O‘SIMLIK MOYLARINI TRANSESTERIFIKATSIYALASHDA TEXNOLOGIK PARAMETRLARNING BIODIZEL SIFATIGA TA’SIRI

Fozilov Sadriddin Fayzullayevich
Texnika fanlari doktori, Professor, Buxoro davlat texnika universiteti
Zaripov G’olib Bahodirovich
Buxoro davlat texnika universiteti assistenti

Received: 16.10.2026
Revised: 17.10.2026
Accepted: 19.10.2026

Kalit so‘zlar: biodizel, o‘simlik moyi, transesterifikatsiya, maxsar moyi, kunjut moyi, metanol, KOH, triglitserid, metil efir, qovushqoqlik, texnologik parametrlar.

Annotatsiya. Tezisda o‘simlik moylarini transesterifikatsiyalash asosida biodizel olish jarayoniga ta’sir etuvchi asosiy texnologik parametrlar tahlil qilingan. Metanol:moy molyar nisbati, katalizator konsentratsiyasi, reaksiya harorati va davomiyligining biodizel unumi hamda fizik-kimyoviy xossalariga ta’siri maxsar moyi misolida yoritilgan. Shuningdek, kunjut moyining yog’ kislotalari tarkibi va tabiiy antioksidant komponentlari uning biodizel xomashyosi sifatidagi istiqbolini belgilovchi omillar sifatida ko‘rib chiqilgan. Tahlil natijalarida biodizel sifatini baholashda faqat mahsulot unumiga emas, balki qovushqoqlik, zichlik, kislota soni, chaqnash harorati, oksidlanish va past haroratdagi barqarorlik kabi ko‘rsatkichlarga ham kompleks yondashish zarurligi asoslangan.

Kirish. Energetika va transport sohasida qayta tiklanuvchi xomashyolardan foydalanish yoqilg‘i resurslarini diversifikatsiyalashning muhim yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. O‘simlik moylari tarkibidagi triglitseridlar biodizel sintezi uchun qulay kimyoviy xomashyo bo‘lib, ularni past molekulyar spirtlar bilan transesterifikatsiyalash orqali yog‘ kislotalarining alkil efirlari olinadi [1, 5]. O‘simlik moylarini to‘g‘ridan-to‘g‘ri dizel dvigatellarida qo‘llash ularning yuqori qovushqoqligi va past uchuvchanligi bilan cheklanadi. Shu sababli transesterifikatsiya o‘simlik moylarining reologik xossalarini yaxshilash va ularni motor yoqilg‘isi komponentiga aylantirishning asosiy usullaridan biri sifatida qaraladi [1].

Biodizel ishlab chiqarish jarayonining samaradorligi bir qator o‘zaro bog‘langan omillarga bog‘liq. Xomashyoning yog‘ kislotalari tarkibi, namligi va erkin yog‘ kislotalari miqdori bilan bir qatorda spirt:moy molyar nisbati, katalizator turi va konsentratsiyasi, reaksiya harorati, davomiyligi hamda aralashtirish intensivligi jarayon natijasiga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Mazkur parametrlarning noto‘g‘ri tanlanishi konversiyaning pasayishi, sovun hosil bo‘lishi, emulsiya paydo

bo‘lishi va biodizelni glitserin fazasidan ajratishning qiyinlashishiga olib kelishi mumkin [1, 5].

Transesterifikatsiya jarayonining ilmiy asoslari. Transesterifikatsiyada triglitserid molekulasi spirt bilan ketma-ket reaksiyaga kirishib, avval diglitserid, keyin monoglitserid va yakunda glitserin hosil qiladi. Har bir bosqichda bitta yog‘ kislotasi alkil efiri ajraladi. Metanol qo‘llanilganda yakuniy mahsulot yog‘ kislotalarining metil efirlari (FAME) hisoblanadi. Umumiy reaksiya quyidagicha ifodalanadi:

$$Triglitserid + 3CH_3OH \rightleftharpoons 3RCOOCH_3 + C_3H_5(OH)_3$$

Reaksiya qaytar xarakterga ega bo‘lganligi sababli muvozanatni efirlar hosil bo‘lishi tomonga siljitish uchun spirt stexiometrik miqdordan ortiqcha qo‘llanadi. Biroq spirtning juda katta ortiqchaligi keyingi fazalarni ajratish va metanolni qayta tiklash jarayonlarini murakkablashtirishi mumkin. Shuning uchun har bir o‘simlik moyi uchun optimal molyar nisbat tajriba yo‘li bilan belgilanadi [1, 5].

Texnologik parametrlarning biodizel sifatiga ta’siri. Maxsar (Carthamus tinctorius L.) moyining transesterifikatsiyasi bo‘yicha tadqiqotlarda metanol:moy molyar nisbati 4:1, 6:1 va 8:1; KOH konsentratsiyasi 0,5; 1,0 va 1,5 massa %; reaksiya vaqti 60, 75 va 90 minut; harorat esa 50, 55 va 60 °C darajalarda o‘rganilgan [1]. Statistik tahlil katalizator konsentratsiyasi biodizel unumi va qovushqoqligiga eng kuchli ta’sir qiluvchi omil bo‘lganini ko‘rsatgan. Katalizatorning biodizel unumiga ta’sir hissasi 51,1 %, qovushqoqlikka ta’sir hissasi esa 50,8 % ni tashkil qilgan [1].

Metanol:moy molyar nisbatini oshirish ma’lum chegaragacha triglitseridlar konversiyasini yaxshilaydi. Maxsar moyi uchun maksimal unum mezoni bo‘yicha 6:1 nisbat, 1 massa % KOH, 90 minut va 55 °C sharoiti ma’qul deb topilgan. Shu bilan birga, tayyor mahsulot qovushqoqligi ham mezon sifatida olinganda boshqa parametrlar kombinatsiyasi afzal bo‘lishi mumkinligi qayd etilgan. Bu biodizel texnologiyasida bitta ko‘rsatkichni maksimal darajaga yetkazish emas, balki unum va mahsulot sifatini birgalikda optimallashtirish zarurligini ko‘rsatadi [1].

Haroratning oshishi fazalararo massa almashinuvi va reaksiya tezligini kuchaytiradi, biroq metanolning qaynash haroratiga yaqin sharoitda uning bug‘lanish xavfi ortadi. Reaksiya vaqtining uzayishi esa konversiyani ma’lum chegaragacha oshiradi, keyinchalik tizim muvozanatga yaqinlashadi. Shuning uchun ortiqcha vaqt va harorat qo‘shimcha energiya sarfiga olib kelishi mumkin. Ishqoriy katalizda xomashyo tarkibidagi suv va erkin yog‘ kislotalari miqdori ham alohida nazorat qilinishi kerak, chunki ular sovunlanish jarayonlarini kuchaytiradi [1, 5].

Maxsar moyi transesterifikatsiyasida asosiy texnologik parametrlarning ta’siri

1-jadval.

Texnologik omil	O‘rganilgan diapazon	Asosiy ta’siri	Ilmiy-texnologik izoh
Metanol:moy molyar nisbati	4:1–8:1	Konversiya va faza muvozanati	Ortiqcha spirt muvozanatni efir hosil bo‘lish tomonga siljitadi,

			ammo ajratishni murakkablashtirishi mumkin.
KOH konsentratsiyasi	0,5–1,5 massa %	Unum va qovushqoqlik	Eng ta’sirchan omillardan biri; ortiqcha miqdor sovun va emulsiya hosil bo‘lishiga olib kelishi mumkin.
Reaksiya harorati	50–60 °C	Reaksiya tezligi	Harorat oshishi massa almashinuvini tezlashtiradi, lekin metanol yo‘qotilishi xavfini oshiradi.
Reaksiya vaqti	60–90 min	Konversiya darajasi	Vaqt ortishi ma’lum chegaragacha konversiyani yaxshilaydi; ortiqcha davomiylik energiya sarfini oshiradi.

Maxsar moyining 40 °C dagi kinematik qovushqoqligi 34,21 mm²/s bo‘lgan bo‘lsa, transesterifikatsiyadan keyin olingan maxsar moyi metil efirida ushbu ko‘rsatkich 5,60 mm²/s gacha kamaygan. Shuningdek, metil efir zichligi 870,32 kg/m³, chaqnash harorati 185 °C va setan ko‘rsatkichi 51,04 sifatida qayd etilgan [1]. Bu natijalar transesterifikatsiya jarayonining o‘simlik moyining reologik va yonilg‘i xossalarini sezilarli darajada o‘zgartirishini ko‘rsatadi.

Kunjut moyining biodizel xomashyosi sifatidagi xususiyatlari. Kunjut (Sesamum indicum L.) moyi biodizel ishlab chiqarish uchun istiqbolli o‘simlik xomashyolaridan biridir. Uning tarkibida olein va linolein kislotalari muhim ulushni egallaydi. Bundan tashqari, kunjut moyida sesamin, sesamolin va sesamol kabi tabiiy antioksidant birikmalar mavjud bo‘lib, ular moyning oksidlanish jarayonlariga nisbatan barqarorligiga ijobiy ta’sir ko‘rsatadi [2]. Adabiyotlarda kunjut moyidan biodizel olish, jarayonni optimallashtirish hamda kunjut moyi metil efirining sovuq oqim va oksidlanish barqarorligini baholashga bag‘ishlangan alohida tadqiqotlar mavjud [3, 4].

Kunjut moyining xomashyo sifatidagi texnologik bahosida uning kislota soni, erkin yog‘ kislotalari miqdori, namligi va yog‘ kislotalari profili muhimdir. Ishqoriy transesterifikatsiyadan oldin ushbu ko‘rsatkichlarning aniqlanishi katalizator turi va miqdorini to‘g‘ri tanlash imkonini beradi. Kunjut moyidagi tabiiy antioksidant komponentlarning mavjudligi esa undan olingan biodizelning saqlash barqarorligini o‘rganishda alohida ilmiy qiziqish uyg‘otadi [2, 4].

Xulosa. O‘simlik moylarini transesterifikatsiyalashda texnologik parametrlarning o‘zaro muvofiqligi biodizel unumi va sifatini belgilovchi asosiy omil hisoblanadi. Maxsar moyi misolida katalizator konsentratsiyasi, metanol:moy nisbati, reaksiya harorati va davomiyligining biodizel xossalariga sezilarli ta’sir ko‘rsatishi aniqlangan. Transesterifikatsiya natijasida xom moy qovushqoqligining keskin kamayishi uning motor yoqilg‘isi sifatidagi imkoniyatlarini kengaytiradi. Kunjut moyining esa olein va linolein kislotalariga hamda tabiiy antioksidantlarga boyligi uni biodizel ishlab chiqarish uchun istiqbolli xomashyo sifatida tavsiflaydi. Kelgusida

turli o‘simlik moylari uchun transesterifikatsiya sharoitlarini yagona metodik yondashuv asosida optimallashtirish, mahsulot unumini fizik-kimyoviy va ekspluatatsion ko‘rsatkichlar bilan birgalikda baholash yuqori sifatli biodizel tarkiblarini ishlab chiqish uchun muhim ilmiy yo‘nalish bo‘lib xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Kumar N., Mohapatra S.K., Ragit S.S., Kundu K., Karmakar R. Optimization of safflower oil transesterification using the Taguchi approach // Petroleum Science. 2017. Vol. 14. P. 798–805. DOI: 10.1007/s12182-017-0183-0.

2. Myint D., Gilani S.A., Kawase M., Watanabe K.N. Sustainable Sesame (Sesamum indicum L.) Production through Improved Technology: An Overview of Production, Challenges, and Opportunities in Myanmar // Sustainability. 2020. Vol. 12. Article 3515. DOI: 10.3390/su12093515.

3. Dawodu F.A., Ayodele O.O., Bolanle-Ojo T. Biodiesel production from Sesamum indicum L. seed oil: An optimization study // Egyptian Journal of Petroleum. 2014. Vol. 23. P. 191–199.

4. Mujtaba M.A., Cho H.M., Masjuki H.H., Kalam M.A., Ong H.C., Gul M., Harith M.H., Yusoff M.N.A.M. Critical review on sesame seed oil and its methyl ester on cold flow and oxidation stability // Energy Reports. 2020. Vol. 6. P. 40–54.

5. Demirbas A. Biodiesel fuels from vegetable oils via catalytic and non-catalytic supercritical alcohol transesterifications and other methods: a survey // Energy Conversion and Management. 2003. Vol. 44, No. 13. P. 2093–2109. DOI: 10.1016/S0196-8904(02)00234-0.

6. Meka P.K., Tripathi V., Singh R.P. Synthesis of biodiesel fuel from safflower oil using various reaction parameters // Journal of Oleo Science. 2007. Vol. 56, No. 1. P. 9–12. DOI: 10.5650/jos.56.9.

7. Karabas H. Application of the Taguchi method for the optimization of effective parameters on the safflower seed oil methyl ester production // International Journal of Green Energy. 2014. Vol. 11, No. 9. P. 1002–1012.

8. Duz M.Z., Saydut A., Ozturk G. Alkali catalyzed transesterification of safflower seed oil assisted by microwave irradiation // Fuel Processing Technology. 2011. Vol. 92, No. 3. P. 308–313. DOI: 10.1016/j.fuproc.2010.09.020.