



LATVIJĀ IZPLATĪTU INVAZĪVO AUGU BIOMASAS KOMPOSTĒŠANA UN IEGŪTĀ KOMPOSTA KVALITĀTES RAKSTUROJUMS

Evelīna NIEDRĪTE, Linda DOBKEVIČA, Oskars PURMALIS

*Latvijas Universitātes Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte, evelina.niedrite@lu.lv; linda.dobkevica@lu.lv;
oskars.purmalis@lulv*

Invazīvās augu sugas un to izplatība ir viena no būtiskākajām vides problēmām, izraisot reālus draudus bioloģiskajai daudzveidībai, kas būtiski ietekmē lauksaimniecību, mežsaimniecību un apdraud cilvēku un dzīvnieku veselību (Rai, Singh 2020). To apkarošanas rezultātā rodas ievērojams apjoms augu biomasas, ko iespējams izmantot visdažādāko pievienotās vērtības produktu ieguvei. Invazīvo augu biomasu var kalpot kā vērtīgs resurss kurināmā ieguvei un enerģijas ražošanai (Liao et al. 2013; Zihare et al. 2018; Feng et al. 2021), kā arī dažādu bioķīmisko komponentu izdalīšanai un izmantošanai, piemēram, lipīdu, polifenolu un alkaloīdu (Li et al. 2014; Kraujaliene et al. 2017; Peter et al. 2021; Pereira et al. 2022). Mazāk apskatīta, bet tomēr ar fragmentāriem pētījumiem apstiprināta, ir invazīvās augu biomasas izmantošana bioloģiskas izcelsmes organisko mēslošanas līdzekļu – komposta, ieguvei (Montoya et al. 2013; Adam et al. 2016; Killick, Blanchon 2018; Banunle et al. 2023).

Invazīvo augu izmantošana komposta ieguvei tiek vērtēta kritiski, galvenokārt, pateicoties to sēklu un sakņu augstajai dzīvotspējai (Hassani et al. 2021). Tāpat invazīvo augu komposta izmantošanas iespējas var samazināt to sastāvā esošie alelopātiskie savienojumi (Kalisz et al. 2021), kā arī to augstā spēja akumulēt dažādus vides piesārņotājus (Rai, Singh 2020). Tomēr ievērojot atbilstošus drošības pasākumus un nodrošinot optimālus kompostēšanās apstākļus, pastāv iespēja iegūt augstas kvalitātes organisko mēslojumu (Montoya et al. 2013; Banunle et al. 2023).

Kompostēšana ir bioloģisks process – higiēniska organisko atkritumu pārveidošana viendabīgā un augiem pieejamā materiālā, kas notiek aerobos apstākļos, pie atbilstoša mitruma un temperatūras (Azim et al. 2017). Galaprodukts – komposts, ir ciets substrāts ar mazāku C un N daudzumu kā izejas biomasā, bet stabilāku uzbūvi (Roman et al. 2015). Lai pilnvērtīgi novērtētu invazīvo un arī citu biomasas kompostu gatavību un kvalitāti, literatūrā tiek izvirzīti vairāki vērtēšanas kritēriji: **fizikālie** – smarža, krāsa, daļiņu izmērs, materiālu inertums; **ķīmiskie** – C/N attiecība, kopējais organiskais C, minerālais N, pH, elektrovadītspēja (EVS), piesārņotāji (smagie metāli, arī organiskās vielas), humifikācijas indekss un humusvielu raksturojums; **bioloģiskie** – mikrobiālā aktivitāte. Viena no vienkāršākajām pieejām fitotoksicitātes novērtēšanai ir augu augšanas biotesti (Bernal et al. 2009).



Līdz šim ir veikta sešu dažādu kompostu – Japānas dižsūrenes (*Reynoutria japonica*) (REYN), Kanādas zeltslotiņas (*Solidago canadensis*) (SOLI), daudzlapu lupīnas (*Lupinus polyphyllus*) (LUPI), visu trīs invazīvo augu jauktā komposta, kam pievienots proporcionāls apjoms dārza atkritumu (MIX), invazīvo augu jauktā komposta, kam bez dārza atkritumiem vēl papildus pievienota bioogle (MIXC) un kontroles komposta, kas veidots tikai no dārzā iegūtiem atkritumiem (GARD), izveide. To veidošanās procesa un kvalitātes raksturošanai ir veikts temperatūras (komposta veidošanās laikā), mitruma, pH, EVS monitoring (kompostēšanās laikā īstenojot sešas paraugu ievākšanas, attiecīgi – 14., 29., 42., 52., 70., 118. komposta veidošanās dienā). Veikta komposta C/N attiecības noteikšana kompostēšanas sākumā un beigās, veikts kopējā organiskā oglekļa, metālu un citu makro- un mikroelementu, kā arī ultravioletās – redzamās gaismas spektru novērtējums. Papildus iepriekš nosauktajiem kompostu paraugiem, laboratoriski analizēti arī divi mazumtirdzniecībā pieejami organiskie mēslojumi – rūpnieciski ražots universālais komposts (COMM) un vermikomposts (VERM).

Par optimālās termofilās kompostēšanās temperatūras sasniegšanu (Ho et al. 2021) norāda visu kompostu monitoringa dati, izņemot REYN komposts, kura temperatūras intervāls variē no 37,2 °C komposta veidošanās 8. dienā līdz 14,9 °C komposta veidošanās 98. dienā. Analizēto kompostu pH_{KCl} vērtības ir tuvu neitrālai reakcijai, zemākā pH_{KCl} vērtība noteikta GARD kompostam (pH_{KCl} 6,99), augstākā – SOLI kompostam (pH_{KCl} 7,75). Sākotnējās EVS vērtības 1040, 1544, 1514 un 2330 μS/cm kompostos REYN, LUPI, MIXC un GARD kompostēšanās procesa laikā samazinājās līdz 709, 860, 1021, 889 μS/cm. SOLI un MIXC kompostu sastāva mainības rezultāti norādu uz EVS vērtību pieaugumu, palielinoties kompostēšanās laikam, ko, iespējams, nosaka zem molekulu organisko vielu (iespējams skābju) veidošanās, vai arī minerālvielu atbrīvošanās, no pie biomasas pielipušajām augsnes daļiņām. Iegūtie dati liecina, ka visi invazīvo augu komposti pārsniedz literatūrā norādīto optimālo 40 – 60 % mitruma intervālu (Bernal et al. 2009), kas varētu norādīt uz nepiemērotu kompostēšanas tvertņu izvēli un pārmērīgi lielu pievadītā mitruma daudzumu. Novērtētā C/N attiecība invazīvo augu kompostos variē no 11,4 SOLI kompostā līdz 28,80 MIXC kompostā. Kopumā iegūtie UV-Vis spektri ir līdzīgi citiem literatūrā apskatītiem kompostiem (Domeizel et al. 2004, Sellami et al. 2008, Sanmanee et al. 2011). Pētīto kompostu E₂/E₃ attiecības ir robežās no 2,6 (COMM) līdz 4,1 (REYN). Novērtētā E₄/E₆ attiecība references komposta paraugiem (COMM, VERM, GARD) ir augstāka (E₄/E₆ 6,0 – 7,9), salīdzinot ar invazīvo augu komposta paraugiem. Vienlaikus SOLI komposta E₄/E₆ attiecības vērtība ir tuva references paraugu rādītājam (E₄/E₆ = 6,5).

Saskaņā ar MK noteikumiem Nr. 506 “Mēslošanas līdzekļu un substrātu identifikācijas, kvalitātes atbilstības novērtēšanas un tirdzniecības noteikumi” un to 3. pielikumā norādītajām nevēlamo piemaisījumu maksimāli pieļaujamajām koncentrācijām organiskas izcelsmes mēslošanas līdzekļos, visos pētītajos kompostos, t.sk., arī references kompostu biomasā, netika identificētas vielas, kas varētu norādīt uz to toksiskumu un līdz ar to ierobežojumiem izmantošanai lauksaimniecībā.

Līdz šim iegūtie rezultāti norāda uz Kanādas zeltslotiņas augstu potenciālu tikt izmantotai komposta sagatavošanā, taču arī citu pētīto invazīvo augu rādītāji neizslēdz to izmantošanas iespējas. Lupīnu gadījumā – sēklu dzīvotspējas nomākšanai nepieciešams optimizēt kompostēšanas apstākļus, lai kompostēšanas termofilajā fāzē tiktu sasniegtas temperatūras vērtības, kuras nodrošinātu sēklu dīgstspējas nomākšanu. Papildus, lai novērtētu kompostu gatavību, nepieciešams veikt augu dīgšanas testus un alelopātisko savienojumu – alkaloīdu, noteikšanu LUPI, MIX un MIXC kompostos.

Izmantotā literatūra

- Adam, Y., Sershen, & Ramdhani, S. (2016). Maize and pea germination and seedling growth responses to compost generated from biowaste of selected invasive alien plant species. *Compost Science & Utilization*, 24(1), 30-41.
- Azim, K., Soudi, B., Boukhari, S., Perissol, C., Roussos, S., & Thami Alami, I. (2018). Composting parameters and compost quality: a literature review. *Organic Agriculture*, 8, 141-158.
- Banunle, A., Fei-Baffoe, B., Miezah, K., Ewusi-Mensah, N., Jørgensen, U., Aidoo, R., ... & Abaidoo, R. C. (2023). Valorisation of Biowaste and Aquatic Invasive Plants Through Compost Production for Agricultural Use. *Waste and Biomass Valorization*, 1-13.
- Bernal, M. P., Albuquerque, J. A., & Moral, R. (2009). Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review. *Bioresource Technology*, 100(22), 5444-5453.
- Bernal, M. P., Albuquerque, J. A., & Moral, R. (2009). Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review. *Bioresource Technology*, 100(22), 5444-5453.
- Domeizel, M., Khalil, A., & Prudent, P. (2004). UV spectroscopy: a tool for monitoring humification and for proposing an index of the maturity of compost. *Bioresource Technology*, 94(2), 177-184.
- Feng, Q., Wang, B., Chen, M., Wu, P., Lee, X., & Xing, Y. (2021). Invasive plants as potential sustainable feedstocks for biochar production and multiple applications: A review. *Resources, Conservation and Recycling*, 164, 105204.
- Hassani, M., Vallius, E., Rasi, S., & Sormunen, K. (2021). Risk of invasive *Lupinus polyphyllus* seed survival in biomass treatment processes. *Diversity*, 13(6), 264.
- Ho, T. T. K., Le, T. H., Tran, C. S., Nguyen, P. T., Thai, V. N., & Bui, X. T. (2022). Compost to improve sustainable soil cultivation and crop productivity. *Case studies in chemical and environmental engineering*, 6, 100211.



- Kalisz, S., Kivlin, S. N., & Bialic-Murphy, L. (2021). Allelopathy is pervasive in invasive plants. *Biological Invasions*, 23(2), 367-371.
- Killick, S., & Blanchon, D. Some like it hot, but moth plant does not: The effect of commercial composting on moth plant (*Araujia hortorum*) seed viability. *Biosecurity*, 27.
- Kraujalienė, V., Pukalskas, A., & Venskutonis, P. R. (2017). Biorefining of goldenrod (*Solidago virgaurea* L.) leaves by supercritical fluid and pressurized liquid extraction and evaluation of antioxidant properties and main phytochemicals in the fractions and plant material. *Journal of Functional Foods*, 37, 200-208.
- Li, P., Chang, Q., Wang, C., Cao, J., & Zheng, W. (2014). Composting of aerial parts of crofton weed (*Eupatorium adenophorum* Spreng), the top invasive plant in southwest China. *Compost Science & Utilization*, 22(3), 132-137.
- Liao, R., Gao, B., Fang, J. 2013. Invasive plants as feedstock for biochar and bioenergy production. *Bioresource Technology*, 140, 439-442.
- Montoya, J. E., Waliczek, T. M., & Abbott, M. L. (2013). Large scale composting as a means of managing water hyacinth (*Eichhornia crassipes*). *Invasive Plant Science and Management*, 6(2), 243-249.
- Pereira, A., Ramos, F., & Sanches Silva, A. (2022). Lupin (*Lupinus albus* L.) seeds: Balancing the good and the bad and addressing future challenges. *Molecules*, 27(23), 8557.
- Peter, A., Žlabur, J. Š., Šurić, J., Voća, S., Purgar, D. D., Pezo, L., & Voća, N. (2021). Invasive plant species biomass—Evaluation of functional value. *Molecules*, 26(13), 3814.
- Rai, P. K., & Singh, J. S. (2020). Invasive alien plant species: Their impact on environment, ecosystem services and human health. *Ecological Indicators*, 111, 106020.
- Roman, P., Martinez, M. M., & Pantoja, A. (2015). Farmer's Compost Handbook.
- Sanmanee, N., Panishkan, K., Obsuwan, K., & Dharmvanij, S. (2011). Study of compost maturity during humification process using UV-spectroscopy. *International Journal of Agricultural and Biosystems Engineering*, 5(8), 448-450.
- Sellami, F., Hachicha, S., Chtourou, M., Medhioub, K., & Ammar, E. (2008). Maturity assessment of composted olive mill wastes using UV spectra and humification parameters. *Bioresource Technology*, 99(15), 6900-6907.
- Zihare, L., Soloha, R., & Blumberga, D. (2018). The potential use of invasive plant species as solid biofuel by using binders. *Agronomy Research*, 16(3).

Pateicības

Šo pētījumu finansē Latvijas Zinātnes padome, projekts “Invazīvo augu ķīmiskā ekoloģija kā rīks to invāzīvuma izpratnei, apkarošanas metožu izstrādei un jaunas paaudzes herbicīdu meklējumiem (InnoHerb)”, projekta numurs lzp-2022/1-0103.



TAUKSKĀBJU SATURS INVAZĪVO AUGU BIOMASĀ SOSNOVSKA LATVĀŅA PIEMĒRĀ

Eva BORSKA, Māris KĻAVIŅŠ, Jorens KVIESIS

LU Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte, e-pasts: eva.borska@lu.lv, maris.klavins@lu.lv, cation@inbox.lv

Sosnovska latvānis (*Heracleum sosnowskyi*) ir viena no divām visplašāk izplatītajām latvāņa sugām, kas pēdējā gadsimta laikā, cilvēka darbības rezultātā radījusi vienu no problemātiskākajām invāzijām pasaulē (Grzędzicka 2022). Joprojām, līdz ar notiekošajām globālajām izmaiņām zemes lietošanā, dažādu invazīvo augu izplatība paaugstinās. Tas ir bīstami ne tikai, tādēļ, ka ietekmē bioloģisko daudzveidību, bet arī tāpēc ekosistēmas un to pakalpojumi (Li et al. 2024).

Pasaulē biomasas atkritumu daudzums pieaug, neskatoties uz to augsto pārstrādes un ilgtspējīgas izmantošanas iespējām. Tie tiek sadedzināti, apglabāti poligonos vai atstāti sapūšanai (Zhou and Wang 2020). Ņemot vērā latvāņa lielos invāzijas apjomus, no tiem apkarošanas pasākumos iegūtā biomas ar tajā uzkrāto saules enerģiju, minerālvielām u.c. savienojumiem, ir lietderīgi pārstrādājami produktos ar augstu pievienoto vērtību. Izmantojot mūsdienu tehnoloģijas ar šādu rīcību var mazināt biomasas atkritumproduktu daudzumu un līdz ar to samazināt SEG emisiju pieaugumu (Hakeem 2015 et al.; Mohan et al. 2006).

Augu biomasu galvenokārt veido celuloze, hemiceluloze un lignīns, tomēr tās sastāvā ir arī ūdens, olbaltumvielas, lipīdi, pelni, ciete, vienkāršie cukuri un citi savienojumi. Savienojumu daudzums un saturs var atšķirties, kā dažādos augos tā arī viena auga atšķirīgās augšanas stadijās vai apstākļos (Hakeem 2015 et al.; Mohan et al. 2006). Tāpēc, lai konstatētu atšķirības un pētītu potenciālās taukskābju iegūšanas iespējas, pētījuma ietvaros tika apskatītas dažādas Sosnovska latvāņa biomasas daļas - sēklas, sakne, ziedi, lapas, kāti. Augu daļas ievāktas 2023.gada vasaras mēnešos Asaru pagastā.

Pētījumā taukskābju saturs biomasā un tā atšķirības tika noteiktas ekstraktos, kas iegūti pēc 6 stundu ekstrakcijas ar dihlorometānu (CH_2Cl_2), izmantojot Soksleta ekstrakcijas iekārtu. Ekstrakta sastāvs noteikts izmantojot gāzu-šķidrums hromatogrāfijas metodi par sorbentu lietojot polāru kapilāro kolonnu (Omegawax 250 30m x 0,25mm x 0,25 μm). Kopumā Sosnovska latvānī konstatētas 33 dažādas taukskābes. No tām gandrīz 80% veido piesātinātās un mononepiesātinātās taukskābes savstarpēji līdzvērtīgā daudzumā, un tikai 20% no kopējā satura ir polinepiesātinātās taukskābes.

Ar pielietoto apstrādes metodi par vislietderīgāko no auga daļām, var uzskatīt Sosnovska latvāņa lapas, no kurām var iegūt vislielāko taukskābju iznākumu - 11mg/100mg ekstraktmasas. Pretstatā sēklām, kur taukskābju masas vērtība sastāda tikai 3 mg/100mg ekstraktmasas, kas ir otrais augstākais rādītājs.

Vidēji biomasā starp taukskābēm salīdzinoši augstās koncentrācijās tika konstatēta - palmitīnskābe (C16:1n-7 (Δ 9c)), 7,10,13-heksadekatriēnskābe (C16:3n-3 (Δ 7c10c13c)), 9,12-oktadekadiēnskābe (C18:2n-6 (Δ 9c12c)) u.c. Palmitīnskābe vismaz 3 reizes augstākā koncentrācijā nekā citās auga daļās tika konstatēts kātos, bet viszemākās koncentrācijas - sēklās. Salīdzinoši zemā koncentrācijā atrastas kaprīnskābe (C10:0), laurīnskābe (C12:0), 11-heksadecēnskābe (C16:1n-5 (Δ 11c)) u.c. taukskābes. Heksadecēnskābe konstatēta tikai kātu, sakņu un ziedu paraugos, bet kaprīnskābe arī lapās, kātos un saknēs.

Viena no cilvēka organismam vērtīgajām polinepiesātinātajām omega-6 taukskābēm – linolēnskābe (cis-9-12 18:2), iegūtajos ekstraktos konstatēta vidēji 0,3 mg/100g ekstraktmasas. Koncentrācija sēklās salīdzinoši ar lapām ir sešas reizes augstāka, bet lapās, salīdzinot ar pārējām auga daļām - vairāk nekā divas reizes augstāka. Tāpat, vērts atzīmēt, ka biomasā visos paraugos atrasta arī vērtīgā omega-3 taukskābe – 7,10,13-heksadekatriēnskābe (C16:3n-3 (Δ 7c10c13c)), kas sniedz plašas iespējas turpmākiem pētījumiem par Sosnovska latvāņa kā invazīva auga biomasas izmantošanas potenciālu taukskābju iegūšanai un izmantošanai, piemēram, uztura bagātinātāju izveidē. Vienlaikus taukskābju profila izpēte būtiska, lai saprastu procesus un vielas, kas nosaka Sosnovska latvāņa augsto konkurētspēju salīdzinot ar citām augu sugām, kā arī vielu maiņas procesus šajā augā, sekmējot risinājumu izstrādi latvāņa ķīmiskajai apkaršanai.

Pētījumu iespējams paplašināt, iekļaujot citas Latvijā sastopamas invazīvas augu sugas. Tomēr svarīgi būtu ņemt vērā, ka turpinot pētījumu, nepieciešams paplašināt biomasas dažādību, analizējot ne tikai vienā pagastā ievāktus biomasas paraugus, bet arī izvēloties atšķirīgus augu augšanas apstākļus (mitrums, augsne u.c), un salīdzināt taukskābju satura un daudzuma atšķirības, atkarībā no auga augšanas stadijas.

Izmantotā literatūra

- Grzędzicka, E. 2022. Invasion of the Giant Hogweed and the Sosnowsky's Hogweed as a Multidisciplinary Problem with Unknown Future—A Review. *Earth*, 3(1), 287–312. <https://doi.org/10.3390/earth3010018>.
- Hakeem, K. R., Jawaid, M., & Alothman, O. Y. 2015. Agricultural biomass based potential materials. In Springer eBooks. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-13847-3>.



- Mohan, D., Pittman, A. C. U., & Steele, P. H. 2006. Pyrolysis of Wood/Biomass for Bio-oil: A Critical use strategies and rhizosphere microbiome. *Soil Biology & Biochemistry*, 109361. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2024.109361>.
- Zhou, C., Wang, Y. 2020. Recent progress in the conversion of biomass wastes into functional materials for value-added applications. *Science and Technologies of Advanced Materials*. 21(1), 787-804. <https://doi.org/10.1080/14686996.2020.1848213>

Pateicības

Šo pētījumu finansē Latvijas Zinātnes padome, projekts “Invazīvo augu ķīmiskā ekoloģija kā rīks to invazīvuma izpratnei, apkarošanas metožu izstrādei un jaunas paaudzes herbicīdu meklējumiem (InnoHerb)”, projekta numurs lzp-2022/1-0103.

POLISAHARĪDU IZDALĪŠANA NO MEŽA SĒNĒM UN TO STRUKTŪRAS RAKSTUROJUMS FUNKCIONĀLĀS PĀRTIKAS IZVEIDEI

***Jorens KVIESIS, Lauris ARBIDANS, Rihards KLŪGA,
Linda DOBKEVIČA, Māris KĻAVIŅŠ***

*Latvijas Universitāte, e-pasts: jorens.kviesis@lu.lv; lauris.arbidans@lu.lv; rihards.kluga@lu.lv;
linda.dobkevica@lu.lv; maris.klavins@lu.lv*

Daudzās Centrāleiropas un Austrumeiropas valstīs priekšroka tiek dota vietējo meža sēņu patēriņam. Lielākā daļa ievāktu sēņu tiek pārstrādātas, īsā uzglabāšanas laika dēļ, kas saistīts ar mikroorganismu ierosinātu struktūras degradāciju, ko katalizē augstais mitruma saturs augļķermeņos. Sēņu pārstrādes process neizbēgami veido atkritumproduktus, kuri tiek pārvērsti par augstvērtīgiem produktiem gadījumos, kad tiek atrasts risinājumi to apstrādei un pielietojumam. Par vienu no risinājumiem var minēt polisaharīdu izdalīšanu no sēņu šķiedras, kuru substanci veido daļēji sagremojamie vai nesagremojamie glikāni. Glikānu prebiotiskās īpašības, kas rodas tām fermentējoties kuņģa-zarnu trakta mikroflorā kopsaistē ar bifido- vai laktobaktērijām, tiek izmantotas par mikrofloras modulātoriem. Sēņu glikānu pamatstruktūra, neraugoties uz tās monosaharīdu sastāva vienkāršību, veido lineāras vai sazarotas virknes, kas saistītas (1→3)-, (1→4)-, (1→6)-glikozīdsaitēm pozīcijās, ar atšķirīgu vienību skaitu, secību un pat konformāciju. Dažādā bioķīmiskās iedarbības spēja tieši saistīta ar glikāna struktūras variācijām, kas jau guvušas piesaisti nosaukumiem no kurām tās izdalītas un raksturotas. Minētais atspoguļojas līdz šim no sēnēm izdalītajos grifolāna (*G. frondosa*), šizofilāna (*S. commune*), lentināna (*L. edodes*), kalocibāna (*C. indica*) un citus glikānu struktūrā (Synytsya et al. 2013). Glikānu izdalīšana tiek realizēta termiskas apstrādes ceļā ar ūdeni un ūdens sārnu šķīdumiem. Savukārt, sēņu pirmsapstrāde ietver viegli šķīstošo savienojumu aizvākšanu ar etanola/ūdens, acetona, retākos gadījumos ētera, hlороформа vai to kombināciju (Gong et al. 2020).

Par pētījuma mērķi izvirzīts polisaharīdu frakcijas secīgas izdalīšanas risinājums un detalizēts ķīmiskās struktūras raksturojums triju sugu meža sēnēm, kas ievāktas Latvijas ziemeļaustrumos. Pētāmo materiālu veidoja Cēsu un Valmieras novados 2023. gada septembra II dekādē ievāktie brūnās apšubekas (*L. duriusculum*), parastās apšubekas (*L. aurantiacum*) un gailenes (*C. cibarius*) augļķermeņi. Iegūto polisaharīdu sastāvs kontrolēts ar GC/MS (Sasaki et al 2005), TGA (Zavastin et al. 2018), CHNS un KMR (Yang et al. 2019) metodēm.

Sēņu šķiedras pirmējā izdalīšana realizēta ar ūdens/spirta (EtOH, 65%) ekstrakciju, kuras rezultātā tiek aizvākta šķīstošā daļa, kas ietver mono- un disaharīdus (trehaloze), sterīnus (ergosterols), vitamīnus (B5, B3), aminoskābes (glutamīnskābe, treonīns) un citus



savienojumus, kas kopumā veido 43 – 51 % no sēņu sausās masas. Ekstrakcija veikta dispersīvi ($60^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$, 7h.), nepārtrauktas maisīšanas režīmā. Atdalītajās nogulsnēs palikušās olbaltumvielas (1 – 12%) tiek aizvāktas ar 1% etiķskābi ($30^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$, 48h.). Otrajā apstrādes stadijā attīrītā šķiedra tiek pakļauta termiskai apstrādei ar ūdeni (1:20 w/v) (Al-Saffar et al. 2020). Maisījuma pH tiek ieregulēts līdz 7,0, izmantojot 20% Na_2CO_3 un karsēts 98°C temperatūrā 7h. Pēc karsēšanas ar 2M HCl tiek koriģēts šķīduma pH līdz 4,5 un izgulsnēti glikāni ar etanola palīdzību (1:1 v/v) pazeminātā temperatūrā (4°C). No gailēņu biomasas tiek iegūti (2 – 6%) glikāni, kuru polisaharīdu virkņu vienības saistītas $\beta\text{-Glup-(1}\rightarrow\text{3)}$, $\alpha\text{-Galp-(1}\rightarrow\text{3)}$, $(1\rightarrow\text{6)}$ un $\beta\text{-Manp-(1}\rightarrow\text{4)}$ glikozīdsaitēm, bet to virknes beidzas ar galaktopiranozi C1 pozīcijā. No brūnās apšubekas izdalītie glikāni (2 – 3%) veido virknes sazarojumu pie $\beta\text{-Manp-(1}\rightarrow\text{3,6)}$ vienībām, bet virknes elementus veido $\beta\text{-Galp-(1}\rightarrow\text{3)}$, $(1\rightarrow\text{6)}$ un $\beta\text{-Glup-(1}\rightarrow\text{6)}$ glikozīdsaites, kuras noslēdz $\text{Glup-(1}\rightarrow\text{)}$. Līdzīga glikānu konfigurācija iegūta no parastās apšubekas ar 4 – 5% iznākumu taču ar atšķirīgu galaktopiranozīda un glikopiranozīda attiecību, kas atbilst glikogēna struktūrai. Ar turpmāko šķiedras apstrādi, ko realizē 1M NaOH ūdens šķīdumā (1:6 w/v) ar 0,05% nātrija bordhidrīdu, 12h maisot 4°C temperatūrā, izdala sārmainā vidē šķīstošus glikānus (Baeva et al. 2019). Glikāni izgulsnēti ar etanola (1:1 v/v) pievienošanu un atdalītās nogulsnes mazgātas ar 0,4M HCl šķīdumu 80% etanolā. Sārmainā vidē šķīstošie glikāni, kas iegūti no gailenēm (6 – 10%) satur lineāras polisaharīdu virknes ar $\alpha\text{-Galp-(1}\rightarrow\text{3)}$ vienībām, bet brūnās un parastās apšubekas glikāni (6 – 8%) no lineāri strukturētām $\alpha\text{-Galp-(1}\rightarrow\text{6)}$ vienībām. Atlikušā spirta/ūdens frakcijas galaktoglikomannāni tiek izgulsnēti (4°C) pazeminātā temperatūrā pēc šķīduma neitralizācijas ar 36% HCl un spirta ietvaicēšanas. Iegūstamo galaktoglikomannānu daļa no gailenēm un parastās apšubekas sasniedz 2,5 – 4,5 %, bet no brūnās apšubekas 18 – 22%, attiecinot iznākumu pret sākotnējo sēņu sauso masu.

Secīgas apstrādes rezultātā no izplatītākajām Latvijas meža sēnēm, vidēji 80% no sēņu substances, tiek pārvērsta lietderīgā ekstraktmasā, no kuriem ap 8% veido amorfas struktūras glikānus, bet apšubekas gadījumā - glikogēnus, kas tiešā veidā izmantojami par imunomodulātoriem vai piedevu veidā, par funkcionālās pārtikas veidojošajiem modifikātoriem.

Izmantotā literatūra

- Synytsya, A., Novák, M. (2013). Structural diversity of fungal glucans. *Carbohydrate Polymers*, 92, 792– 809. DOI: 10.3978/j.issn.2305-5839.2014.02.07
- Gong P., Wang S., Liu M., Chen F., Yang W., Chang X., Liu N., Zhao Y., Wang J., Chen X. (2020). Extraction methods, chemical characterizations and biological activities of



- mushroom polysaccharides: a mini-review. *Carbohydrate Research* 494, 108037. DOI: 10.1016/j.carres.2020.108037
- Sasaki, G. L., Gorin, P. A. J., Souza, L. M., Czelusniak P. A., Iacomini, M. (2005). Rapid synthesis of partially O-methylated alditol acetate standards for GC–MS: some relative activities of hydroxyl groups of methyl glycopyranosides on Purdie methylation. *Carbohydrate Research*, 340, 731–739. DOI: 10.1016/j.carres.2005.01.020
- Zavastin, D. E., Biliutāb, G., Dodi, G., Macsim, A-M., Lisa, G., Gherman, S. P., Breabăn, I. G., Miron, A., Coseri, S. (2018). Metal content and crude polysaccharide characterization of selected mushrooms growing in Romania. *Journal of Food Composition and Analysis*, 67, 149-158. DOI: 10.1016/j.jfca.2018.01.011
- Yang, G., Qu, Y., Meng, Y., Wang, Y., Song, C., Cheng H., Li, X., Sun, L., Zhou, Y. (2019). A novel linear 3-O-methylated galactan isolated from *Cantharellus cibarius* activates macrophages. *Carbohydrate Polymers*, 214, 34-43. DOI : 10.1016/j.carbpol.2019.03.002
- Al-Saffar, A. Z., Hadi. N. A., Khalaf, H. M. (2020). Antitumor Activity of β -glucan Extracted from *Pleurotus eryngii*. *Indian Journal of Forensic Medicine and Toxicology*, 14 (3), 2493–2499. DOI: 10.37506/ijfmt.v14i3.10811
- Baeva, E., Bleha, R., Lavrova, E., Sushytskyi, L., Čopíková, J., Jablonsky, I., Klouček, P., Synytsya, A. (2019). Polysaccharides from basidiocarps of cultivating mushroom *Pleurotus ostreatus*: Isolation and structural characterization. *Molecules*, 24, 2740. DOI: 10.3390/molecules24152740



SKUJKOKU MEŽSAIMNIECĪBAS BLAKUSSTRAUMES BIOMASAS LIPOFĪLO FRAKCIJU EKSTRAKCIJA UN IZPĒTE

*Alise ZOMMERE¹, Linards KĻAVIŅŠ¹, Vizma NIKOLAJEVA², Agnese KUKELA¹, Kalle
KAIPANEN³, Risto KORPINEN³, Māris KĻAVIŅŠ¹*

¹ LU Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte, Vides zinātnes nodaļa, e-pasts:

alise.zommere@lu.lv; linards.klavins@lu.lv; maris.klavins@lu.lv

² LU Bioloģijas fakultāte, Mikrobioloģijas un biotehnoloģijas katedra, e-pasts: *vizma.nikolajeva@lu.lv*

³ Somijas Dabas resursu institūts (Luke), e-pasts: *kalle.kaipanen@luke.fi, risto.korpinen@luke.fi*

Skujkoku meži aizņem ievērojamu daudzumu Ziemeļeiropas un Baltijas jūras reģionu platības (Brus et al. 2012) un tiem ir svarīga nozīme aprites ekonomikā, sniedzot kokmateriālus, bioenerģiju un dažādas ķīmiskās vielas (Wolfslehner et al. 2016). Skujkoku ciršanas procesā rodas ievērojamas biomasas blakus plūsmas, piemēram, skuju un mazi zari, kuras šobrīd netiek plaši izmantoti, taču tām ir potenciāls izmantošanai aprites ekonomikā (Klavins et al. 2023). Šādu blakus plūsmu ekstrahēšanā parasti izmanto metodes, kuru pamatā ir ogļūdeņražu šķīdinātāji, piemēram, heksāns un petrolēteris, taču Eiropas Savienības centieni ilgtspējīgai izaugsmei ir vērsti uz degizrakteņu izmantošanas samazināšanu, kas iekļauj arī ogļūdeņražu šķīdinātājus (Fetting 2020). Lai šo mērķi atbalstītu, pētnieki meklē “zaļākas” metožu alternatīvas, par prioritāti izvirzot drošību un ietekmi uz vidi.

Skujkoku ekstrakti ir daudzsoļi dažādās nozarēs, pateicoties to antimikrobiālajām, antifungālajām un antioksidatīvajām īpašībām (Nikolic et al. 2023, Raitanen et al. 2020, Faggian et al. 2021). Šī pētījuma mērķis ir izstrādāt inovatīvas ekstrahēšanas metodes priežu un egļu biomasai, koncentrējoties uz ogļūdeņražu šķīdinātāju izslēgšanu vai samazinātu izmantošanu, kas ļautu iegūt vērtīgus lipofīlus savienojumus, kuri varētu tikt izmantoti uztura un kosmētikas nozarēs, kā arī izvērtēt iegūto ekstraktu antimikrobiālās, antifungālās un antioksidatīvās īpašības.

Priežu un egļu zari un skuju tika ievākti un tālāk ekstrahēti izmantojot tādas metodes kā macerāciju, ultraskaņas ekstrahēšanu, mikroviļņu ekstrahēšanu, ūdens-sārma ekstrahēšanu, kā arī superkritiskā CO₂ ekstrahēšanu. Šajās metodēs tika izmantoti dažādi šķīdinātāji, kā piemēram, ūdens, heksāns, metanols un citi. Ekstrakti tika frakcionēti skābo un neitrālo vielu daļās. Iegūtie ekstrakti tika analizēti izmantojot gāzu hromatogrāfijas masas spektrometriju, lai noteiktu to sastāvu un to kvantificētu, tika veiktas mikrobioloģiskās analīzes, lai noteiktu ekstraktu

minimālās baktericīdās, fungicīdās un inhibējošās koncentrācijas, kā arī tika veikti antioksidatīvās aktivitātes mērījumi.

Tika secināts, ka efektīvākā metode priežu biomasas ekstrakcijai ir macerācija izmantojot metanolu, taču egļu biomasas ekstrakcijai macerācija izmantojot butanolu. Augstākie kopējās ekstrakcijas daudzumi tika novēroti izmantojot spirtus - metanolu, etanolu un butanolu. Līdz pat 22% no priežu biomasas un 26% egļu biomasas var tikt ekstrahēti izmantojot macerāciju ar spirtiem.

Tika identificētas dažādas vielu grupas, kā piemēram, terpēni, steroli, fenolskābes, sveķskābes un citas. Tādām terpēnu grupas vielāma kā dehidroabietāls un epimanols ir novērotas bioloģiskās aktivitātes, kā piemēram, antifungālās īpašības un aktivitāte pret vēža šūnām (Feio et al. 2002, de Oliveira et al. 2016).

Visi analizētie ekstrakti uzrādīja antibakteriālu aktivitāti pret *S. aureus*, daži no tiem arī antifungālu aktivitāti pret tādām sēnēm kā *C. albicans*, *B. cinerea*, *A. flavus* un *A. niger*.

Visi analizētie ekstrakti uzrādīja antioksidatīvu aktivitāti, ar visaugstākajiem rādītājiem priežu izopropanola ekstrakta skābo vielu daļā.

Pētījuma rezultāti norāda uz iespējām aizvietot ogļūdeņražū šķīdinātājus ar videi nekaitīgākiem alternatīviem šķīdinātājiem, lai iegūtu skujuķoku biomasas ekstraktus, kuri satur lielu daudzumu augstvērtīgu savienojumu.

Izmantotā literatūra:

- Brus, D. J., Hengeveld, G. M., Walvoort, D. J. J., Goedhart, P. W., Heidema, A. H., Nabuurs, G. J. & Gunia, K. (2012). Statistical mapping of tree species over Europe. *European Journal of Forest Research*, 131, 145-157. <https://doi.org/10.1007/s10342-011-0513-5>
- Wolfslehner, B., Linser, S., Püzl, H., Bastrup-Birk, A., Camia, A. & Marchetti, M. (2016). Forest bioeconomy – a new scope for sustainability indicators. *From Science to Policy*, 4. <https://doi.org/10.36333/fs04>
- Klavins, L., Almonaitytė, K., Šalaševičienė, A., Zommere, A., Spalvis, K., Vincevica-Gaile, Z., Korpinen, R. & Klavins, M. (2023) Strategy of Coniferous Needle Biorefinery into Value-Added Products to Implement Circular Bioeconomy Concepts in Forestry Side Stream Utilization. *Molecules*, 28(20), 7085. <https://doi.org/10.3390/molecules28207085>
- Fetting, C. (2020) “The European Green Deal”, ESDN Report
- Nikolic, M., Andjic, M., Bradic, J., Kocovic, A., Tomovic, M., Samanovic, A.M., Jakovljevic, V., Veselinovic, M., Capo, I., Krstonosic, V., Kladar, N. & Petrovic, A. (2023) Topical Application of Siberian Pine Essential Oil Formulations Enhance Diabetic Wound Healing. *Pharmaceutics*, 15(10), 2437. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics15102437>
- Raitanen, J.E., Järvenpää, E., Korpinen, R., Mäkinen, S., Hellström, J., Kilpeläinen, P., Liimatainen, J., Ora, A., Tupasela, T. & Jyske, T. (2020) Tannins of Conifer Bark as Nordic Piquancy—Sustainable Preservative and Aroma? *Molecules*, 25(3), 567. <https://doi.org/10.3390/molecules25030567>



- Faggian, M., Bernabè, G., Ferrari, S., Francescato, S., Baratto, G., Castagliuolo, I., Dall'Acqua, S. & Peron, G. (2021) Polyphenol-Rich Larix decidua Bark Extract with Antimicrobial Activity against Respiratory-Tract Pathogens: A Novel Bioactive Ingredient with Potential Pharmaceutical and Nutraceutical Applications. *Antibiotics*, 10(7), 789. <https://doi.org/10.3390/antibiotics10070789>
- Feio, S.S., Silva, A.M., Reis, L., Gigante, B., Roseiro, J.C. & Marcelo-Curto, M.J. (2002). Antimicrobial Activity of Dehydroabietic Acid Derivatives (II). *Proceedings of the Phytochemical Society of Europe*, 47, 241-247. https://doi.org/10.1007/978-94-015-9876-7_25
- de Oliveira, P. F., Munari, C. C., Nicolella, H. D., Veneziani, R. C. & Tavares, D. C. (2016). Manool, a Salvia officinalis diterpene, induces selective cytotoxicity in cancer cells. *Cytotechnology*, 68(5), 2139–2143. <https://doi.org/10.1007/s10616-015-9927-0>

Pateicības

Šī pētījuma tapšanu atbalstīja Interreg projekts “Inovācija mežsaimniecības biomasas atlikumu pārstrādē: virzībā uz aprites mežsaimniecību, veidojot pievienotās vērtības produktus – Ceforestry” (projekta identifikācijas Nr. #C023) no Eiropas Savienības Baltijas jūras reģiona programmas 2021.-2027. gadam līdzekļiem.



DAŽĀDU JONU APMAIŅAS SVEĶU SALĪDZINĀJUMS FENOLU ATGŪŠANAI NO KOKSNES PIROLĪZES PRODUKTIEM

M. ROMANOVSKIS, K. MEILE

Latvijas Valsts koksnes ķīmijas institūts, e-pasts: martins.romanovskis.mrr@gmail.com, kristine.meile@kki.lv

Zinātniskais pētījums ir izstrādāts biorafinēšanas nozarē, kas nozīmē, ka tā galvenais mērķis ir iegūt maksimālu vērtību no vienas biomasas izcelsmes izejvielas. Šī pētījuma mērķis ir no lignocelulozes (priekšapstrādātas bērza koksnes) pirolīzes kondensāta iegūt maksimālu fenolu iznākumu, lai palielinātu procesa komercializējamo produktu skaitu un tā ekonomisko izdevīgumu. Dažas no vērtīgākajām vielām, kas atrodamas bērza lignocelulozes pirolīzes produktos un kuras būtu vērts atdalīt un attīrīt, ir levoglikozāns un dažādi fenoli. Ņemot vērā, ka pētāmie jonu apmaiņas sveķi var tikt lietoti fenolu adsorbijā, tika veikts pētījums, lai noskaidrotu, kurš no dotajiem sorbentiem ir visefektīvākais fenolu frakcijas atdalīšanā.

Pētījumā tika salīdzināti dažādi anjonu apmaiņas sveķi gan to OH^- , gan Cl^- formā, kā arī polistirola divinilbenzola sveķi, kuriem nav funkcionālo grupu. Pirolīzes paraugus ar koncentrāciju 12,5 g/L apstrādāja ar sveķiem un adsorbijas daudzumu noteica ar UV/VIS spektrofotometru. Fenolu frakcijas desorbiju noteica sveķus skalojot ar metanola/ūdens/etiķskābes maisījumu (50/40/10), kā arī paraugi tika analizēti ar apgrieztās fāzes ultra augstefektīvo šķidrums hromatogrāfiju, pierādot, ka sveķi selektīvi adsorbēja fenolus, bet ne furānus un ogļhidrātus.

Pētījumā atklājās, ka vairumā gadījumu jonu apmaiņas sveķiem to OH^- formā, bija līdzīgi augsta fenolu frakcijas adsorbijas spēja $> 80\%$, bet Cl^- tā bija ievērojami zemāka (20 - 43% samazinājums), kamēr nefunkcionalizētie sveķi atkarībā no to poru izmēra adsorbēja 52% vai 15% no fenolu frakcijas. Izmantojot metanola/ūdens/etiķskābes maisījumu, augstākā fenolu atgūstamība bija 53,4%, ko ieguva ar Lewatit S5528 sveķiem, tos atkārtoti skalojot ar šķīdinātāju maisījumu. Rezultāti parāda, ka sorbenta pretjona veidam ir lielāka ietekme uz fenolu sorbciju nekā sorbenta matricas veidam.

Visus jonu apmaiņas sveķus ir iespējams atkārtoti izmantot fenolu adsorbijā, tos reģenerējot, vidēji tos var reģenerēt vismaz piecas reizes. Tika pierādīts, ka jonu apmaiņas sveķus var efektīvi izmantot pirolīzes kondensāta frakcionēšanā, tomēr ir jāveic metodes optimizācija, lai procesā būtu mazāks ūdens un enerģijas patēriņš.

DZĪVES CIKLA NOVĒRTĒJUMS SUBERĪNSKĀBJU IEGUVEI NO EKSTRAHĒTAS BĒRZA TĀSS

Anda FRIDRIHSONE¹, Aigars PĀŽE², Jānis RIŽIKOVŠ²

¹ Latvijas Valsts koksnes ķīmijas institūts, Polimēru laboratorija, e-pasts: anda.fridrihsone@kki.lv

² Latvijas Valsts koksnes ķīmijas institūts, Biorafinēšanas laboratorija, e-pasts: aigars.paze@kki.lv;
janis.rizikovs@kki.lv

Rūpnieciskai izmantošanai bērzus audzē vidēji 70 gadus. Bērza koksni izmanto mēbeļu un būvmateriālu ražošanai, jo tas ir izturīgs materiāls. Bērzs ir otra izplatītākā koku suga Latvijā, kas nodrošina plašas izejvielu bāzes pieejamību. Aptuveni 12,5% no bērza finiera kluču masas šajā vecumā sastāda miza.

Latvijas Valsts koksnes ķīmijas institūts saskata lielu potenciālu bērza tāss izmantošanā, jo tajā ir aptuveni 30% betulīnu saturošu ekstraktvielu, 16,4% – ligno-ogļhidrātu komplekss (galvenokārt lignīns, celuloze, monosaharīdi un polifenolu savienojumi) un 53,6% – suberīns. Bērza tāsi ekstrahē, lai iegūtu betulīnu saturošās ekstraktvielas, savukārt atlikums pēc bērza tāss ekstrakcijas satur aptuveni 75% suberīnskābju un 25% ligno-ogļhidrātu kompleksa. Ekstrahētā bērza tāss joprojām satur vērtīgus savienojumus, ko var izdalīt turpmākai valorizēšanai, lai iegūtu vērtīgus savienojumus. Veicot suberīna hidrolītisko depolimerizāciju sārmainā vidē, var izdalīt suberīnskābes, ko pēc var tam izmantot bio-poliolu sintēzē, ko savukārt izmanto poliuretāna materiālu ieguvē.

Darba mērķis bija veikt visaptverošu “no šūpuļa līdz vārtiem” dzīves cikla novērtējumu suberīnskābju ieguvei no ekstrahētas bērza tāss laboratorijas apstākļos 30 L reaktorā. Kā funkcionālā vienība tika izvēlēts 1 kg suberīnskābes, rēķinot uz absolūti sausu masu. Sistēmas robežas ietver pilnīgu suberīnskābju ieguves procesu 30 L pārtrauktas darbības reaktorā. Izmantošana, transports, infrastruktūra un produkta dzīves beigu posms nav iekļauts sistēmas robežās. Suberīnskābju ieguves inventarizācija ir balstīta laboratorijas apstākļos eksperimentāli iegūtos datos. Informācija par fona procesiem tika iegūta no ecoinvent v3.8 datubāzes. Tika salīdzināti divi suberīnskābju ieguves procesi, kur vienā gadījumā iegūst suberīnskābes ar augstu skābes grupu saturu, savukārt otrā gadījumā ar augstu epoksīda grupu saturu. Potenciālā ietekme uz vidi tika novērtētā pie divām sadalījuma metodēm – ekonomiskā un masas sadalījuma.

Izvēlētās dzīves cikla ietekmes novērtējuma metodes bija kumulatīvais enerģijas pieprasījums, kas nosaka tiešo un netiešo enerģijas patēriņu MJ vienībās visā produkta vai



procesa dzīves ciklā. Globālais sasilšanas potenciāls (GSP) tika novērtēts ar IPCC 2021 GSP 100 metodi, kas satur IPCC klimata pārmaiņu faktoros ar 100 gadu laika horizontu. Izmantota arī ReCiPe galapunktu ietekmes uz vidi novērtējuma metode.

Rezultāti ļāva identificēt katra procesa karstos punktus, kuru optimizācija ļautu samazināt potenciālo ietekmi uz vidi, kā arī salīdzināt kurš no suberīnskābju ieguves procesiem ir videi draudzīgāks. Tika novērtēta arī izvēlētas sadalījuma metodes ietekme uz vides raksturlielumiem.

Pateicības

Šo pētījumu finansē ERAF, projekts “Bērza miza kā vērtīga, atjaunojama izejviela bez-formaldehīda skaidu plātņu un suberīnskābju poliolu iegūšanai poliuretānu izstrādei”, projekta Nr. 1.1.1.1/19/A/089.



BIOOGLES ENERĢIJAS IEGŪŠANAI UN UZKRĀŠANAI: BIOMASAS KARBONIZĀCIJA, AKTIVĀCIJA UN DOPĒŠANA

***Kalvis LIEPIŅŠ, Ance PĻAVNIECE, Aivars ŽŪRIŅŠ, Aleksandrs VOLPERTS, Gaļina
DOBELE***

Latvijas Valsts Koksnes ķīmijas institūts, e-pasts: kalvis.liepins@kki.lv

Oglekļa materiāli tiek plaši pielietoti elektroķīmijā, katalīzē, kaitīgu vielu adsorbijā un daudzās citās jomās. Kvēpi, grafīts, grafēns, oglekļa šķiedra un aktīvētās ogles ir pierādījuši sevi, kā vērtīgus materiālus, taču tos pamatā iegūst no fosilajām izejvielām. Tādēļ pašlaik aizvien lielāka uzmanība tiek vērsta uz atjaunoties spējīgu oglekļa materiālu – biooglēm.

Bioogles tiek iegūtas karbonizējot dažāda veida biomasu, t.sk. koksni. Ņemot vērā, ka par izejvielu var izmantot arī mazvērtīgus biomasas pārstrādes blakusproduktus un atkritumus, bioogles nākotnē var būt ekonomisks, dabai draudzīgs un ilgtspējīgs oglekļa materiālu ieguves avots.

Bioogles var iestrādāt lauksaimniecības zemēs, lai sekvestrētu oglekli, vai izmantot kā cieto kurināmo, taču tās modificējot, piemēram, veicot aktivāciju vai dopēšanu ar slāpekli un metāliem, var iegūt oglekļa materiālus ar augstu pievienoto vērtību, kas spēj aizstāt dārgus komerciālus elektrodu materiālus un elektroķīmiskos katalizatorus.

Latvijas Valsts koksnes ķīmijas institūtā jau 10 gadus tiek veikti pētījumi par bioogļu sintēzi un modifikāciju, lai iegūtu elektroķīmijai piemērotus oglekļa materiālus, kas pielietojami superkondensatoros un degvielas šūnās kā ORR katalizatori. Veicot elektroķīmijas eksperimentus konstatēts, ka iegūtie materiāli ir konkurētspējīgi ar pašreizējiem komerciāliem materiāliem.

Šajā apskatā apkopoti galvenie pētījumu rezultāti, parādot bioogļu sintēzi dažādās karbonizācijas iekārtās, to termokīmisko aktivāciju, dopēšanu, kā arī iegūto oglekļa materiālu raksturošanu ar tādām metodēm kā: SEM, slāpekļa sorbciju, elementanalīzi, Ramana spektroskopiju, XRD un XPS.

DZĪVES CIKLA NOVĒRTĒJUMS BIO-AKRILĀTA SINTĒZEI NO CELULOZES RAŽOŠANAS BLAKUSPRODUKTIEM

Anda FRIDRIHSONE, Ralfs POMILOVSKIS, Arnis ĀBOLIŅŠ, Miķelis KIRPLUKS

*Latvijas Valsts koksnes ķīmijas institūts, Polimēru laboratorija, e-pasts: anda.fridrihsone@kki.lv,
ralfs.pomilovskis@kki.lv, arnis.abolins@kki.lv, mikelis.kirpluks@kki.lv*

Ierobežotie fosilie resursi un dažādie ar vidi saistītie jautājumi, no kuriem viens no neatliekamākajiem ir globālā sasilšana un tās ietekme uz klimatu, ir veicinājuši materiālu no atjaunojamām izejvielām renesansi. Latvijas Valsts koksnes ķīmijas institūta pētnieku grupas mērķis bija radīt termoreaktīvos polimērus uz atjaunojamo izejvielu bāzes, izmantojot oglekļa Maikla pievienošanās reakciju starp sintezētajiem acetoacetātiem un akrilātiem no taleļļas (TOFA), kas ir celulozes ražošanas blakusprodukts. Pirmais solis bija bio-akrilātu sintēzes process, ko detalizēti ir prezentējis Pomilovskis et al. 2023, kā arī ir demonstrējis sintezētā bio-akrilāta pielietojumu termoreaktīvu polimērmateriālu ieguvē.

Darba mērķis bija veikt visaptverošu “no šūpuļa līdz vārtiem” dzīves cikla novērtējumu bio-akrilāta sintēzei no celulozes ražošanas blakusprodukta TOFA laboratorijas apstākļos. Kā funkcionālā vienība tika izvēlēts 1 kg sintezētā TOFA akrilāta. Sistēmas robežas ietver pilnīgu bio-akrilāta sintēzes procesu laboratorijas mērogā 1 L pārtrauktas darbības reaktorā. Izmantošana, transports, infrastruktūra un produkta dzīves beigu posms nav iekļauts sistēmas robežās. Taleļļas bio-akrilāta inventarizācija ir balstīta laboratorijas apstākļos eksperimentāli iegūtos datos. Informācija par fona procesiem tika iegūta no ecoinvent v3.8 datubāzes.

Izvēlētās dzīves cikla ietekmes novērtējuma metodes bija kumulatīvais enerģijas pieprasījums, kas nosaka tiešo un netiešo enerģijas patēriņu MJ vienībās visā produkta vai procesa dzīves ciklā. Globālais sasilšanas potenciāls (GSP) tika novērtēts ar IPCC 2021 GSP 100 metodi, kas satur IPCC klimata pārmaiņu faktoros ar 100 gadu laika horizontu.

Kopumā kopējais kumulatīvais enerģijas pieprasījums bio-akrilāta sintēzei laboratorijas mērogā ir 368 MJ/kg. Ja kumulatīvo enerģijas pieprasījumu analizē pēc ietekmes kategorijām, neatjaunojamās primārās enerģijas izmantošana sastāda 80,2% no kopējā, savukārt atjaunojamās primārās enerģijas izmantošana veido 19,8%. Vislielākā ietekme ir sintēzes procesā izmantotajam šķīdinātājam, kam seko TOFA un akrilēšanas katalizators. Sintēzes procesā patērētās elektrības ietekme ir 10%. GSP rezultāti parādīja, ka kopējais GSP bio-akrilātam no taleļļas ir 12,3 kg CO₂ ekv. Vislielāko ietekmi deva šķīdinātāja izmantošana



akrilēšanas reakcijā, bet tā tika samazināta šķīdinātāju reciklējot. Pie citiem nozīmīgiem oglekļa emisijas avotiem jāmin arī akrilēšanas katalizators ar 22,8%, akrilēšanas reaģents ar 17,3% ietekmi, savukārt izejvielas TOFA ietekme bija 9,6% un izmantotās elektrības 11,8%.

Jutīguma analīze tika veikta, lai novērtētu dažādus faktoru (energoresursu struktūras, šķīdinātāja maiņas un katalizatoru maiņas ietekmi) uz ekoloģiskajiem raksturlielumiem.

Izmantotā literatūra

Pomilovskis, R., Kaulina, E., Mierina, I., Abolins, A., Kockova, O., Fridrihsone, A., Kirpluks, M. Wood pulp industry by-product valorization for acrylate synthesis and bio-based polymer development via Michael addition reaction. *Journal of Bioresources and Bioproducts*, 8, 265-279. <https://doi.org/10.1016/j.jobab.2023.06.001>

Pateicības

Šo pētījumu finansē Latvijas Zinātnes padome, projekts “Augsta atjaunojamo vielu satura termoreaktīvo polimēru izstrāde no augu izcelsmes eļļām (Bio-Mer)”, projekta Nr. Izp-2020/1-0385.