

RIEBALŲ RŪGŠČIŲ METILESTERIŲ GYVAVIMO CIKLO ENERGIJOS VEIKSMINGUMO RODIKLIAI

LIFE CYCLE ENERGY EFFICIENCY INDICATORS OF FATTY ACID METHYL ESTERS

Prutenis Janulis, Violeta Makarevičienė, Eglė Sendžikienė

Lietuvos žemės ūkio universitetas
Studentų g. 11, LT-4324 Kaunas, Akademija
El. paštas: agrotech@nora.lzua.lt

Gauta 2005-02-10, pateikta spaudai 2005-04-05

Vienas pagrindinių biodyzelino gyvavimo ciklo vertinimo rodiklių yra gyvavimo ciklo energijos veiksmingumo rodiklis R_f – iš biodyzelino gaunamos energijos (šilumingumo) santykis su bendrosiomis sąnaudomis jo gamybai. Degalai priskiriami atsinaujinantiems energijos ištekliams, jeigu R_f vertė yra didesnė kaip 1.

RME gyvavimo ciklo energijos veiksmingumo rodiklis (R_f) tiesiogiai priklauso nuo rapsų derlingumo. Esant vidutiniam Lietuvoje 1,79 t/ha rapsų derlingumui, energijos kiekis sunaudotas RME gamybai yra didesnis už iš RME išgaunamą energijos kiekį, todėl RME negalima priskirti atsinaujinantiems degalams. Riebalų rūgščių metilesteriai, gauti iš riebalingųjų atliekų pasižymi didesnėmis energijos veiksmingumo rodiklio vertėmis, palyginti su RME. Efektyviausiai energija panaudojama gaminat atliekinių gyvūninių riebalų (kiaulinių ir galvijinių) rūgščių metilesterius ($R_f = 3,17$). Mažesniu energijos veiksmingumo rodikliu pasižymi atliekinio sėmenų aliejaus riebalų rūgščių metilesteriai ($R_f = 2,6$). Naudojant atliekinių riebalų ir aliejaus riebalų rūgščių metilesterius trikomponenčių degalų mišinių (RME-LME-TME, RME-LME-PME) gamybai proporcingai jų kiekiui mišinyje didėja degalų energijos veiksmingumo rodiklis, kuris net esant 1,79 t/ha rapsų derlingumui viršija 1.

Riebalų rūgščių metilesteriai, gyvavimo ciklas, energijos sąnaudos, energijos veiksmingumo rodikliai.

Įvadas

Produktų gamyba ir vartojimas gali sukelti neigiamą poveikį aplinkai, todėl svarbu tai įvertinti. Parengta gyvavimo ciklo įvertinimo metodologija, pateikta ISO 14040-14049 standartuose. Gyvavimo ciklo analizė – tai produkto poveikio aplinkai vertinimas analizuojant potencialius neigiamus aplinkai veiksmus, susijusius su produkto gyvavimu, pradedant žaliavų gavimu ir baigiant atliekų utilizavimu. Gyvavimo ciklo įvertinimas leidžia pasirinkti efektyvesnes gamybos

technologijas ir sumažinti neigiamą įvairių produktų poveikį aplinkai atskiruose jų gyvavimo etapuose.

Biodegalų gyvavimo ciklui įvertinti lyginamos bendrosios energijos sąnaudos žaliavoms gauti, perdirbti į degalus ir nustatomas energijos veiksmingumas. Kuo daugiau energijos sunaudojama degalams pagaminti, tuo ši jų rūšis yra mažiau atsinaujinanti. Degalai nėra atsinaujinantys, jeigu jiems pagaminti sunaudojama daugiau mineralinių energijos išteklių, nei energijos gaunama iš produkto.

Vienas pagrindinių biodyzelino gyvavimo ciklo vertinimo rodiklių yra gyvavimo ciklo energijos veiksmingumo rodiklis R_f yra iš biodyzelino gaunamos energijos (šilumingumo) santykis su bendrosiomis energijos sąnaudomis jo gamybai. Degalai priskiriami atsinaujinantiesiems energijos ištekliams jeigu R_f vertė yra didesnė kaip 1. Mineralinio dyzelino $R_f = 0,885$ [1]. Dažniausiai naudojamo kaip biodegalai rapsų aliejaus riebalų rūgščių metilesterio (RME) energijos veiksmingumo rodiklis apskaičiuotas daugelio šalių mokslininkų [2,3]. Jo vertės svyruoja priklausomai nuo klimatinės sąlygų, derlingumo, gamybos technologijų. Vidutinė vertė pateikiama Europos Sąjungos ALTENER projekto ataskaitoje yra 1,9 [4].

Siekiant efektyviau panaudoti energiją ir sumažinti aplinkos taršą atliekomis, ieškoma būdų biodyzelino gamybai panaudoti naujų rūšių tam tinkamas žaliavas. Lietuvoje tam galėtų būti panaudojamos gyvūninės atliekos, kurių dalis šiuo metu utilizuojami UAB „Rietavo veterinarinė sanitarija“ išdžiovinant, o gautus techninius riebalus sudeginat. Šio proceso metu negaunama papildoma energija, išsiskiria šiltnamio efektą sukeliančios dujos, negaminamas joks naudingas produktas. Likusi dalis atliekų vienu ar kitu būdu tampa gamtos taršos šaltiniu.

Kita potenciali atliekinė žaliava, naudotina biodyzelinui gaminti, yra pluoštinių linų sėmenų aliejus. Jis yra netinkamas maistui dėl didelio kiekio augalų apsaugos priemonių naudojimo auginant linus.

Visų minėtų atliekų naudojimas turėtų padidinti biodyzelino gyvavimo ciklo energijos veiksmingumo rodiklio vertes, tačiau apžvelgus literatūrą, nerasta duomenų apie riebalų rūgščių metilesterių, gautų iš riebalingųjų atliekų gyvavimo ciklo įvertinimą.

Darbo tikslas – įvertinti riebalų rūgščių metilesterių gyvavimo ciklo energijos veiksmingumo rodiklių priklausomybę nuo naudojamų žaliavų ir technologijų.

Tiksliai pasiekti buvo sprendžiami uždaviniai:

- nustatyti rapsų aliejaus riebalų rūgščių metilesterių gyvavimo ciklo energijos veiksmingumo rodikliai, įvertinant rapsų derlingumą;
- nustatyti riebalų rūgščių metilesterių, pagamintų iš riebalinių atliekų, energijos veiksmingumo rodikliai;
- nustatyta riebalų rūgščių metilesterių, pagamintų iš riebalinių atliekų, įtaka daugiasandžių degalų (RME-LME-TME, RME-LME-PME) energijos veiksmingumo rodikliams.

Tyrimų metodika

Riebalų rūgščių metilesterių (RRME) gyvavimo ciklo energijos veiksmingumo rodikliui R_1 apskaičiuoti būtina įvertinti energijos sąnaudas žaliavoms paruošti ir perdirbti į biodegalus. RME gamyboje išskirtini trys pagrindiniai gyvavimo ciklo etapai: rapsų auginimas, aliejaus gavimas ir peresterinimas. Biodyzelinui gaminti naudojant atliekinius riebalus ir aliejų, vertinamos energijos sąnaudos atliekų paruošimui ir perdirbimui į biodegalus.

Energijos sąnaudos žemės ūkyje 1 t RME pagaminti skaičiuotos įvertinant tiesiogines (energija, gauta iš iškastinių šaltinių) ir netiesiogines (įdaiktintas) energijos sąnaudas. Įdaiktintos energijos sąnaudos žemės ūkio mašinoms pagaminti, degalų sąnaudos apskaičiuotos remiantis Mechanizuotų žemės ūkio paslaugų į kainiais [5-7]. Įdaiktintos energijos sąnaudos rapsams išauginti naudojamose trąšose ir augalų apsaugos priemonėse skaičiuotos pagal R. Velička „Rapsai“ [8] ir KEMIRA katalogo rekomenduojamas tręšimo normas bei naudojamų cheminių medžiagų energetinius ekvivalentus.

Atliekiniai riebalai, prieš juos naudojant biodegalų gamybai, turi būti specialiai paruošiami: išgarinama drėgmė, filtruojami. Jei riebalų rūgštingumas didesnis kaip 2 % prieš tradicinį šarminį peresterinimą reikia taikyti esterinimo procesą, naudojant rūgštinį katalizatorių (H_2SO_4). Vertinant gyvavimo ciklo energijos efektyvumo rodiklį buvo apskaičiuotos visų minėtų procesų energijos sąnaudos.

Rapsų sėklų, linų sėmenų ir gyvūninių riebalų perdirbimo į biodyzeliną energijos sąnaudos paskaičiuotos pagal vienos iš šiuo metu veikiančios biodyzelino gamybos įmonės UAB „Rapsola“ naudojamą technologiją ir įrangos specifikaciją. Įmonė įsteigta 2002 m, gamybos pajėgumai - 10 000 t/metus.

RME ir sėmenų aliejaus riebalų rūgščių metilesterių (SME) gyvavimo ciklo energijos veiksmingumo rodiklis (R_1) apskaičiuotas pagal formulę:

$$R_1 = \frac{E_B}{E_{z.ū} + E_g}, \quad (1)$$

čia: E_B – energija, gaunama iš RME ar SME (šilumingumas), MJ/t biodegalų;

$E_{z.ū}$ – energijos sąnaudos aliejingiesiems augalams išauginti ir paruošti aliejui spausti, MJ/t biodegalų;

E_g – energijos sąnaudos aliejui spausti ir peresterinti, MJ/t biodegalų.

Atliekinių (kiaulinių ir galvijinių) riebalų rūgščių metilesterių (RRME) gyvavimo ciklo energijos veiksmingumo rodiklis R_1 apskaičiuotas pagal formulę:

$$R_1 = \frac{E_B}{E_p + E_g}, \quad (2)$$

čia: E_B – energija, išgaunama iš RRME (šilumingumas), MJ/t biodegalų;
 E_p – energijos sąnaudos atliekiniams riebalams ir aliejui paruošti (džiovinimui, filtravimui) MJ/t biodegalų;
 E_g – energijos sąnaudos riebalams ir aliejui esterinti ir peresterinti, MJ/t biodegalų.

Tyrimų rezultatai

UAB „Rapsoila“ iš 2,9 t rapsų sėklų gaunama 1 t RME. Energijos sąnaudų priklausomybei nuo rapsų derlingumo apskaičiuoti pasirinktas 2003 metų bendrasis derlingumas Lietuvoje – 1,79 t/ha, remiantis statistikos departamento duomenimis [9] ir 2004 metų derlingumas stambiuose ūkiuose – 2,8 t/ha, remiantis UAB „Linus ir viza“ 2004 m. duomenimis.

Energijos sąnaudos žemės ūkyje 1 t RME pagaminti apskaičiuotos įvertinant tiesiogines (energija, gauta iš iškastinių šaltinių) ir netiesiogines (įdaiktintas) energijos sąnaudas trąšoms, chemikalams, traktoriams ir žemės ūkio mašinoms pagaminti. Lietuvoje 42,3 % visų žemės ūkyje naudojamų ratinių traktorių yra MTZ, iš jų 27,8 % sudaro MTZ-80/82 [10]. Šie traktoriai ir buvo pasirinkti energijos sąnaudų žemės ūkyje skaičiavimams. Energijos sąnaudos trąšoms ir chemikalams buvo apskaičiuotos remiantis dviejų skirtingų literatūros šaltinių rekomendacijomis (Velička R. Rapsai. Kaunas, 2002, ir KEMIRA katalogas, UAB „Kemira Agro Vilnius“, 2002), susijusiomis su rapsų tręšimo normomis ir naudotomis augalų apsaugos priemonėmis. Gauti rezultatai mažai skyrėsi ir tolesniems skaičiavimams imti vidurkiai.

Energijos sąnaudų riebalų rūgščių peresterinimui apskaičiuoti pasirinkta UAB „Rapsoila“ taikoma biodyzelino gamybos technologinė schema, kurioje aliejui gauti taikomas mažai energijos sąnaudų reikalaujantis šalto aliejaus spaudimo būdas. 1 lentelėje pateiktos bendrosios energijos sąnaudos, reikalingos 1 t RME pagaminti, esant vidutiniam rapsų derlingumui Lietuvoje ir esant didesniam rapsų derlingumui stambiuose Lietuvos ūkiuose.

Iš 1 lentelėje pateiktų duomenų galima teigti, kad žemės ūkiui tenka didžiausia energijos sąnaudų dalis, palyginti su aliejaus spaudimo ir peresterinimo stadijomis. Didžiausią energijos sąnaudų dalį (30,2-36,2 %) sudaro energija įdaiktinta trąšose ir cheminėse medžiagose, naudojamose žemės ūkyje. Peresterinimo stadijoje energijos įdaiktintos cheminėse medžiagose indėlis yra mažesnis ir siekia 26,2-20,3 %.

Bendrosios energijos sąnaudos RME gamybai yra atvirkščiai proporcingos rapsų derlingumui. Esant 1,79 t/ha rapsų derlingumui, bendrosios energijos sąnaudos yra 8815,9 MJ/t RME didesnės palyginti su energijos sąnaudomis esant 2,7 t/ha rapsų derlingumui. Tai lemia didesnės energijos sąnaudos žemės ūkyje tam pačiam rapsų sėklų kiekiui (2,9 t) išauginti.

1 lentelė. Bendrosios energijos sąnaudos 1 t RME gamybai.
Table 1. Total energy consumption for 1 t RME production.

Klasifikacija	Energijos sąnaudos MJ/t RME, kai rapsų derlingumas			
	2,8 t/ha	proc.	1,79 t/ha	proc.
<u>Žemės ūkis:</u>				
Įdaiktinta energija ž.ū. mašinose ir įrenginiuose;	2375,0	7,8	3699,6	9,5
Degalai ir tepalai;	4455	14,7	6939,3	17,7
Įdaiktinta energija sėklose ir cheminėse medžiagose	9170,1	30,2	14177	36,2
<i>Iš viso</i>	<i>16000,1</i>	<i>52,7</i>	<i>24815,9</i>	<i>63,4</i>
<u>Spaudimo padalinys</u>				
Elektros energija	4117,7	13,6	4117,7	10,5
Įdaiktinta energija įrangoje	2289	7,5	2289	5,8
<i>Iš viso</i>	<i>6406,7</i>	<i>21,1</i>	<i>6406,7</i>	<i>16,3</i>
<u>Peresterinimo padalinys</u>				
Elektros energija	2745,2	9	2745,2	7
Įdaiktinta energija įrangoje	1807,8	6	1807,8	4,6
Įdaiktinta energija cheminėse medžiagose	3390,1	11,2	3390,1	8,7
<i>Iš viso</i>	<i>7943,1</i>	<i>26,2</i>	<i>7943,1</i>	<i>20,3</i>
Iš viso	30349,9	100	39165,7	100

Atsižvelgiant į tai, kad gyvūninės kilmės riebalai yra atliekiniai, energijos sąnaudos jų gamybai nebuvo skaičiuojamos. Nustatyta, kad prieš peresterinant, gyvūninės kilmės atliekos turi būti išdžiovinamos, nes drėgmė stabdo peresterinimo reakciją, bei pašalinamos priemaišos – filtruojama. Įprastinėje biodyzelino (RME) gamybos technologijoje naudojamos žaliavos – rapsų aliejaus rūgštingumas turi būti ne didesnis kaip 2 %. Tuo tarpu riebalinių atliekų rūgštingumas yra didesnis, todėl prieš tradicinį šarminį peresterinimą būtina esterinti laisvasias riebalų rūgštis, t.y. gamybos procesas papildomas dar viena esterinimo, naudojant rūgščius katalizatorius, stadija.

1 t gyvūninių riebalų rūgščių metilesterių gaunama iš 1075 kg atliekinių (kiaulinių ir galvijinių) riebalų, kuriuose vidutiniškai yra 2,6 % drėgmės. 2 lentelėje pateiktos energijos sąnaudos, tenkančios 1 tonai gyvūninės kilmės metilesterių pagaminti.

Kaip ir RME gamyboje didžiąją bendrųjų energijos sąnaudų dalį, net 42,3 %, sudaro esterinimui ir peresterinimui naudojamose cheminėse medžiagose įdaiktinta energija. Atliekinių riebalų paruošimo esterinimui ir peresterinimui operacijos reikalauja palyginti mažai iškastinės energijos (0,76 % bendrųjų energijos sąnaudų). Nors papildoma atliekinių riebalų esterinimo operacija reikalauja

3873,2 MJ/t energijos (32,8 % bendrųjų sąnaudų), tačiau bendrosios energijos sąnaudos gaminant RRME yra 2,5-3,2 mažesnės palyginti su RME gamyba.

2 lentelė. Bendrosios energijos sąnaudos 1 t atliekinių riebalų rūgščių metilesterių gamybai.

Table 2. Total energy consumption for 1 t waste fatty acid methyl ester production.

Klasifikacija	Energijos sąnaudos MJ/t RRME	Energijos sąnaudos, proc.
Džiovinimas	90,8	0,763
Filtravimas	0,45	0,004
<u>Esterinimo padalinys</u>		
Elektros energija	1021,3	8,577
Įdaiktinta energija įrangoje	1204,2	10,113
Įdaiktinta energija cheminėse medžiagose	1647,7	13,837
<u>Peresterinimo padalinys</u>		
Elektros energija	2745,2	23,054
Įdaiktinta energija įrangoje	1807,8	15,182
Įdaiktinta energija cheminėse medžiagose	3390,1	28,47
Iš viso	11907,55	100

Atsižvelgiant į tai, kad Lietuvoje linai auginami tekstilės pramonei, jų aliejus dėl užterštumo augalų apsaugos priemonėmis netinka maistui ir yra atliekinis. Todėl apskaičiuojant energijos sąnaudas sėmenų aliejaus riebalų rūgščių metilesteriams (LME) pagaminti, vertintas tik aliejaus spaudimas ir peresterinimas. Tai sudarė 14349,8 MJ/t SME ir šiek tiek viršijo energijos sąnaudas RRME gamybai, tačiau buvo daugiau kaip du kartus mažesnės nei energijos sąnaudos RME gamybai.

Riebalų rūgščių metilesteriuose sukauptos energijos vertės yra šios [11]:

- RME (rapsų aliejaus riebalų rūgščių metilesteris) – 37,77 MJ/kg;
- TME (galvijinių riebalų rūgščių metilesteris)– 37,25 MJ/kg;
- PME (kiaulinių riebalų rūgščių metilesteris)– 37,25 MJ/kg;
- LME (sėmenų aliejaus rūgščių metilesteris)– 37,31 MJ/kg.

Apskaičiuotos riebalų rūgščių metilesterių gyvavimo ciklo energijos veiksmingumo vertės: TME ir PME $R_1 = 3,17$, LME $R_1 = 2,6$. Tai leido daryti išvadą, kad iš riebalingųjų atliekų pagaminti metilesteriai atitinka atsinaujinantiems energijos ištekliams keliamą reikalavimą ($R_1 > 1$). Biodegalų gamybai naudojant gyvūninės kilmės atliekas, iškastinė energija panaudojama efektyviau nei gaminat SME.

RME gyvavimo ciklo energijos veiksmingumo rodiklis priklausė nuo rapsų derlingumo (3 lentelė). Esant 1,79 t/ha rapsų derlingumui, energijos veiksmingumo rodiklio vertė buvo mažesnė kaip 1, todėl RME negalima priskirti atsinaujinantiems degalams.

Gryni TME, PME ir LME neatitinka kai kurių biodyzelino kokybei keliamų EN 14214 standarto reikalavimų, todėl ankstesniuose darbuose buvo tirti trikomponenčiai (RME-LME-TME, RME-LME-PME) mišiniai įvairiomis komponentų koncentracijomis [12,13,14]. Šių tyrimų rezultatai leido parinkti mišinius, kurių atsparumas oksidacijai, linoleno rūgšties kiekis, jodo skaičius, deginių emisijos (įvertinant NO_x, CO, CO₂, PAA, dūmingumas), atitiko standarto reikalavimus, todėl tokie mišiniai galėtų būti naudojami kaip biodegalai. Šie mišiniai buvo pasirinkti energijos veiksmingumo rodikliui įvertinti (3 lentelė).

3 lentelė. Trikomponenčių degalų energijos veiksmingumo rodiklis.

Table 3. Try-component biofuel energy efficiency indicator.

Eil. Nr.	Degalų sudėtis, proc.			Gyvavimo ciklo energijos veiksmingumo rodiklis, kai rapsų derlingumas	
	RME	LME	TME, PME	2,8 t/ha	1,79 t/ha
1.	100	0	0	1,24	0,96
2.	90	2	8	1,42	1,17
3.	80	4	16	1,6	1,38
4.	70	8	24	1,84	1,64

Nesunku pastebėti, kad visų vertintų mišinių energijos veiksmingumo rodiklis didesnis nei 1, t.y. mišiniai atitinka atsinaujinantiems energijos ištekliams keliamą reikalavimą, net jei rapsų derlingumas yra 1,79 t/ha. Didėjant mišiniuose metilesterių, pagamintų iš atliekų, kiekiui, didėja energijos veiksmingumo rodiklis (efektyviau panaudojama iškastinė energija). Lyginant tirtų metilesterių mišinių gyvavimo energijos efektyvumo rodiklius su gryo RME ir mineralinio dyzelino rodikliais nustatyta, kad biodyzelino gamyboje tikslinga naudoti riebalingąsias atliekas.

Išvados

1. RME gyvavimo ciklo energijos veiksmingumo rodiklis (R_1) tiesiogiai priklauso nuo rapsų derlingumo. Esant 1,79 t/ha rapsų derlingumui, energijos kiekis, sunaudotas RME gaminti, yra didesnis už iš RME gaunamą energijos kiekį (energijos veiksmingumo rodiklis mažesnis kaip 1), todėl RME negalima priskirti atsinaujinantiems degalams.

2. Riebalų rūgščių metilesteriai, gauti iš riebalingųjų atliekų, pasižymi didesnėmis energijos veiksmingumo rodiklio vertėmis, palyginti su RME. Efektyviausiai energija panaudojama gaminat atliekinių gyvūninių riebalų

(kiaulinių ir galvijinių) rūgščių metilesterius ($R_1 - 3,17$). Mažesniu energijos veiksmingumo rodikliu pasižymi sėmenų aliejaus riebalų rūgščių metilesteriai ($R_1 - 2,6$).

3. Naudojant atliekinių riebalų ir aliejaus riebalų rūgščių metilesterius trikomponenčių degalų mišinių (RME-LME-TME, RME-LME-PME) gamybai proporcingai jų kiekiui mišinyje didėja degalų energijos veiksmingumo rodiklis, kuris net esant vidutiniam Lietuvoje rapsų derlingumui viršija 1.

Literatūra

1. Poitrat E. Biocarburants. *BE 8 550*, Agence de L'Environnement et de la Maitrise de l'Energie (Ademe), Paris, 1993, P. 1-7.
2. Batsheor, S.E., Booth, E.J., Walker, K.C. A comparison of the energy balance of rape methyl ester and bioethanol. *9th International rapeseed congress – Rapeseed today and tomorrow*, 1995, vol 4, p. 1363-1365.
3. Boo, W. Environmental and Energy Aspects of liquid biofuels. *Zentrum vor energiebesparing and schone technologie*, 1993, No. 2, 148 p.
4. NTB Liquid biofuels network. ALTERNER (DGXVII): The European Network for removing non technical barriers to the development of liquid biofuels (used in engines and boilers), 1998. <http://www.nf-2000.org>.
5. Mechanizuotų žemės ūkio paslaugų įkainiai. Pagrindinio žemės dirbimo darbai. Lietuvos Respublikos žemės ūkio ministerijos Darbo ekonomikos ir mokymo metodikos tarnyba. Vilnius, 2004, 31 p.
6. Mechanizuotų žemės ūkio paslaugų įkainiai. Pasėlių priežiūra ir šienapjūtės darbai. Lietuvos Respublikos žemės ūkio ministerijos Darbo ekonomikos ir mokymo metodikos tarnyba. Vilnius, 2004, 33 p.
7. Mechanizuotų žemės ūkio paslaugų įkainiai. Derliaus nuėmimo darbai. Lietuvos Respublikos žemės ūkio ministerijos Darbo ekonomikos ir mokymo metodikos tarnyba. Vilnius, 2004, 35 p.
8. Velička, R. Rapsai. Kaunas, 2002, 319 p.
9. Lietuvos žemės ūkis 2003. Statistikos departamentas prie Lietuvos Respublikos Vyriausybės. Vilnius, 2004, 105 p.
10. Statistikos departamentas. Traktorių ir kombainų skaičius 2001. Vilnius, 2002.
11. Winne, T. Biofuels for Sustainable Transport. <http://www.biofuels.fsnet.co.uk/comparison.htm>.
12. Makarevičienė, V., Sendžikienė, E., Janulis, P. Usage of new raw materials for biodiesel fuel production. *Žemės ūkio produktų panaudojimo nauji metodai, būdai ir technologijos: moksliniai pranešimai*. Raudondvaris, 2003, p. 52-57.
13. Makarevičienė, V., Sendžikienė, E., Janulis, P. Usage of waste fat for biodiesel fuel production. *Chemijos ir fizikos mokslų vaidmuo žemės ūkio technologijų plėtrai: tarptautinė mokslinė konferencija (konf. medžiaga)*. Kaunas, 2004, P. 48-49.

14. Sendžikienė, E., Makarevičienė, V., Janulis, P. Augalinių ir gyvūninių riebalų rūgščių metilesterių atsparumas oksidacijai. *Vagos*, 2004, nr. 62(15), p. 104-108.

Prutenis Janulis, Violeta Makarevičienė, Eglė Sendžikienė

LIFE CYCLE ENERGY EFFICIENCY INDICATORS OF FATTY ACID METHYL ESTERS

Abstract

Life cycle energy efficiency indicator (R_1) is an important parameter for biodiesel fuel life cycle assessment. This parameter shows the ratio of biodiesel energy (calorific value) and total energy consumed for biodiesel fuel production. Fuel is defined as renewable fuel if this indicator is higher than 1.

Life cycle energy efficiency indicator of RME (R_1) is directly dependent on rapeseed productivity. In the case of rapeseed productivity of 1.79 t/ha (average productivity in Lithuania), energy consumption for RME production is higher than energy contained in RME, therefore this fuel cannot be defined as renewable fuel. Life cycle energy efficiency indicators of fatty acid methyl esters produced from fatty wastes are higher than those of RME. Most effectively energy is used in the production of fatty acid methyl esters from fatty wastes of animal origin (lard and tallow) ($R_1 = 3.17$). Value of energy efficiency indicator of waste linseed oil fatty acid methyl esters is lower ($R_1 = 2.6$). Usage of waste fat and oil fatty acid methyl esters for the production of tri-component biofuel mixture (RME-LME-TME, RME-LME-PME) will increase values of life cycle energy efficiency indicators proportionally to their content in fuel mixture. Value of this indicator is higher than 1, even if rapeseed productivity is 1.79 t/ha.

Fatty acid methyl esters, life cycle, energy consumption, energy efficiency indicators.

П. Янулис, В. Макарявичене, Э. Сенджикене

ПОКАЗАТЕЛИ ДЕЙСТВЕННОСТИ ЭНЕРГИИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА МЕТИЛОВЫХ ЭФИРОВ ЖИРНЫХ КИСЛОТ

Резюме

Один из основных оценочных показателей жизненного цикла биодизельного топлива является показатель действенности энергии жизненного цикла R_1 – соотношение получаемой от биодизельного топлива энергии (теплотворности) с общими затратами для его производства.

Горючее относится к возобновляющему источнику энергии, если значение R_f больше 1.

Показатель действенности жизненного цикла RME (R_f) напрямую зависит от урожайности рапса. При урожайности рапса 1,79 т/га количество энергии, затраченное на производство RME больше количества энергии получаемой из RME, поэтому RME нельзя причислить к возобновляющемуся горючему. Метилловые эфиры жирных кислот, полученные из жирных отходов, имеют большие значения показателя действенности, по сравнению с RME. Эффективно энергия используется, производя метилловые эфиры жирных кислот из животных жиров (свиней и крупного рогатого скота) ($R_f = 3,17$). Меньшие значения показателя действенности имеет метилловые эфиры жирных кислот из льняного масла ($R_f = 2,6$). Используя метилловые эфиры жирных кислот из масла и жирных отходов для производства смесей трёхкомпонентного горючего (RME-LME-TME, RME-LME-PME), пропорционально их количеству увеличивается показатель действенности горючего, который даже при средней урожайности рапса в Литве превышает 1.

Метилловые эфиры жирных кислот, жизненный цикл, энергетические затраты, показатели эффективности энергии.