

P. BALTRĖNO IR E. BALTRĖNAITĖS MONOGRAFIJOS „SMALL BIOREACTORS FOR MANAGEMENT OF BIODEGRABABLE WASTE,, APŽVALGA

REVIEW OF MONOGRAPH “SMALL BIOREACTORS FOR MANAGEMENT OF BIODEGRABABLE WASTE” BY P. BALTRĖNAS AND E. BALTRĖNAITĖ

Eglė Jotautienė

Vytauto Didžiojo universitetas Žemės ūkio akademija, Lietuva. E-mail: egle.jotautiene@vdu.lt

Recenzijoje analizuojama Vilniaus Gedimino technikos universiteto (VGTU) Aplinkos apsaugos tyrimų instituto mokslininkų - prof. habil. dr. Prano Baltrėno ir prof. dr. Editos Baltrėnaitės išleista monografija “Small Bioreactors for management of Biodegradable waste”. Pagrindinė monografijoje nagrinėjama tema kaip sumažinti augančius atliekų kiekius, kovoti su šiltnamio efektu ir neigiamu poveikiu aplinkai naudojant mažus bioreaktorius. Ši knyga tai mokslininkų ilgalaikio ir nuoseklaus darbo rezultatas, kurioje apibendrinta ir išanalizuota daugelio metų reikšmingi moksliniai rezultatai. Knygoje analizuojama biologiškai skylančių atliekų susidarymo šaltiniai, charakteristikos, kiekiai, srautų prognozės, biodujų kiekio ir sudėties nustatymas smulkiuose kaimo ūkiuose ir maisto pramonėse bei namų bendrijų (komunaliniuose ūkiuose). Pateikiama mažųjų bioreaktorių biodujoms išgauti smulkiems žemės ūkiams ir maisto pramonės įmonėms, tyrimai ir kūrimas bei mažųjų kompostavimo bioreaktorių kaip biojėgainių dalis, tyrimai ir kūrimas, kompostavimo metu išskiriančios dujinės emisijos, jų kokybinė sudėtis ir mažųjų kompostavimo įrenginių konstrukcijos. Išanalizuoti maži bioreaktoriai biodujoms išgauti pasaulyje bei pateikti mažų bioreaktorių periodinio ir nuolatinio veikimo su biomasės paruošimo rezervuaru šalia, virš bioreaktoriaus su viena ir su dvejomis sekcijomis prototipai, kurie sukurti Vilniaus Gedimino technikos universitete. Monografija turi didelę praktinę vertę. Joje pateiktus rezultatus rekomenduojama taikyti kaimo individualiuose ūkiuose ir smulkiose maisto pramonės įmonėse.

Raktiniai žodžiai: biologiškai skylančios atliekos, mažieji bioreaktoriai, biodujos, emisija

Abstract: The review analyzes the results of Monograph “Small Bioreactors for Management of Biodegradable Waste” by Prof. dr. habil. dr. Pranas Baltrėnas and prof. dr. Edita Baltrėnaitė. The main topic of the monograph is how to reduce the growing amount of waste, combat the greenhouse effect and the negative environmental impact by using small bioreactors. This book is the result of a long and consistent work of scientists, summarizing and analyzing many years of scientific results. The book analyzes sources, characteristics, quantities, flow forecasts, determination of biogas content and composition of biodegradable waste in small rural and food industries, as well as in household communities (municipal farms). Research and development of small bioreactors for biogas extraction for small agricultural and food industries, research and development of small composting bioreactors as part of bio-power plants, gaseous emissions from composting, their qualitative composition and construction of small composting plants. Small bioreactors for biogas production in the world are analyzed and prototypes of small bioreactors with periodic and continuous operation with biomass preparation reservoir near, above bioreactor with one and two sections, created at Vilnius Gediminas Technical University. The monograph has great practical value. The results are recommended for use in rural individual farms and small food businesses.

Keywords: biodegradable waste, small bioreactors, biogas, emissions

Gauta 2019-11-12, patvirtinta 2019-12-06

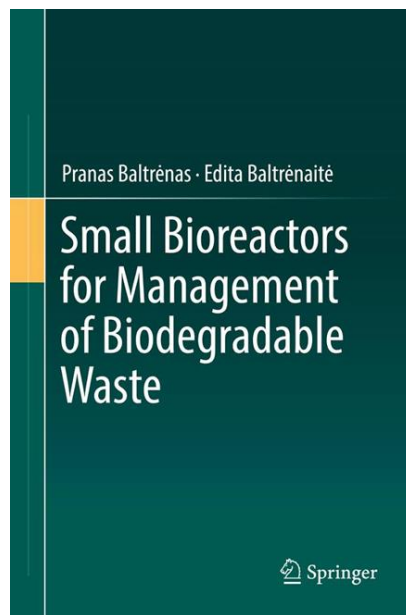
Apžvalga

Atliekų susidarymas ir jų tvarkymas yra viena svarbiausių šiandienos aplinkosauginių problemų. Biologiškai skylančios atliekos turi būti tvarkomos laikantis griežtų reikalavimų, kurie užtikrintų jų mažiausią poveikį aplinkai ir kuo mažiau įtakotų klimato kaitą, nes šalinant biologiškai skylančias atliekas jų neperdirbus, teršiama atmosfera, gruntas ir požeminiai vandenys, niokojamas kraštovaizdis. Tad Vilniaus Gedimino technikos universiteto (VGTU) Aplinkos apsaugos tyrimų instituto mokslininkų - prof. habil. dr. Prano Baltrėno ir prof. dr. Editos Baltrėnaitės išleista monografija “Small Bioreactors for management of Biodegradable waste/Maži bioreaktoriai biologiškai skaidžių atliekų tvarkymui“ [1] yra savalaikė ir labai reikalinga. Monografija išleista anglų kalba „Springer“

leidykloje. Tai antroji autorių išleista monografija šioje leidykloje [2]. Pagrindinė monografijoje nagrinėjama tema kaip sumažinti augančius atliekų kiekius, kovoti su šiltnamio efektu ir neigiamu poveikiu aplinkai naudojant mažus bioreaktorius. Ši knyga tai mokslininkų ilgalaikio ir nuoseklaus darbo rezultatas, kurioje apibendrinta ir išanalizuota daugelio metų moksliniai rezultatai.

Monografiją sudaro 8 skyriai, kuriuose autoriai išsamiai nagrinėja smulkiuosiuose kaimo ūkiuose, maisto pramonės įmonėse ir komunaliniuose ūkiuose susidarantį biologiskai skylančias atliekas, jų specifika, susidarymo šaltinius ir srautų prognozes, perdirbimui perduodamus jų kiekius, panaudojimo galimybes biodujų gamybai. Pagrindiniai tyrimo objektai yra maži bioreaktoriai biodujoms išgauti ir kompostui pagaminti bei juose naudojamos biologiskai skylančios organinės atliekos. Biologiskai skylančių atliekų ir/ar jų mišinių tinkamas parinkimas įgalina padidinti bioreaktorių efektyvumą.

Autoriai suformulavo ir pateikė monografijoje pagrindinius tyrimo tikslus, tai nustatyti didžiausią energijos kiekį turinčias biologiskai skylančias atliekas ir jų mišinius, perdirbant jas psichrofilinėmis sąlygomis bei sukurti mažus bioreaktorius, tinkamus biodujoms gauti ir kompostui pagaminti. Šie išsikelti uždaviniai labai svarbūs kuriant ir naudojant mažuosius bioreaktorius, kurie prisidės prie bioskaldžių atliekų mažinimo. Knygoje analizuojama biologiskai skylančių atliekų susidarymo šaltiniai, charakteristikos, kiekiai, srautų prognozės, biodujų kiekio ir sudėties nustatymas smulkiuose kaimo ūkiuose ir maisto pramonėse bei namų bendrijų (komunaliniuose ūkiuose). Pateikiama mažųjų bioreaktorių biodujoms išgauti smulkiems žemės ūkiams ir maisto pramonės įmonėms, tyrimai ir kūrimas bei mažųjų kompostavimo bioreaktorių kaip biojėgainių dalis, tyrimai ir kūrimas, kompostavimo metu išskiriančios dujinės emisijos, jų kokybinė sudėtis ir mažųjų kompostavimo įrenginių konstrukcijos.



1 paveikslas. Monografijos viršelis
Figure 1. Monograph Cover

Knygoje išsamiai nagrinėjama biodujų iš biologiskai skylančių atliekų susidarymo mažuosiuose bioreaktoriuose aspektai: biodujų susidarymo procesas ir jį sąlygojantys veiksniai, biodujų sudėtis ir savybės, išėigos ir metano kiekio skaičiavimas. Įvertintos bioreaktorių įkrovos ir biodujų susidarymo potencialas. Atlikta biodujų iš biologiskai skylančių atliekų susidarymo kinetinė analizė ir matematinis modeliavimas. Taikant modeliavimo programą „DigiCalc“ atliktas biologiskai skylančių atliekų iš žemės ūkių ir iš komunalinių atliekų srauto eksperimentinių ir modeliavimo rezultatų palyginimas. Programos pagalba įvedant duomenis galima sparčiai keisti atliekų rūšį ir vertę, anaerobinio perdirbimo trukmę įrenginyje, palaikomą temperatūrą bioreaktoriuje, atliekų praskleidimo laipsnį, o kiti duomenys patikslinami ir pakeičiami automatiškai. Taikant šiuolaikišką modeliavimo programą, rezultatai gaunami greičiau bei tikslesni, taip galima nesunkiai gauti kitus rezultatus, pakeitus atliekų

rūši. Modeliavimas kompiuterine programa leidžia teigti, kad autoriai mokslinę medžiagą pateikia šiuolaikinių technologijų pagalba [1].

Begalo svarbu, kad knygoje analizuojamas mažų bioreaktorių biodujoms išgauti smulkiems žemės ūkiams ir maisto pramonės įmonėms parinkimas, ekonominis, socialinis ir aplinkosauginio efekto įvertinimas, jų gaunama nauda naudotojams. Tyrimams naudojamos biologiškai skylančios atliekos ir jų mišiniai. Išnagrinėtas bioreaktorių panaudojimo Lietuvoje potencialas, atsipirkimo laikas, jo skaičiavimo metodika, išlaidų vertinimas. Kaštai ir nauda įvertinant biologiškai skylančių atliekų apdorojimo įrenginius. Techninės parinktųjų bioreaktoriaus modulių įdiegimo ir įrengimo sąlygos bei biodujų aplinkosauginiai bruožai. Tai įgalins smulkiuosius verslininkus lengviau apsispręsti, norint panaudoti mažuosius bioreaktorius.

Monografijos praktinę vertę didina eksperimentiniams tyrimams naudotos įrangos ir įkrovos pateikimas. Įkrovų tipai ir tipologiniai bruožai yra periodinio ir nuolatinio veikimo, vertikalieji ir horizontalieji, plūduriuojančio ir fiksuotojo kupolo tipo. Išanalizuoti maži bioreaktoriai biodujoms išgauti, jų parinkimas, panaudojimas smulkiems kaimo ūkiams ir maisto pramonės įmonėms. Pateikta informacija apie tyrimams naudojamas atliekas, gaunamų biodujų kiekio ir naudojamos įrangos bei prietaisų aprašymas. Aprašyti bioreaktoriai ir jų pagrindiniai elementai. Pateikti ir aprašyti mažų bioreaktorių periodinio ir nuolatinio veikimo su biomasės paruošimo rezervuaru šalia, virš bioreaktoriaus su viena ir su dvejomis sekcijomis prototipai, kurie sukurti Vilniaus Gedimino technikos universitete [1]. 2 paveiksle matome Prof. habil. dr. Praną Baltrėną mažųjų bioreaktorių laboratorijoje.



2 Paveikslas. Prof. habil. dr. Pranas Baltrėnas laboratorijoje [3]

Figure 2. Prof. habil. dr. Pranas Baltrėnas in the laboratory

Pateikti įdomūs ir reikalingi mokslininkams ir praktikams biodujų kiekybės ir kokybės eksperimentinių tyrimų rezultatai naudojant vienos rūšies biologiškai skylančios organines atliekas: nuotekų valymo dumblą, margarino gamybos atliekas, vištų, kiaulių bei karvių mėšlą, žlaugtą, mėsos bei pieno produktų atliekas, daržovių bei vaisių atliekas ir dumbliaus. Pateikti rezultatai iliustruojami grafikais, kuriuose pateikta išsiskyres biodujų kiekis, metano, sieros vandenilio ir deguonies koncentracijos biodujose, bioreaktoriuje palaikoma temperatūra ir substrato pH [1].

Eksperimentų rezultatų analizė pateikta etapais. Svarumo darbui prideda kiekvieno etapo tyrimų rezultatai apibendrinamas ir skyriaus pabaigoje pateikiamas bendras viso eksperimento metu atliktų tyrimų apibendrinimas. Atlikta eksperimentinių tyrimų rezultatų palyginamoji analizė bei išvados. Vienas iš svarbiausių išsiskiriančių biodujų parametrų yra jų susidaręs kiekis. Kuo didesnę biodujų išėigą esant tam pačiam metano kiekiui gauti, tuo didesnės naudos (daugiau energijos) galima gauti anaerobiniu būdu biologiškai skaidant organines atliekas. Biodujos, kurių sudėtyje yra metano koncentracija daugiau kaip 55%, yra vertingas kuras ir gali būti naudojamas energijai gaminti arba kaip variklių degalai. Analizuojant susidariusį metano kiekį biodujose matyti, kad CH₄ daugiausia susidarė anaerobiškai skaidantis mėsos atliekomis. Jo kiekis šiose

biodujose siekė 32 %. Skaidant pieno produktų atliekas vidutinis metano kiekis buvo 31%. Mažiausiai metano išsiskyrė skaidantis vaisių ir daržovių atliekomis atitinkamai 14 % ir 8 % [1].

Įdomūs rezultatai gauti, kad iš visų tirtų keturių organinių atliekų tinkamų energijai gauti (deginti) nėra tinkamos, nes metano kiekis biodujose neviršija 55 %. Tačiau maišant jas su kitomis degiosiomis dujomis gautas biodujas galima būtų deginti katiluose [1]. Mokslininkai teigia, kad norint pagerinti metano išsiskyrimą iš biologiškai skylančių atliekų, reikia ieškoti variantų, kaip šias atliekas maišant su kitomis organinėmis atliekomis, būtų galima gauti geresnių rezultatų. Makrodumblių apdorojimo metu susidariusių biodujų ir metano koncentracijos palyginimas su kitomis biodegraduojančiomis atliekomis rodo, kad makrodumbliai yra tinkama žaliavinė medžiaga biodujų gamybai. Makrodumblių apdorojimo metu, biodujų kiekiai svyravo tarp 0,64 ir 1,32 m³/m³d ir metano tūris svyravo nuo 0,24 iki 0,68 m³/m³d [1].

Biodujų kokybei ir kiekybei padidinti bei optimizuoti buvo atlikti eksperimentiniai tyrimai, kuriuose panaudoti įvairių įkrovų mišiniai: maisto atliekų ir gyvūnų mėšlo (margarino gamybos atliekos ir vištų mėšlas, mėsos atliekos ir kiaulių mėšlas, vištų mėšlas ir vaisių bei daržovių atliekos, kiaulių mėšlas ir žlaugtas), maisto atliekų ir nuotekų valymo įrenginių nuotekų dumblo (mėsos atliekos ir nuotekų valymo dumblo, margarino gamybos atliekos ir nuotekų valymo dumblas), maisto ir žaliųjų atliekų (mėsos atliekos ir žolinės atliekos), gyvūnų mėšlo ir žaliųjų atliekų (vištų mėšlas ir žaliosios sodo atliekos, kiaulių mėšlas ir žaliosios sodo atliekos, karvių mėšlas ir žaliosios sodo atliekos), įvairių maisto atliekų (vaisių ir žaliosios atliekos, daržovių ir žaliosios atliekos) ir nuotekų valymo įrenginių dumblo su bioanglimi mišinių įkrovos [1].

Tyrimų reikšmingumą didina atlikti biodujų kiekybinės ir kokybinės analizės tyrimai naudojant organinių atliekų mišinius. Gautas metano kiekis biologiškai skaidant margarino gamybos atliekas (MGA) ir vištų mėšlą (VM) yra gerokai didesnis nei skaidant vien tik vištų mėšlą (43 % maksimali koncentracija). Autoriai mano, kad įtakos turėjo geresnis angliavandenių, baltymų ir riebalų santykis biomasėje, nes vištų mėšle (VM) esantis riebalų kiekis svyruoja tik apie 4 % nuo sausos masės [1]. Biologiškai skaidant mėsos atliekas (MA) ir kiaulių mėšlą (KA) metano koncentracija biodujose eksperimento metu didėjo. Mokslininkų buvo pastebėti nežymūs metano koncentracijos išsiskyrusiose dujose svyravimai, kuriuos įtakojo temperatūros bei pH svyravimai. Eksperimento pradžioje biodujose buvo 36 % metano ir eksperimento pabaigoje jo koncentracija pasiekė 67 %. Nors hidroksilo jonų koncentracija biomasėje buvo didesnė nei vandenilio jonų, kas rodo pakankamai subalansuotą anaerobinių bakterijų veiklą, tačiau kiaulių mėšlas, o ypač mėsos atliekos esantis nemažas kiekis baltymų galėjo neigiamai įtakoti metanogenezės procesą [1].

Tiriant vištų mėšlą ir vaisių bei daržovių atliekas, metano koncentracija nuo pat eksperimento pradžios tolygiai didėjo ir po to nežymiai sumažėjo eksperimento pabaigoje dėl pH ir temperatūros pokyčių. Eksperimento pradžioje metano koncentracija biodujose buvo 15%, tai didžiausia pasiekta koncentracija buvo 31% 28 eksperimento diena ir 28% eksperimento pabaigoje. Atliktų tyrimų su vaisių ir mėsos atliekų mišiniu gauti rezultatai parodė, kad biodujų kiekis padidėja 1,2 karto, o metano kiekis, lyginant su vaisių tyrimais, padidėja 2 kartus. Atliktų tyrimų su daržovių ir mėsos atliekų mišiniu rezultatai parodė, kad biodujų kiekis padidėja 1,3 karto, o metano kiekis, lyginant su daržovių tyrimais, padidėja 2,8 kartus [1].

Periodinio veikimo bioreaktoriuose perdurbant substratų mišinius buvo nustatyta, kad didžiausia biodujų išeiga buvo pasiekta naudojant vaisių, daržovių atliekų ir vištų mėšlo mišinį ir siekė 4,06 L/d iš 30 litrų bioreaktoriaus, taip pat ir metano koncentracija gauta didžiausia perdurbant šias atliekas 1,44 L/d. Biologiškai skaidant kiaulių mėšlą ir žlaugtą metano koncentracija biodujose didžiąją eksperimento dalį beveik tolygiai didėjo – nuo 18 % iki 54 %. Vėliau metano koncentracija iki eksperimento pabaigos didėjo nežymiai ir eksperimento pabaigoje dujose metano buvo 57 % [1].

Nustatyta, kad biologiškai skaidant mėsos atliekas su nuotekų valymo dumbliu arba margarino gamybos atliekas su nuotekų valymo dumbliu metano koncentracija biodujose išlieka gana aukšta ir siekia nuo 55% iki 73%, taip gaunamas kaloringas kuras, o skaidant mėsos ir žolinės atliekas arba vištų mėšlą bei kiaulių ir žaliąsias sodo atliekas nuo 1% iki 10% metano koncentracija siekia atitinkamai iki 43% , iki 35% tik iki 20%. Tokiu būdu gaunamas žemos kokybės kuras. Biologiškai skaldant vaisių arba daržovių atliekas su žaliosiomis atliekomis metano koncentracijos yra gana žemos ir siekia iki 40 -45 % [1].

Eksperimentinių tyrimų rezultatų pagrindu su nuotekų valymo dumbliu be priedų ir su bioanglies priedu nustatyta, kad vidutinė metano CH₄ koncentracija biodujose, gautose iš įkrovos su 10 % bioanglies priedu, yra 7,9 % didesnė negu biodujos gautose iš įkrovos be bioanglies priedo (atitinkamai 73,1 % ir 65,7 %) [1]. Dėl bioanglies savybių sugertį dalį CO₂ ir H₂S susidaro metanogeninėms bakterijoms ir jų kolonijoms palankesnė aplinka, todėl biodujų kokybė (metano koncentracija) didėja.

Autoriai mano, kad kompostavimas specialiuose bioreaktoriuose ir yra vienas iš būdų, kaip galima efektyviai panaudoti organines atliekas ir tuo pačiu nekelti pavojaus žmonių sveikatai ir aplinkai. Kompostavimo procesas gali būti kaip biologiškai skylančių atliekų biodujų išgavimo proceso tęsinys, t.y. liekanos – fermentuotų atliekų tolimesnis panaudojimas kompostui išgauti ir jį panaudoti dirvožemiui tręšti. Taip galima

įgyvendinti beatliekių technologijų principą. Galimybė fermentuotų atliekų panaudoti komposto gamybai reikia atsižvelgti į jų makroelementinę sudėtį, užtaršos lygį sunkiaisiais metalais ir įvertinti dujinių teršalų kokybinę sudėtį bei jų koncentracijas.

Knygoje pateikti maži bioreaktoriai biologiškai skylančių atliekų kompostavimui, jų technologijos, būdai ir jų paplėtimas Europoje bei pasaulyje. Mažų bioreaktorių pritaikymas smulkiems kaimo ūkiams ir maisto pramonės įmonėms bei komposto kokybės įvertinimas.

Atliktas žlaugto fermentuotų atliekų kompostavimas su ceolitu, biokuro pelenais ir lapais įvertintas sunkiųjų metalų ir azoto junginių kiekis bei nemalonūs kvapai. Tyrimais nustatyta, kad naudojant ceolitą chromo, mangano, cinko, nikelio, taip pat švino ir vario kiekis komposte sumažėja 10–33,6 %, todėl sunkieji metalai neviršija leistinų normų [1]. Kompostai pagaminti iš lapų yra vertinga trąša, kurioje gausu kalcio, kalio, magnio bei natrio. Pavyzdžiui obels lapuose yra gausu azoto, kurio kiekis dažniausiai svyruoja nuo 1 iki 3 % ribose. Tirtuose lapuose nustatyta 0,96 % azoto, t.y. 4,4 ir 5,5 kartų mažiau negu žlaugte bei biokuro pelenuose [1]. Komposto pH tyrimų rezultatai patvirtino prielaidą, kad gamtinio ceolito ir biokuro pelenų priedai daro žymią įtaką kompostavimo procesams: neutralizuoja komposto rūgštingumą, pagerinama jo struktūra, vandens režimą. Kompostavimo metu buvo atlikti išsiskiriančių dujų tyrimai. Buvo nustatyti LOJ, H₂S, amoniako (NH₃) ir metano (CH₄) kiekiai dujose ir dujinės emisijos, išsiskiriančios iš komposto. Autoriai daro prielaidą, kad ceolitas stabdo organinį azotą skaidančių bakterijų dauginimosi aktyvumą, o tai sulėtina baltyminės organinės medžiagos irimą, kas sąlygoja mažesnį amoniako kiekio išsiskyrimą per laiko vienetą. Tai sudaro palankias sąlygas geriau sunaudoti amoniaką kitais organizmais bei neorganiniais sorbentais. Tuo būdu laisvojo amoniako emisija mažėja.

Monografijoje įvertintas kompostavimo proceso ir komposto kokybės rezultatas bei kompostavimo įrenginių sprendimai. Taupant atliekų transportavimo kaštus, sukurtas kompostavimo įrenginys, skirtas iki 100 t per metus (esant 70 % kompostavimo būgno tūrio užpildymui) biologiškai skylančių atliekų (fermentuotų atliekų) pūdymui aerobinėmis sąlygomis. Jis gali būti taikomas nedideliuose ūkiuose arba namų valdų bei sodų bendrijų teritorijose sukauptoms atliekoms tvarkyti. Labai svarbu, kad tiriant technologinę biodegraduojančių atliekų pusę, buvo išnagrinėtas kiekybinis ir kokybinis smulkiųjų kaimo ūkių, maisto pramonės įmonių ir komunalinių ūkių pagal biologiškai skylančių atliekų kiekius įvertinimas ir suskirstymas pagal jų dydžius, jų panaudojimo galimybes Lietuvoje ir pasaulyje. Atliktas jų ekonominio, socialinio ir aplinkosauginio efekto įvertinimas bei gaunama nauda mažų bioreaktorių naudotojams. Išanalizuotas bioreaktorių panaudojimo Lietuvoje potencialas bei veiksniai, darantys įtaką biodujų ir energijos gamybos projektų ekonominiams rodikliams.

Išvados

Monografija reikšminga tiek mokslinė, tiek praktinė verte. Kadangi pagrindinė monografijoje nagrinėjama tema nuolat augančių biodegraduojančių atliekų kiekių sumažinimas ir tuo pačiu mažinti neigiamą poveikį aplinkai bei šiltnamio efektą panaudojant mažus bioreaktorius.

Monografijoje pateiktus mokslinius ir praktinius rezultatus rekomenduojama taikyti kaimo individualiuose ūkiuose ir smulkiuose maisto pramonės įmonėse, komunaliniuose ūkiuose.

References

- [1] Baltrėnas, P., & Baltrėnaitė, E. Small Bioreactors for Management of Biodegradable Waste. New York: Springer. 2018, 364 p.
- [2] Baltrėnaitė, E., Baltrėnas, P., & Lietuvninkas, A. The sustainable role of the tree in environmental protection technologies. New York: Springer. 2016, 300 p.
- [3] International community acknowledges the new method for producing energy from biodegradable waste proposed by Lithuanian scientists. 2018-11-12. <https://www.vgtu.lt/environmental-engineering/about-faculty/latest-news/international-community-acknowledges-the-new-method-for-producing-energy-from-biodegradable-waste-proposed-by-lithuanian-scientists/54433?nid=301120>

Author for contacts:

Prof. Eglė Jotautienė

Žemės ūkio ir saugos institutas, Vytauto didžiojo universitetas, Studentų 15a, 53362 Akademija, Kauno r. Lietuva. Phone: +370 37 752206, E-mail: egle.jotautiene@vdu.lt