

Záverečná karta projektu

Názov projektu Evidenčné číslo projektu **APVV-14-0393****Komplexné využitie extraktívnych zlúčenín kôry**Zodpovedný riešiteľ **prof. Ing. Dušan Bakoš, DrSc.**Príjemca **Slovenská technická univerzita v Bratislave****Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený**

Slovenská technická univerzita v Bratislave (STUBA):

1/ Fakulta chemickej a potravinárskej technológie (FCHPT),

2/ Strojnícka fakulta (SjF)

Spoluriešiteľské organizácie:

1/ Univerzita sv. Cyrila a Metoda v Trnave - Fakulta prírodných vied

2/ ICARST, n. o. (Medzinárodné centrum pre aplikovaný výskum a udržateľné technológie)

3/ Ústav ekológie lesa SAV

Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

Na základe riešenia projektu APVV-14-0393 (Komplexné využitie extraktívnych zlúčenín kôry),

sme boli požiadaní Kompetenčným centrom Drevo (Kompetenzzentrum Holz GMBH, WoodKPlus), Rakúsko, o spoluprácu pri podaní projektu HORIZON 2020.

Projekt High-PERformance Functional Ingredients from alternative sources (HIPERFI), bol podaný a získal 13,5 bodov z 15 bodov (limit na financovanie bol 11 bodov).

Vzhľadom na počet projektov, ktoré mali podobné hodnotenie, je tento projekt zaradený na čakanie na dodatočné financovanie.

V projekte HIPERFI sa zúčastnilo 13 partnerov zo 6 krajín:

1/ Rakúsko - 4 partneri (WoodKPlus, Sappi, Agromed Austria, TU Wien),

2/ Holandsko - 1 partner (Sappi),

3/ Nemecko - 5 partnerov (HTCycle GMBH, Fraunhofer, Universitaet Hohenheim, Van Hees GmbH),

4/ Spojené Kráľovstvo - 1 partner (Unilever UK),

5/ Fínsko - 1 partner (Luonnonvarakeskus),

6/ Slovensko - 2 partneri (Slovenská Technická Univerzita v Bratislave, Calendula).

Druhé zahraničné spolupracujúce pracovisko bolo Deutsches Biomasseforschungszentrum (DBFZ), Nemecko.

Spoločne riešime medzinárodný projekt Transnational Renewable Energy Cluster (TREC-Danube).

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

1/ Jablonský M., Ház A., Sládková A., Škulcová., Šurina, I.: Spôsob stanovenia obsahu metoxylových skupín v lignínoch, lignosulfonátoch a ich derivátoch,

Číslo prihlášky: PUV 7536-2016, Dátum podania: 17. 6. 2016, Číslo úžitkového vzoru 7536.

Banská Bystrica, Úrad priemyselného vlastníctva Slovenskej republiky. (2018).

Dátum nadobudnutia účinkov úžitkového vzoru: 05.09.2016

2/ Kreps, F., Burčová, Z., Schmidt, Š., Šurina, I.: Spôsob úpravy lipidov umožňujúci analýzu voľnej a viazanej formy antioxidantov,

Číslo prihlášky: PUV 50115-2016, Dátum podania: 27. 10. 2016, Číslo úžitkového vzoru 50115.

Banská Bystrica, Úrad priemyselného vlastníctva Slovenskej republiky. (2018).

Dátum nadobudnutia účinkov úžitkového vzoru: 03.11.2017

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

Výber z publikácií za roky 2015-2019

1) Alexandra Sládková, Martina Benedeková, Ján Stopka, Igor Šurina, Ales Haz, Petra Strižincová, Katarína Čižová, Skulcova Andrea, Zuzana Burčová, Frantisek Kreps, Jozef Šima, Michal Jablonsky: Yield of Polyphenolic

Substances Extracted From Spruce (Picea abies) Bark by Microwave-Assisted Extraction In: Bioresources 2016, Vol. 11, Iss. 4, 9912-9921, Impakt faktor: 1.321

2) Jablonský Michal, Nosaľová Jaroslava, Sládková Alexandra, Ház Aleš, Kreps František, Váľka Jozef, Miertuš Stanislav, Frecer Vladimír, Ondrejovič Miroslav, Šima Jozef, Šurina Igor: Valorisation of softwood bark through

extraction of utilizable chemicals. A review. In Biotechnology advances. Vol. 35, Iss. 6 (2017), s. 726-750. ISSN 0734-9750. V databáze CC: 000410011800006; DOI:

10.1016/j.biotechadv.2017.07.007. Impakt faktor: 10,597

3) Kreps František, Burčová Zuzana, Jablonský Michal, Ház Aleš, Frecer Vladimír, Kyselka Jan, Schmidt Štefan, Šurina Igor, Filip Vladimír: Bioresource of Antioxidant and Potential Medicinal Compounds from Waste Biomass of

spruce. In ACS Sustainable Chemistry and Engineering. Vol. 5, Iss. 9 (2017), s. 8161-8170. ISSN 2168-0485. V databáze CC: 000410006200079; DOI:

10.1021/acssuschemeng.7b01816. Impakt faktor: 5,951

4) Burčová Zuzana, Kreps František, Greifová Mária, Jablonský Michal, Ház Aleš, Schmidt Štefan, Šurina Igor: Antibacterial and antifungal activity of phytosterols and methyl dehydroabietate of Norway spruce bark extracts. Journal

of Biotechnology, 282. p. 18-24. (2018). doi.org/10.1016/j.jbiotec.2018.06.340, Impakt faktor: 2,599

5) Jablonský Michal, Škulcová Andrea, Romero Ana Malvis, Šima Jozef: Extraction of value-added components from food industry based and agro-forest biowastes by deep eutectic solvents. In Journal of Biotechnology. 2018, p.

46-66. (2018). DOI: 10.1016/j.jbiotec.2018.06.349, Impakt faktor: 2,533

6) Alexandra Sládková, Ján Stopka, Aleš Ház, Petra Strižincová, Igor Šurina, František Kreps, Zuzana Burčová, Michal Jablonský: Microwave-assisted Extraction of Spruce Bark: Statistical Optimization Using Box-Behnken Design,

BioResources 13 (4), p. 8993-9004 (2018). Impakt faktor: 1,334

7) Burčová, Z., Kreps, F., Strižincová, P., Ház, A., Jablonský, M., Šurina, I., Schmidt, Š.: Spruce Bark as a Source of Antioxidant Active Substances. BioResources, ISSN: 1930-2126, 2019, 14(3), 5980-5987. Impakt faktor: 1,202

Uplatnenie výsledkov projektu

1/ Riešenie projektu APVV-14-0393 a jeho význam pre oblasť vedy a výskumu:

Výsledky riešenia projektu rozšírili vedecké poznatky o spôsoby extrakcie látok s pridanou hodnotou zo suroviny, ktorá sa štandardne, či už na Slovensku alebo v zahraničí, prednostne len spaľuje alebo kompostuje. Projekt priniesol súhrnné informácie o podmienkach extrakcie týchto látok s využitím polárnych, ale aj nepolárnych zlúčenín, a s využitím rôznych typov extrakčných techník (urýchlená extrakcia rozpúšťadlom, superkritická extrakcia s CO₂, mikrovlnná extrakcia a Soxhletova extrakcia). Výsledky riešenia projektu je možné priamo aplikovať a využiť v procesoch separácie a následnej purifikácie zmesí s obsahom mastných kyselín a fenolických látok pomocou superkritickej extrakcie s CO₂. Poznatky o mikrobiálnej aktivite jednotlivých zložiek extraktov je možné využiť pri zvyšovaní odolnosti materiálov, ktoré môžu byť vystavené pôsobeniu mikroorganizmov.

Výsledky riešenia projektu sa zverejnili v 135 publikačných výstupoch:

v 32 Current Contents publikáciách: 4 (2015), 7 (2016), 4 (2017), 10 (2018), 7 (2019),

v 15 recenzovaných publikáciách: 4 (2015), 4 (2016), 2 (2017), 1 (2018), 4 (2019).
v 88 nerecenzovaných publikáciách: 7 (2015), 23 (2016), 28 (2017), 18 (2018), 12 (2019).
Diseminácia výsledkov riešenia projektu zvýšila kredit pracoviska a aj riešiteľského kolektívu. Riešením projektu sa pracovisku umožnilo sa zverejniť v zahraničných vedeckých kruhoch a zároveň napomohlo k nadviazaniu spolupráci so mnohými zahraničnými pracoviskami.

Významným výsledkom riešenia projektu je aj interdisciplinárna spolupráca s viacerými pracoviskami a odborníkmi. Riešiteľský kolektív projektu a jednotlivé pracoviská majú k dispozícii potrebnú personálnu a prístrojovú infraštruktúru. Interdisciplinárna spolupráca, ktorá sa iniciovala riešením projektu, umožnila aj zlepšiť proces získavania projektov, či už na Slovenskej alebo medzinárodnej vedeckej scéne.

2/ Riešenie projektu APVV-14-0393 a jeho význam pre oblasť vzdelávania:

Výsledky riešenia projektu sa implementovali do vzdelávacieho procesu v I., II. a III. stupni vzdelávania na:

- Fakulte chemickej a potravinárskej technológie STU v Bratislave,
- Fakulte prírodných vied, Univerzita sv. Cyrila a Metoda v Trnave.

Na riešení projektu sa na riešiteľských pracoviskách projektu podieľali aj študenti a doktorandi zo zainteresovaných ústavov a oddelení. Riešenie obohatilo pedagogický proces začlenením parciálnych problémov a riešení z oblasti extraktívnych látok, týkajúcich sa rôznych spôsobov extrakcie, delenia a najmä identifikácie štruktúry a vlastností extrahovaných látok z kôry. Získané poznatky z riešenia projektu sa priebežne aplikovali v prednáškach pre študentov bakalárskeho, inžinierskeho a doktorandského štúdia. Na základe odozvy študentov sa ukázalo, že projekt APVV - extrakcie látok z obnoviteľných zdrojov bol pre nich mimoriadne zaujímavý.

Študenti všetkých stupňov vzdelávania sa zapojili do projektu nielen riešením svojich bakalárskych, diplomových a doktorandských prác, ale boli aj spoluautormi publikačných výstupov (CC publikácie, zverejnenia na konferenciách). V priebehu realizácie projektu sa riešilo 41 DP (diplomových), 32 BP (bakalárskych) a 9 DizP (doktorandských) prác, z ktorých sa 4 ukončili. V roku 2019 sa ukončí 1 a v roku 2020 ďalšie 2 DizP.

Výsledky projektu a ich diseminácia formou publikácií prispeli ku zvyšovaniu vedeckej a pedagogickej kvalifikácie najmä mladých vedeckých pracovníkov. Riešením projektu sa zabezpečil vzdelanostný rast pracovníkov najmä v oblasti izolácie látok s pridanou hodnotou s využitím rôznych typoch extrakčných techník, separácie a analýzy extraktívnych látok s využitím metodík, ako je termická analýza, GC/MS, HPLC.

Za veľmi prospešné považujeme aj popularizáciu výsledkov riešenia projektu, nielen pre odbornú, ale aj pre laickú verejnosť. Týmto spôsobom sa môže podariť získať záujemcov pre štúdium na slovenských univerzitách. Podobné projekty budú preto aj v budúcnosti veľmi užitočné.

3/ Riešenie projektu APVV-14-0393 a jeho význam pre oblasť priemyslu:

Výsledky riešenia projektu je možné využiť:

- a) pri modifikácii povrchov výrobkov z dreva zvýšením ich estetickej úrovne pri použití v interiéroch, a pre zvýšenie ich odolnosti pre použitie v exteriéroch,
- b) na ochranu drevín proti biologickým škodcom, vzhľadom na preukázané účinky niektorých extrahovaných zlúčenín,
- c) pri využití biologických vlastností niektorých extrahovaných látok, ako je antioxidantná aktivita, ako aj protirakovinová účinnosť,
- d) i v aktívnych obaloch pre potraviny, vzhľadom na zlúčeniny, nachádzajúce sa v extraktoch,
- e) pri spracovaní extrahovanej kôry na prípravu plyných, tuhých a kvapalných biopalív.

Za najvýznamnejšie možnosti využitia extraktívnych zlúčenín z kôry považujeme 2 oblasti:

A/ drevospracujúca a lesnícka oblasť:

- biologické účinky extraktov proti škodcom drevín (priamo jedno z riešiteľských pracovísk z oblasti lesníctva).
- aplikácia extraktívnych látok pri boji s drevokazným hmyzom, je možná 2 spôsobmi, ako atraktant (lapače), alebo ako bio-insekticíd,
- uplatnenie extraktov pre zhodnotenie povrchov vybraných materiálov z dreva, kde sa môže uplatniť aj ich biocídny charakter.

B/ oblasť potravinárstva a farmácie:

- vhodná a lacná náhrada antioxidantov, ktoré majú za účel predĺženie trvanlivosti napr.

ovocných štiav a taktiež zabezpečenie prípadnej pridanej hodnoty produktov,
- obalová technika (aktívne obaly),
- medicínske aplikácie (využitie biologickej účinnosti niektorých extrahovaných antioxidantov, prípadne aj s protinádorovými účinkami),

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

Riešenie projektu bolo zamerané na komplexné využitie potenciálu stromovej kôry z priemyselných odpadov spracovania surovín z drevárskeho a papierenského priemyslu.

V súčasnosti sa stromová kôra na Slovensku využíva len na spaľovanie.

Výsledkom riešenia a cieľom projektu bolo využitie extraktívnych zlúčenín a ich zhodnotenie na získavanie cenných zlúčenín s vysokou pridanou hodnotou.

Súčasne sa riešením projektu rieši náhrady fosílnych obnoviteľnými surovinovými zdrojmi.

Cieľom riešenia projektu bolo štúdium izolácie, vlastností a využitia extraktívnych zlúčenín:

- 1/ zistili sa najvhodnejšie spôsoby predúpravy kôry, aby sa dosiahla najlepšia účinnosť extrakcie,
- 2/ stanovili sa podmienky extrakcie minoritných zlúčenín z upravenej kôry pomocou: superkritickej extrakcie s CO₂, mikrovlnnej extrakcie, urýchlenou extrakciou rozpúšťadlami a extrakciou s hlboko eutektickými rozpúšťadlami,
- 3/ stanovili sa podmienky frakcionácie a separácie extraktov,
- 4/ identifikovali sa zložky – chemické zlúčeniny nachádzajúce sa v pripravených extraktoch,
- 5/ overili sa možnosti modifikácie estetických vlastností drevených výrobkov v interiéroch a modifikácie povrchových vlastností drevených výrobkov pre exteriéry,
- 6/ overili sa možnosti ochrany drevených výrobkov proti ich biologickým škodcom pomocou prírodných zlúčenín,
- 7/ zistili sa vlastnosti extraktívnych zlúčenín, ako zdroja účinných zlúčenín s antioxidantnou aktivitou a s protirakovinovou účinnosťou,
- 8/ zistili sa podmienky prípravy plyných, tuhých a kvapalných biopalív z extrahovanej kôry.

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

The project solution was focused on the comprehensive utilization of the tree bark potential from industrial waste processing raw materials from the wood and paper industry.

At present, tree bark in Slovakia is only used for combustion.

The result of the project solution and the aim of the project is the utilization of extractive compounds and their evaluation for obtaining valuable compounds with high added value.

Simultaneously, the project solution addresses the substitution of fossil materials with renewable raw materials.

The aim of the project solution was the study of isolation, properties and utilization of extractive compounds:

- 1/ the most suitable methods of pretreatment of bark to achieve the best extraction efficiency were found,
- 2/ the conditions for extraction of minor compounds from the treated bark were determined with the means of: supercritical extraction with CO₂, microwave extraction, accelerated solvent extraction and extraction with deep eutectic solvents,
- 3/ the conditions for fractionation and separation of extracts were determined,
- 4/ the ingredients - chemical compounds found in prepared extracts - were identified,
- 5/ the modification possibilities of aesthetic properties of wooden products used in interior and the modification of surface properties of woods used in exteriors were verified,
- 6/ the protection possibilities of woody plants against their biological pests were verified by using natural compounds isolated from bark extracts,
- 7/ the properties of extractive compounds as a source of active compounds with antioxidant activity and anticancer efficacy were determined,
- 8/ the conditions for the preparation of gaseous, solid and liquid biofuels from extracted bark were determined.