



Záverečná karta projektu

Názov projektu

Evidenčné číslo projektu

APVV-18-0240

Predspracovanie lesnej dendromasy pre kvapalné biopalivá II. generácie

Zodpovedný riešiteľ **Ing. Andrej Pažitný**

Príjemca **Výskumný ústav papiera a celulózy a.s.**

Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

1. Výskumný ústav papiera a celulózy, a.s. v Bratislave
2. Enviral, a.s. v Leopoldove
3. Oddelenie dreva, celulózy a papiera Fakulty chemickej a potravinárskej technológie Slovenskej technickej univerzity v Bratislave

Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

Zahraničné pracovisko nespôlpracovalo na riešení projektu.

Udelené patenty/podané patentové prihlášky, vynálezy alebo úžitkové vzory, ktoré sú výsledkami projektu

Pažitný, A., Boháček, Š., Halaj, M., Ilnát, V., Šutý, Š., 2021: "Spôsob výroby hydrolyzátu s vyššou koncentráciou monosacharidov z lignocelulóзовých materiálov", Výskumný ústav papiera a celulózy, a.s. v Bratislave. PP 50031-2021 (ÚPV SR, 14.05.2021), TRL 4.

Najvýznamnejšie publikácie (knihy, články, prednášky, správy a pod.) zhrňujúce výsledky projektu – uveďte aj publikácie prijaté do tlače

1. Pažitný, A., Ilnát, V., Boháček, Š., Russ, A., Balberčák, J., Fišerová, M., Stankovská, M., Kuňa, V., Havlín, D., Gallová, J., Páteková, M., Cvičela, P.: Metodika prvej mechanickej deštrukcie lesnej biomasy pre 2G bioetanol. Zborník výskumných prác VÚPC, a.s., Výskumná správa 3278 (2019).
2. Pažitný, A.: Steam explosion of wood particles from fibreboard and particle board with indirect control by enzymatic hydrolysis. Acta Chimica Slovaca 12 (2): 185-191 (2019), ISSN 1339-3065.
3. Pažitný, A., Russ, A., Stankovská, M., Ilnát, V.: Bioetanol z dendromasy. Dostupné celulóзовé zdroje a ich spracovanie. Zborník výskumných prác Centra pre rozvoj drevárskeho, nábytkárskeho a celulóзо-papierenského priemyslu, Výskumná správa, s. 4-14 (Bratislava, 89 strán, január 2020), ISBN 978-80-973573-0-6. Dostupné on-line: www.centrumdp.sk.
4. Pažitný, A., Russ, A., Boháček, Š., Šutý, Š., Ilnát, V.: Perspective pretreatment method of beech and poplar wood and wheat straw in 2G biofuel production processing. Nova Biotechnologica et Chimica 19 (1): 89-97 (2020), ISSN 1338-6905.
5. Pažitný, A., Boháček, Š., Ilnát, V., Šutý, Š.: Bioetanol II. generácie na báze dendromasy. Wood, Pulp and Paper 2020, Polygrafia Academica 2020 - WPP a PA 2020: vedecká konferencia, s. 203-207 (Bratislava, 332 strán, október 2020), ISBN 978-80-8208-036-3. Dostupné on-line: <https://wpppa.educell.sk/>.

6. Pažitný, A., Boháček, Š., Ilnát, V., Šutý, Š.: Utilization of beech and poplar wastes in pretreatment processes for 2G biofuel production controlled by enzymatic hydrolysis. Wood, Pulp and Paper 2020, Polygrafia Academica 2020 - WPP a PA 2020: vedecká konferencia, s. 253-257 (Bratislava, 332 strán, október 2020), ISBN 978-80-8208-036-3. Dostupné on-line: <https://wpppa.educell.sk/>.
7. Pažitný, A., Halaj, M., Russ, A., Boháček, Š., Ilnát, V., Skotnicová, I., Šutý, Š.: Steam explosion and steam extrusion pretreatment as auxiliary methods for concentration enhancement of monosaccharides from hydrolysates based on selected lignocellulosic materials. ChemZi 17(1): 149-150 (7P10), Zborník abstraktov konferencie 73. Zjazd Chemikov (Vysoké Tatry, Horný Smokovec, Slovenská republika, 271 strán, 6. – 10. september 2021), ISSN 1336-7242. Dostupné on-line: <https://73zjazd.schems.sk/>.
8. Pažitný, A., Russ, A., Boháček, Š., Halaj, M., Šutý, Š., Skotnicová, I., Ilnát, V.: New approaches in pretreatment methods of beech particles in enzymatic hydrolysis – effect of impregnation time and reactor selection. Nova Biotechnologica et Chimica: v tlači (článok evidovaný pod číslom 1247, 2021), ISSN 1338-6905.
9. Pažitný, A., Russ, A., Stankovská, M., Ilnát, V., Šutý, Š.: Predspracovanie vybraných druhov dendromasy parnou explóziou a parnou extrúziou, ako nástroj pre zvyšovanie produkcie monosacharidov pre výrobu 2G biopalív. Zborník výskumných prác Centra pre rozvoj drevárskeho, nábytkárskeho a celulózo-papierenského priemyslu, Výskumná správa, s. 31-42 (Bratislava, 87 strán, január 2022). Dostupné on-line: www.centrumdp.sk.
10. Pažitný, A., Halaj, M., Russ, A., Boháček, Š., Ilnát, V., Skotnicová, I., Šutý, Š., 2022: Steam explosion and steam extrusion pretreatment as auxiliary methods for concentration enhancement of monosaccharides from hydrolysates based on the selected lignocellulosic materials. Monatshefte für Chemie - Chemical Monthly, ISSN 1434-4475.

Uplatnenie výsledkov projektu

Výsledky projektu majú uplatnenie vo výrobe kvapalných biopalív II. generácie. Spomedzi všetkých konceptov a zistení v rámci projektu má najväčšie uplatnenie návrh technológie predspracovania lesnej dendromasy pre výrobu druhej generácie kvapalných biopalív, ktorý zahŕňa dávkovanie mechanicky dezintegrovanej lesnej dendromasy s následným riedením čerstvou upravenou vodou na konzistenciu 68,5 % absolútne suchej hmoty. Po tomto kroku nasleduje separácia nečistôt, pričom ďalším dôležitým krokom je alkalizácia dendromasy, kde sa použije hydroxid sodný so zanáškou 6 % na absolútne suchý substrát na báze lesnej dendromasy. V ďalšom kroku je nutné upraviť konzistenciu na úroveň 40,0 % z dôvodu optimálneho priebehu extrúzie pri vysokej teplote. Za extrúznym stupňom je zaradená neutralizácia a prací stupeň s príslušným riedením čerstvou upravenou vodou na konzistenciu 12,5 % absolútne suchého substrátu na báze lesnej dendromasy. Konzistencia mechanicky a termo-hydro-mechanicky predspracovaného substrátu na báze lesnej dendromasy bola stanovená v rámci optimalizácie podmienok enzymatickej hydrolýzy, pričom daný termo-hydro-mechanicky predspracovaný substrát možno uplatniť pri výrobe hydrolyzátu pôsobením enzýmových preparátov a relevantných pomocných činidiel. Ochranu autorských práv k výsledkom výskumu zabezpečuje patentová prihláška "Pažitný, A., Boháček, Š., Halaj, M., Ilnát, V., Šutý, Š., 2021: "Spôsob výroby hydrolyzátu s vyššou koncentráciou monosacharidov z lignocelulózových materiálov", Výskumný ústav papiera a celulózy, a.s. v Bratislave. PP 50031-2021 (ÚPV SR, 14.05.2021)".

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v slovenskom jazyku (max. 20 riadkov)

Počas riešenia projektu bol optimalizovaný proces predspracovania drevnej biomasy pomocou parnej explózie, parnej extrúzie a alkalickéj extrúzie za účelom sprístupnenia polysacharidov v dendromase. Pre priemyselné využitie má najväčší význam kontinuálna modifikácia parnej explózie, teda parná alebo alkalická extrúzia. Ako najvhodnejšie lignocelulózové substráty z pohľadu ich dostupnosti na území Slovenskej republiky ako aj z pohľadu zisteného chemického zloženia a porovnávania s dostupnými údajmi boli vybrané tri základné typy dendromasy. Zástupcami pomaly rastúcich drevín boli buk lesný a smrek obyčajný a zástupcom rýchlorastúcich drevín bol topoľ biely. V prípade topoľa bieleho boli realizované laboratórne a poloprevádzkové experimenty s jeho rôznymi časťami – s jadrom, belou a výmladkami. Boli optimalizované podmienky enzymatickej hydrolýzy s ohľadom na zvyšovanie výťažku monosacharidov, čo je predmetom priemyselno-právnej ochrany.

Najvyšší celkový podiel monosacharidov na úrovni 90 g/L bol dosiahnutý v prípade hydrolyzátu frakcionovaného jadra odkôrneného topoľového dreva predspracovaného parnou explóziou pri teplote 205 °C v čase hydrolyzy 72 hodín. Najvyšší podiel samotnej glukózy na úrovni 70 g/L bol pre tento substrát zistený v čase 48 hodín. Pre parnú alebo alkalickú extrúziu je vhodným substrátom buk, nakoľko najvyšší podiel celkových monosacharidov bol dosiahnutý na úrovni 57 g/L v prípade bukových častíc po alkalickej extrúzii v čase 24 hodín od začiatku hydrolyzy. Vo finálnej projektovej etape bola na základe patentovej prihlášky navrhnutá technológia predspracovania lesnej dendromasy pre výrobu II. generácie kvapalných biopalív.

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v anglickom jazyku (max. 20 riadkov)

During the project implementation, the pretreatment process of wood biomass was optimized using steam explosion, steam extrusion and alkaline extrusion in order to make polysaccharides in dendromass accessible. Continuous modification of the steam explosion, i.e. steam or alkaline extrusion, is of greatest importance for the industrial use. Three basic types of dendromass were selected as the most suitable lignocellulosic substrates based on their availability on the territory of the Slovak Republic as well as the chemical composition determined and compared with the available data. The representatives of slow-growing trees were beech and Norway spruce, and the representative of fast-growing trees was white poplar. In case of white poplar, laboratory and semi-operational experiments were carried out with its various parts – heartwood, sapwood and coppice. The conditions of enzymatic hydrolysis were optimized with regard to increasing the proportion of monosaccharides, which is the subject of industrial property. The highest total proportion of monosaccharides at the level of 90 g/L was achieved in case of hydrolyzate of the fractionated heartwood of debarked poplar pretreated by steam explosion at a temperature of 205 °C during hydrolysis time of 72 hours. The highest proportion of glucose at the level of 70 g/L was found for this substrate at 48 hours. Beech is a suitable substrate for steam or alkaline extrusion, as the highest proportion of total monosaccharides was reached at the level of 57 g/L in case of beech particles after alkaline extrusion within 24 hours from the start of hydrolysis. Forest dendromass pretreatment technology for the 2nd generation liquid biofuel production was proposed in the final project stage based on the patent application.