bunun üçün alınmış efirləşmə məhsulu VIII xətti ilə vakuum-rektifikasiya kolona (11) daxil olur və IX xətti üzrə istilik dəyişdiricidə (12) soyulduqdan sonra X və XI xəttlər vasitəsilə 13 və 14 saxlama tutumlarına ötürülür. Alınan məhsullar – monoefir (yan məhsul) və qeyri-simmetrik efir istifadə və ya saxlanılmaq məqsədilə daha sonra hazır məhsullar parkına yönləndirilir. Monoefir təkrar reaktora daxil edilərək tam efirləşdirilə, həmçinin bakterisid-inhibitor və konservasiya mayelərinin komponenti kimi istifadə oluna bilər.

Distillə qalığı, qətranəbənzər maye məhsul şəklində, reaktorun alt drenaj klapanı vasitəsilə xaric edilir.



Şəkil 10. Malon turşusunun qeyri-simmetrik mürəkkəb efirinin alınmasının texnoloji sxemi

1 – malon turşusu üçün tutum; 2 – butanol-1 üçün tutum; 3 – *p*-ksilol üçün tutum; 4 – qarışdırıcı; 5 – nasos; 6 – oktanol-1 üçün tutum; 7 – qarışdırıcı və qızdırıcı ilə təchiz edilmiş reaktor; 8 və 12 – istilik dəyişdiriciləri; 9 – filtrləmə aparatı; 10 – atmosfer-rektifikasiya kolonu; 11 – vakuum-rektifikasiya kolonu; 13 və 14 – saxlama tutumları.

NƏTİCƏLƏR

1. Malon, kəhrəba, adipin və sebasin turşularının simmetrik və qeyri-simmetrik diefirləri, həmçinin kompleks efirləri sintez olunmuşdur. Reaksiya KY-2-8 və Seokar-2 katalizatorlarının iştirakı ilə, həlledici kimi *p*-ksilol mühitində aparılmışdır. Son məhsulların çıxımı 70 – 90%, seçiciliyi isə 75 – 91% təşkil etmişdir. Mürəkkəb efirlərin özlülük-temperatur xassələri öyrənilmişdir. Bu efirlər *PJK-8*, *IIIM-10*, *II-3-A*, *II-5-A*, *Hydroil HM 10*, *Avista HYD HLP 10* kimi aşağı özlülüklü sintetik yağlar üçün əsas kimi tövsiyə oluna bilərlər [1-2, 4, 8-9, 14, 18, 20, 23].
2. Sintez olunmuş mono- və diefirlər konservasiya mayelərinin komponenti kimi tədqiq edilmiş və korroziyaya qarşı yüksək qoruyucu xassələr göstərmişdir. Monoefirlər əsasında T-30 mineral yağı ilə hazırlanmış 3 və 10%-li kompozisiyaların “CORROSIONBOX-1000E” aparatında korroziyadan qorunma müddəti 324 – 353 gün, dəniz suyunda 59 – 130 gün, 0.001%-li H₂SO₄ məhlulunda isə 53 – 122 gün təşkil etmişdir [12, 13].
3. Malon turşusunun simmetrik efirləri ilk dəfə olaraq bakterisid-inhibitorlar kimi sınaqdan keçirilmiş və kifayət qədər aşağı qatılıqlarda (5, 25 və 50 mq/l) sulfatreduksiyaedici bakteriyalara (SRB) qarşı yüksək qoruyucu effekt nümayiş etdirmişdir. Məlum olmuşdur ki, 5 mq/l qatılıqda malon turşusunun mürəkkəb efirləri 91 – 98% bakterisid effekt göstərir, 50 mq/l qatılıqda isə bakteriya hüceyrələrinin inkişafını tam dayandırır. Adipin turşusunun monoheptil, kəhrəba turşusunun monooktil efirləri də sınaqdan keçirilmiş və 50 mq/l qatılıqda 100% bakterisid effekti göstərmişdir [21, 25, 26, 28].
4. Malon turşusunun qeyri-simmetrik efirləri ilk dəfə olaraq hidrotəmizlənmiş dizel yanacağında antioksidant kimi tədqiq edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, malon turşusunun butil-heptil və butil-oktil efirləri dizel yanacağında çöküntünün miqdarını müvafiq olaraq 4.3-dən 0.6 və 0.9 mq/100 ml-ə qədər azaldır. Adipin turşusunun qeyri-simmetrik və kompleks efirləri də yüksək antioksidləşdirici xassələr nümayiş etdirmişdir. Belə ki, adipin turşusunun kompleks efiri, heptil-oktil, butil-oktil və benzil-heptil efirləri çöküntünün miqdarını müvafiq olaraq

- 5.9-dan 0.3, 0.1, 0.7 və 1.5 mq/100 ml-ə qədər azaldır [3, 5, 7, 22].
5. Malon, adipin və sebasin turşularının simmetrik və qeyri-simmetrik efirləri polipropilen, polivinilxlorid və yüksək sıxlıqlı polietilen üçün plastifikatorlar kimi sınaqdan keçirilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, polipropilendə malon turşusunun oktil, metilsikloheksil-heptil və benzil-heptil tərkibli nümunələri yüksək dartılma möhkəmliyi (30.75, 29.88, 28.47 MPa) və nisbi uzanma göstəriciləri (850, 930, 870%) nümayiş etdirir. Adipin və sebasin turşularının dimetilsikloheksil efiri əsasında polipropilenlə hazırlanmış kompozisiyalar həm dartılma möhkəmliyi (müvafiq olaraq 35.1 və 34.3 MPa), həm də qırılma zamanı nisbi uzanma (1000 və 980%) baxımından yüksək göstəricilərə malikdir [15, 16, 19].
 6. Sintez edilmiş efirlərin termooksidləşmə və termiki stabilliyi tədqiq edilmişdir. Məlum olmuşdur ki, T-46 mineral yağı ilə adipin və sebasin turşularının dibenzil efiri əsasında hazırlanmış 5%-li kompozisiyalarda oksidləşmədən sonra çöküntünün miqdarı 3.15-dən 0.01 kütlə %-ə qədər azalır. (C₃-C₁₀) dikarbon turşularının mürəkkəb efirlərinin termiki analizi göstərmişdir ki, yüksək termiki stabilliyə adipin turşusunun qeyri-simmetrik efirləri (269 – 370°C) və sebasin turşusunun simmetrik efiri (323 – 396°C) malikdir [24].
 7. Efirlərin AK-15 mineral yağı ilə hazırlanmış kompozisiyalarının yağlama xassələri öyrənilmiş və müəyyən edilmişdir ki, adipin və kəhrəba turşularının efirlərinin kompozisiyaları yeyilmə çevrəsinin diametri ($D_y = 0.38; 0.40$ mm), siyirmə indeksi ($I_s = 429; 460$ N) və böhran yükünə ($P_b = 784; 830$ N) görə yüksək nəticələrə malikdirlər. Bu nəticələr sənaye DOS və pentaeritrit yağlarının uyğun göstəricilərindən əhəmiyyətli dərəcədə üstündürlər.
 8. (C₃-C₁₀) dikarbon turşularının mürəkkəb efirlərinin alınması üçün (malon turşusunun qeyri-simmetrik efirinin nümunəsində) texnoloji sxem işlənib hazırlanmışdır.

**Dissertasiyanın əsas nəticələri aşağıdakı tezis və məqalələrdə
dərc edilmişdir:**

1. Мамедъяров, М.А, Алиева, Ф.Х., Ибрафилова, К.О. Синтез и исследование эфиров различной структуры адипиновой кислоты // Нефтепереработка и нефтехимия, – 2019. №11, – с. 20-24.
2. Мамедъяров, М.А., Алиева, Ф.Х., Ибрафилова, К.О. Подбор эффективных катализаторов для реакции этерификации янтарной кислоты // Международная научная конференция «Актуальные проблемы современной химии», посвященная 90-летию Института нефтехимических процессов им. академика Ю.Г. Мамедалиева, – Баку: – 2 - 4 октября, – 2019, – с.374.
3. Мамедъяров, М.А. Алиева, Ф.Х., Алиева, С.Г., Ибрафилова, К.О., Гулиева, Э.М. Эфиры терминальных дикарбоновых кислот в качестве антиокислительной присадки к топливам // Международная научная конференция «Актуальные проблемы современной химии», посвященная 90-летию Института нефтехимических процессов им. Академика Ю.Г. Мамедалиева, – Баку: – 2 - 4 октября, – 2019, – с.152.
4. Мамедъяров, М.А. Исследование корреляционной зависимости реакции этерификации янтарной кислоты методом компьютерного моделирования / М.А.Мамедъяров, Ф.М. Велиева, Ф.Х.Алиева, К.О.Ибрафилова // Технологии нефти и газа, – 2020. №2, – с.16-20.
5. Mammadyarov, M.A. Influence of structural specificity of esters on the operational properties of hydrofined diesel fuels / Maharram Mammadyarov, Fatmakhanyam Aliyeva, Kamala Israfilova, Sayyara Aliyeva, Elnara Guliyeva // Processes of Petrochemisrty and Oil Refining, – 2020. Vol.21, No. 3, – p.334-339.
6. Ибрафилова, К.О. Сложные эфиры дикарбоновых кислот в качестве основы и компонентов синтетических смазочных масел (обзор) // Нефтепереработка и нефтехимия, – 2020. №7, – с.16-20.
7. Mammadyarov, M.A., Aliyeva, F.X., Aliyeva, S.G., Israfilova, K.O., Guliyeva, E.M. Terminal dikarboksilik asitlerin esterlerinin sentezi ve onların yapısının hidroişlem görmüş dizel yakıtın

- tribolojik özellikleri üzerindeki etkisinin araştırılması // 32. Ulusal kimya kongresi, – Eskişehir: –17-19 sentyabr, – 2020, – s. 218.
8. Mammadyarov, M.A., Aliyeva, F.X., İsrafilova, K.O. Çeşitli yapıları terminal dikarboksilik asit (C_4-C_8) esterlerinin sentezi // 32. Ulusal Kimya Kongresi, – Eskişehir: – 17-19 sentyabr, – 2020, – s. 215.
 9. Мамедъяров, М.А., Алиева, Ф.Х., Исрафилова, К.О. Синтез и исследование физико-химических характеристик несимметричных и комплексных эфиров терминальных дикарбоновых кислот различной структуры // “Müasir Kimyanın Problemləri və İnkişaf Tendensiyaları” mövzusunda respublika elmi-praktik konfransın materialları, – Bakı: - 12 dekabr, – 2020, – s.113.
 10. Исрафилова, К.О. Математическая обработка экспериментальных данных композиций приготовленных на основе моноэфиров терминальных дикарбоновых кислот // Gənc tədqiqatçı. Elmi praktiki jurnal, – 2021. Том VII, №2, – с.74-77.
 11. Мамедъяров, М.А. Исследование электропроводности сложных эфиров (C_4-C_{10}) терминальных дикарбоновых кислот в зависимости от их химической структуры / М.А. Мамедъяров, Ф.Х. Алиева, К.О. Исрафилова, Ф.И. Ахмедов // Мир нефтепродуктов, – 2021. №6, – с. 12-15.
 12. Mammadyarov, M.A., Aliyeva, F.Kh., Israfilova, K.O., Djavadova, N.A. Synthesis of Monoesters of (C_4-C_{10}) Terminal dicarboxylic Acids and Research of Anti-Corrosive Properties of Lubricant Compositions Based on their Bases // Usbik International Congress on Natural Sciences, – Türkiye (online): – 26-28 fevral, – 2021, – s.43.
 13. Mammadyarov, M.A. Study of monoesters of terminal dicarboxylic acids as components of conservation liquids / Maharram Mammadyarov, Vagif Abbasov, Fatmakhanyam Aliyeva, Kamala Israfilova // Processes of Petrochemistry and Oil Refining, – 2022. Vol.23, No.1, – p.92-98.
 14. Мамедъяров, М.А. Изучение процесса синтеза несимметричного гептилоктилового эфира адипиновой кислоты методом ИК-спектроскопии / М.А. Мамедъяров, Ф.Х.Алиева, К.О.Исрафилова, С.Ф. Ахмедбекова // Азербайджанское нефтяное хозяйство, – 2022. №6-7, – с.57-61.

15. Aliyeva, F.Kh., Israfilova, K.O., Huseynova, L.N. Synthesis and Study of Dicarboxylic Acid Esters as Plasticizers // 6th International Turkic World Conference on Chemical Sciences and Technologies, – Baku: – October 26-29, – 2022, – p.74.
16. Алиева, Ф.Х. Синтез и исследование сложных эфиров дикарбоновых кислот в качестве пластификаторов / Ф.Х. Алиева, Н.Б.Арзуманова, К.О.Исрафилова, Л.Н.Гусейнова // Башкирский химический журнал, – 2023. Том 30, № 3, – с.35-39.
17. Алиева, Ф.Х. Оптимизация вязкостно-температурных свойств композиций на основе сложных эфиров дикарбоновых кислот / Ф.Х. Алиева, Р.П. Джафаров, Г.Ф. Мамедова, К.О. Исрафилова // Башкирский химический журнал, – 2023. Том 30, № 2, – с.70-73.
18. Омарли, А.Э., Исрафилова, К.О. Синтез комплексного эфира себаценовой кислоты // Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых “Ломоносов”, – Бакы: – 2023, – с.122.
19. Алиева, Ф.Х., Арзуманова, Н.Б., Исрафилова, К.О. Исследование пластифицирующих свойств сложных эфиров малоновой кислоты // Akademik Sahib Müseyib oğlu Əliyevin 90 illik yubileyinə həsr olunmuş konfrans. “Neft kimyası, polifunksional monomerlər, oliqomerlər və polimerlərin sintezi”. Məruzələrin tezisləri, – Bakı: – 23 iyun, – 2023, – s.193-194.
20. Алиева, Ф.Х., Исрафилова, К.О., Гусейнова, Л.Н. Синтез сложных эфиров малоновой кислоты // Akademik Sahib Müseyib oğlu Əliyevin 90 illik yubileyinə həsr olunmuş konfrans. “Neft kimyası, polifunksional monomerlər, oliqomerlər və polimerlərin sintezi”. Məruzələrin tezisləri, – Bakı: – 23 iyun, – 2023, – s.33-34.
21. Əliyeva, F.X., Malon turşusunun diefirləri korroziyaya qarşı bakterisid-inhibitor kimi, İxtira İ 2023 0095, Azərbaycan Respublikası / Ağamalıyeva D.B., İsrəfilova K.O. – 2023.
22. Əliyeva, F.X., Malon turşusunun mürəkkəb efirləri dizel yanacaqlarına antioksidant kimi, İxtira İ 2024 0101, Azərbaycan Respublikası / İsrəfilova K.O., Əliyeva S.Q., Quliyeva E.M. – 2024.
23. Aliyeva, F.Kh., Israfilova, K.O., Javadova, N.A. Synthesis of malonic acid esters // Processes of Petrochemistry and Oil Refining, – 2024. Vol.25, No.1, – p.122-130.

24. Алиева, Ф.Х., Алиева, Н.М., Исрафилова, К.О. Исследование термического разложения и стабильности сложных эфиров малоновой кислоты методом термогравиметрии // Международная научная конференция «Современные проблемы нефтехимии и технологии масел», посвященная 100-летию академика Магеррама Али оглы Мамедъярова, – Баку: – 26-27 сентября, – 2024, – с. 216-217.
25. Алиева, Ф.Х., Агамалиева, Д.Б., Исрафилова, К.О. Исследование бактерицидной активности сложных эфиров малоновой кислоты в отношении сульфатовосстанавливающих бактерий // Международная научная конференция «Современные проблемы нефтехимии и технологии масел», посвященная 100-летию академика Магеррама Али оглы Мамедъярова, – Баку: – 26-27 сентября, 2024, – с. 275-277.
26. Aliyeva, F.Kh., Aghamaliyeva, D.B., Israfilova, K.O. Study of esters of (C_3 - C_{10}) dicarboxylic acids as effective bactericide-inhibitors // Processes of Petrochemistry and Oil Refining, – 2024. Vol. 25, No.4, – p.1002-1007.
27. Алиева, Ф.Х., Исрафилова, К.О., Гусейнова Л.Н. Исследование вязкостно - температурных свойств композиций на основе эфиров (C_3 - C_{10}) дикарбоновых кислот и минерального масла АК-15 // Международная научная конференция, посвященная 110-летию академика Солтана Джафар оглы Мехтиева, – Баку: – 19-20 декабря, 2024, – с. 48-49.
28. Əliyeva, F.X., Dikarbon turşularının mürəkkəb efirləri korroziyaya qarşı bakterisid-inhibitor kimi, İxtira a 2024 0029, Azərbaycan Respublikası / Əliyeva F.X., Ağamaliyeva D.B., İsrəfilova K.O. – 2025.



Dissertasiyanın müdafiəsi 27 may 2025-ci il tarixində saat 10⁰⁰-da Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi akademik Y.H. Məmmədəliyev adına Neft-Kimya Prosesləri İnstitutunun nəzdində fəaliyyət göstərən ED 1.16 Dissertasiya şurasının bazasında qeydiyyat nömrəsi BFD 1.16/1 olan Birdəfəlik Dissertasiya şurasının iclasında keçiriləcək.

Ünvan: AZ 1025, Bakı ş., Xocalı prospekti, 30

Dissertasiya ilə Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi akademik Y.H. Məmmədəliyev Neft-Kimya Prosesləri İnstitutunun kitabxanasında tanış olmaq mümkündür.

Avtoreferatın elektron versiyası Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi akademik Y.H. Məmmədəliyev Neft-Kimya Prosesləri İnstitutunun rəsmi internet saytında yerləşdirilmişdir.
www.nkpi.az

Avtoreferat 24 aprel 2025-ci il tarixində zəruri ünvanlara göndərilmişdir.

Çapa imzalanıb: 22.04.2025

Kağızın formatı: A5

Həcm: 39156

Tiraj: 30 nüsxə