



UŽPILDŲ ĮTAKOS BIOPOLIMERŲ MECHANINĖMS SAVYBĖMS TYRIMAS

*Rimvydas Mioldažys**, *Vytenis Jankauskas**, *Dovilė Liudvinavičiūtė***

*Vytauto Didžiojo universitetas; **Kauno technologijos universitetas

Santrauka

Šiame straipsnyje buvo atliktas biopolimerų užpildo įtakos, mechaninėms savybėms, tyrimas. Tyrime buvo naudotas termoplastinis krakmolos su grikių lukštų užpildu, trimis skirtingomis koncentracijomis 15, 20 ir 25 %. Gauti mišiniai buvo sugruntuoti dviejų sraigtų ekstruderiu ir injekciniu būdu, išlieti tempimo bandiniai. Su pagamintais bandiniais buvo atlikti tempimo bandymai, nustatyti mechaninės savybės. Atlikus mechaninius bandymus, tiriamiems biopolimerams, buvo išsiaiškinta, kad didžiausią takumo ir stiprumo ribą turėjo biopolimeras su 20 % užpildo koncentracija. Pagal gautus duomenis nustatyta, kad didinant koncentraciją iki 20 % bandinių stiprumas didėjo, o nuo 20 % silpnėjo.

Raktiniai žodžiai: biopolimerai, užpildas, mechaninės savybės

Gauta 2021-04-06, priimta 2021-05-14

1. Įvadas

2015 metais pasaulyje naftos pagrindu pagamintų plastiko gaminių kiekis pasiekė 300 milijonų tonų per metus. Kasmet atliekomis tampa virš 34 milijonų tonų plastiko gaminių, iš kurių 93 proc. patenka į sąvartynus arba vandenynus [1]. Siekiant sumažinti išmetamų plastiko produktų sukuriama taršą, vis dažniau kuriami ir pritaikomi lengvai perdirbami arba greitai suyrantys bioplastikai.

Termoplastinis krakmolos (TPS) susilaukė didelio susidomėjimo, dėl savo termoplastinių savybių, kurios yra labai panašios į sintetinių plastikų, tačiau struktūros yra sudėtingesnės nei sintetinių termoplastikų [2]. Gryno, sauso krakmolo stiklėjimo temperatūra (T_g) yra didesnė už skilimo temperatūrą, kuriai esant medžiaga pradeda irti, todėl jis neminkštėja ir neteka. Tačiau krakmolos gali būti plastifikuojamas tokiais medžiagomis kaip vanduo ar glicerolis. Šis „termoplastinis krakmolos“ (TPS) teka esant aukštai temperatūrai ir slėgiui, todėl gali būti naudojamas plastiko produktų gamyboje. Tačiau, paprasto TPS savybės yra prastos. Pavyzdžiui, vandeniui plastifikuotas TPS neturi matmenų stabilumo ir tampa trapus, išgarinant iš jo vandenį, o vandeniui ir gliceroliu plastifikuoto TPS savybės yra blogos esant aukštai drėgmei [3]. Kadangi TPS savybės labai panašios į sintetinių plastikų, jį galima naudoti įpurškimo, ekstrūzijos ar pūtimo įrangoje, skirtoje gaminti gaminius iš sintetinių plastikų [4]. TPS savybes galima žymiai pagerinti, jas sumaišius su kitais polimerais, užpildais ir pluoštais. TPS maišymas su kitais polimerais dažnai atliekamas naudojant ekstrūziją dviem sraigtais aukštoje temperatūroje. TPS sumaišius su kitais biologiškai skaidančiais polimerais, tokiais kaip PVA, PLA, PCL ar PHB, galima gauti visiškai biologiškai skaidomą plastiką [5].

Tyrimo tikslas – ištirti užpildo koncentracijos įtaką biopolimerų termoplastinio krakmolo pagrindu mechaninėms savybėms.

Uždaviniai – pagaminti biopolimerų, termoplastinio krakmolo pagrindu su grikių lukštų užpildu, bandinius ir ištirti užpildo įtaką biopolimerų pagrindinėms mechaninėms savybėms.

2. Tyrimų metodika

Tyrimas atliktas naudojant termoplastinį krakmolą, kaip bazinę medžiagą. Termoplastinis krakmolos pagamintas taip: į 90 °C temperatūros vandenį supilamas glicerinas ir maišomas 30 s. Į vandens ir glicerino mišinį įmaišomas bulvių krakmolos ir maišomas 2 min. Gautas mišinys sumaišomas su užpildu: susmulkintais grikių lukštais, atitinkamai 15, 20 ir 25% skaičiuojant pagal

tūrį. Tyrime panaudota grikių „Smuglianka“ veislės lukštai. Grikių lukštai buvo susmulkinti naudojant smulkinimo įrangą Retsch ZM200 su 0,1 mm sietu.

Gauti mišiniai buvo granuliuoti dviejų sraigtų ekstrūderiu Krauss Maffei ZE25R x 40D UTXi (Kauno technologijos universiteto Polimerų chemijos ir technologijos katedroje). Sraigto temperatūros ir sraigtų sukimosi greitis pateikti 1 lentelėje.

1 lentelė. Sraigto temperatūros ir sraigto sukimosi greitis

Zona	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2
Temperatūra, °C	100	98	98	105	105	105	105	95	85	65
Sraigto sukimosi greitis, aps/min	74,7									

Iš gautų granuliu buvo pagaminti plastiko bandiniai plastiko injekcinio liejimo būdu, mašina Haake MiniJet Pro (Kauno technologijos universiteto Polimerų chemijos ir technologijos katedroje). Bandinio matmenys parinkti pagal ISO 527-2-5A standartą. Liejimo proceso režimai:

- Plastiko lydymo temperatūra 160 °C;
- Formos temperatūra 30 °C;
- Plastiko įpurškimo slėgis 1000 bar.

Gautų bandinių stiprumo ribai ir tamprumui nustatyti naudota tempimo – gniuždymo bandymų mašina INSTRON 5965 (INSTRON, JAV).

3. Tyrimo rezultatai

Atliktų termoplastinio krakmolo tempimo bandymų rezultatai pateikti 2 lentelėje.

2 lentelė. Termoplastinio krakmolo su skirtingu grikių lukštų užpildo kiekiu stiprumo riba, takumo riba, pailgėjimas esant stiprumo ribai.

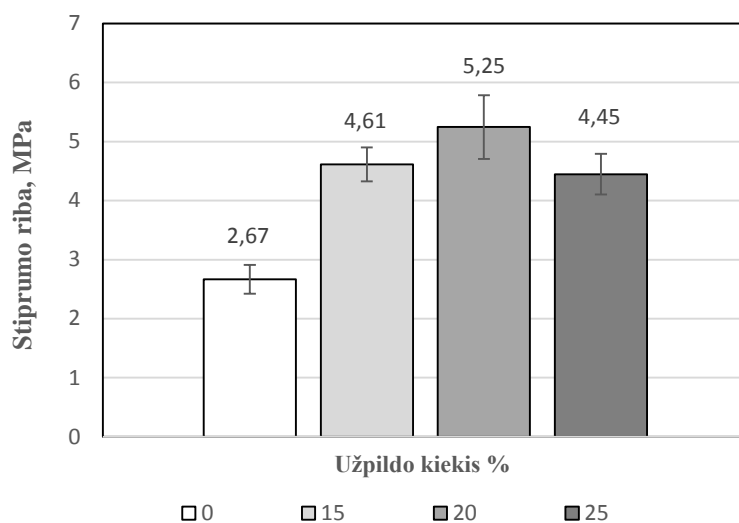
Užpildas, kiekis	Stiprumo riba, MPa	Takumo riba, MPa	Pailgėjimas prie stiprumo ribos, %
Be užpildo	2.67	2.62	46.15
Grikių lukštai 15%	4.13	4.13	30.30
Grikių lukštai 20%	5.25	5.25	23.56
Grikių lukštai 25%	4.00	4.00	28.32

Termoplastinio krakmolo be užpildo stiprumo riba yra mažiausia – 2,67 MPa, o pailgėjimas 46,2 %. Į termoplastinį krakmolą įmaišius 20 % grikių lukštų, buvo gauti stipriausi bandiniai, kurių vidutinė stiprumo riba siekė 5,25 MPa, pailgėjimas esant stiprumo ribai – 23,6 %. Pagal gautus rezultatus matyti, kad stiprumo ir takumo ribos yra beveik tame pačiame taške. Šia savybe dažnai pasižymi labai tamprūs plastikai [5].

Stulpelinėje diagramoje (1 pav.) pateikta užpildo kiekio įtaka stiprumo ribai. Didžiausia stiprumo riba (5,25 MPa) fiksuojama bandiniuose su 20 % grikių lukštų užpildu.

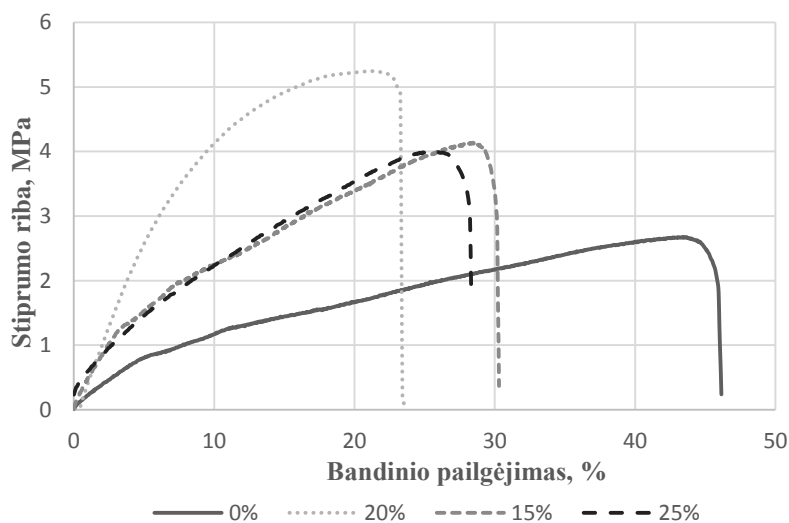
Grafikas atspindi tempimo bandymais nustatytą maksimalų testuotų ruošinių pailgėjimą. Iš grafiko matyti, kad didėjant užpildo kiekiui iki 20 % bandinio pailgėjimas mažėja, o nuo 20 % didėja. Ruošinių be užpildo pailgėjimas yra didžiausias.

Didžiausias stiprumas ir mažiausias pailgėjimas iki trūkimo nustatytas termoplastinio krakmolo bandiniams turintiems 20 % grikių lukštų užpildą (2 pav.).



1 pav. 0,1 mm frakcijos grikių lukštų kiekio (pagal tūrį) įtaka stiprumo ribai

Stiprumo ribos priklausomybės grafikas atspindi stiprumo ribos dydį esant skirtingam užpildo kiekiui. Didinant užpildo kiekį iki 20 % didėja stiprumo ribos reikšmė. Mažiausia stiprumo ir didžiausia pailgėjimo vertės fiksuotos bandiniuose be užpildo.



2 pav. Užpildo kiekio įtakos termoplastinio krakmolo bandinių pailgėjimui ir stiprumo riboms

4. Išvados

1. Mažiausią pailgėjimą, didžiausią takumo bei stiprumo ribas turi termoplastinio krakmolo bandiniai su 20 % grikių lukštų užpildo. Didėjantis užpildo kiekis bandinių stiprumą mažina. Gauti rezultatai rodo, kad mechaninėms charakteristikoms pagerinti tikslinga naudoti 18-22 % grikių lukštų pagal tūrį užpildą.
2. Mažiausiai stiprus ir daugiausia pailgėjantis prie stiprumo ribos yra termoplastinis krakmolas be užpildo.

Padėka: Darbo autoriai dėkoja ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos ir saugos institutui už suteiktą galimybę naudoti tempimo-gniuždymo bandymų mašina INSTRON 5965, Energetikos ir biotechnologijų inžinerijos institutui už galimybę naudotis biomedžiagų smulkinimo įranga.

Taip pat esame dėkingi Kauno technologijos universiteto Polimerų chemijos ir technologijos katedrai (vedėja doc. Joana Bendoraitienė) už pagalbą gaminant biopolimerų granules ir liejant kompozicijas injekciniu būdu.

Literatūra

- [1] R. Geyer, J. R. Jambeck, K. L. Law. 2017. *Production, use, and fate of all plastics ever made*.
- [2] R.-J. Muller, 2005 *Biodegradability of polymers: regulations and methods of testing*. Biopolymer Online P. 365-374.
- [3] S. Ebnesaajjad, 2013 *Handbook of Biopolymers and Biodegradable Plastics*, Elsevier Publishing, Oxford, UK.
- [4] R.C.J. Van der Maarel. 2008. *Biopolymers, Introduction to Biopolymer Physics*. World Scientific Publishing, (Chapter 1).
- [5] S. Kabasci. 2014. *Bio-based Plastics: Materials and Applications*. Wiley & Sons.
- [6] L. Averous, J. Macromol. 2004. *Biodegradable multiphase systems based on plasticized starch: a review*. Journal of Macromolecular Science, Part C, 44, P. 231-274, ISSN 1532-1797.

Investigation of the Influence of Fillers on the Mechanical Properties of Biopolymers

Extended Summary

This paper addresses the topic of ecological fillers for the mechanical properties of biopolymers. In today's world, most disposable plastic products are made from petroleum-based polymers. Used disposable products often end up in the oceans and forests. This waste contaminates water, soil and decomposes for a long time. The basis of biopolymer filler research is to create the most friendly biopolymer that would decompose rapidly in nature, while having the right mechanical properties to ensure the stability of the manufacturing process and product quality. This paper tests Thermoplastic starch with buckwheat husk fillers. These fillers are non-toxic to nature and are renewable. It is one of the materials whose use is extremely rational, because otherwise it remains unused and returns to the soil.

According to the relevance of this problem, the influence of biopolymer filler on mechanical properties was investigated. Thermoplastic starch with buckwheat husk filler was used in the study at three different concentrations of 15, 20 and 25%. The resulting blends were granulated with a twin screw extruder and injected, and the casting tensile specimens were cast. The manufactured specimens were subjected to tensile tests to determine their mechanical properties. Mechanical tests of the tested biopolymers showed that the maximum yield and strength limits were for a biopolymer with a filler concentration of 20%. The data showed that increasing the concentration to 20% increased the strength of the samples and decreased from 20%.

Based on the results obtained, it can be stated that a biopolymer with 20% buckwheat husk filler can be used in the production of plastic components that want to break down quickly, such as disposable containers or other disposable packaging. Comparing the mechanical properties with the material properties of existing products, they are not close, but the production of thicker products can reduce the environmental damage of existing products and achieve the required durability. The price of this filler, unlike other petroleum-based polymers, has little to do with oil production volumes and oil prices, as oil is only used to harvest the product, and therefore in the future.

All agricultural fillers that cannot be used for food or animal feed or that are in excess are suitable for the development of biopolymer fillers. There are more such fillers: wheat straw, sugar cane stalks, hemp stalks, unsorted wood waste. These fillers are important in preventing the multiplication of microorganisms used in food.

Keywords: biopolymers, filler, mechanical properties

Autoriai kontaktams

Rimvydas Mioldažys, magistrantas, VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakultetas;
Tel.: +37068902067, el. paštas: rmioldazys@gmail.com

Vytenis Jankauskas, Dr.Profesorius, VDU ŽŪA Jėgos ir transporto mašinų inžinerijos institutas,
Tel. +37061449373, el. paštas: vytenis.jankauskas@vdu.lt

Dovilė Liudvinavičiūtė, Dr.lekt., KTU Cheminės technologijos fakultetas, Polimerų chemijos ir technologijos katedra;
el. paštas: dovile.liudvinaviciute@ktu.lt