

Záverečná karta projektu

Názov projektu

Evidenčné číslo projektu

APVV-16-0088**Komplexné využitie rastlinnej biomasy v biopotravinách s pridanou hodnotou**Zodpovedný riešiteľ **doc. Ing. František Kreps, PhD.**

Príjemca

Slovenská technická univerzita v Bratislave - Fakulta chemickej a potravinárskej technológie

Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

Projekt bol realizovaný v Slovenskej technickej univerzite - Fakulte chemickej a potravinárskej technológie, Strojníckej fakulte v Bratislave.

Ďalej bol realizovaný na spoluriešiteľských pracoviskách:

Ústave ekológie lesa SAV vo Zvolene

Univerzite sv. Cyrila a Metoda v Trnave - Fakulte prírodných vied

Národnom poľnohospodárskom a potravinárskom centre-Výskumnom ústave potravinárskom v Bratislave.

Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

Vysoká škola chemicko-technologická, Technická 5, Dejvice, 166 28 Praha 6, Česká republika, spolupráca s prof. Ing. Vladimírom Filipom, CSc. a doc. Ing. Janom Kyselkom, Ph.D.

Dôkazom plodnej spolupráce sú nasledujúce publikácie publikované v prestížnych karentových časopisoch:

1. Kreps, F., Burčová, Z., Jablonský, M., Ház, A., Frečer, V., Kyselka, J., Filip, V.:

Bioresource of antioxidant and potential medicinal compounds from waste biomass of spruce. ACS Sustainable Chemistry & Engineering, 2017, 5(9) s. 8161-8170. ISSN 2168-0485 (2020: 8.198- IF, Q1 - JCR). Počet citácií vo WOS: 8

2. Burcová, Z., Kreps, F., Schmidt, S., Stržincová, P., Jablonský, M., Kyselka, J., Šurina, I.:

Antioxidant activity and the tocopherol and phenol contents of grape residues. BioResources, 2019, 14(2), 4146-4156, ISSN 1930-2126 (2019: 1.409 - IF, Q2 - JCR).

Počet citácií vo WOS: 5

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

KREPS, F., BURČOVÁ, Z., SCHMIDT, Š., ŠURINA, I.: Spôsob úpravy lipidov, umožňujúci analýzu voľnej a viazanej formy antioxidantov. Schválený úžitkový vzor UV 7940. 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

ADC Vedecké práce v zahraničných karentovaných časopisoch zaradených do najvyššej kategórie Q1:

-

1.Kreps, F., Burčová, Z., Jablonský, M., Ház, A., Frečer, V., Kyselka, J., Filip, V.:

Bioresource of antioxidant and potential medicinal compounds from waste biomass of spruce. ACS Sustainable Chemistry & Engineering, 2017, 5(9) s. 8161-8170. ISSN 2168-0485 (2020: 8.198- IF, Q1 - JCR). Počet citácií vo WOS: 3

-

2.Legerská, B., Chmelová, D., Ondrejovič, M., Miertuš, S.: The TLC-Bioautography as a tool for rapid enzyme inhibitors detection - A Review. Critical Reviews in Analytical Chemistry, 2020, 1-19, DOI: 10.1080/10408347.2020.1797467, (2020: 6.535- IF, Q1 - JCR). Počet citácií vo WOS: 1

-

3.Ciesarová, Z., Murkovič, M., Cejpek, K., Kreps, F., Tobolková, B., Koplík, R., Belajová, E., Kukurová, K., Daško, L., Panovská, Z., Revenco, D., Burčová, Z.: Why is sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) so exceptional? A review. In Food Research International. 2020, Vol. 133, s. [1-18], art. no. 109170. ISSN 0963-9969 (2020: 6.475 - IF, Q1 - JCR). Počet citácií vo WOS: 27

-

4.Kreps, F., Dubaj, T., Krepsová, Z (Burčová): Accelerated oxidation method and simple kinetic model for predicting thermooxidative stability of edible oils under storage conditions. In Food packaging and shelf life. 2021, Vol. 29, s. [1-6], art. no. 100739. ISSN 2214-2894. (2020: 6.429 - IF, Q1 - JCR). Počet citácií vo WOS: 1

-

5.Jablonský, M., Majová, V., Ondrigová, K., Šima, J.: Preparation and characterization of physicochemical properties and application of novel ternary deep eutectic solvents. Cellulose, 2019, 26(5), s. 3031-3045. ISSN 0969-0239 (2020: 5.044 - IF, Q1 - JCR). Počet citácií vo WOS: 14

-

6.Jablonský, M., Ház, A., Majová, V.: Assessing the opportunities for applying deep eutectic solvents for fractionation of beech wood and wheat straw. In Cellulose. Vol. 26, iss. 13-14 (2019), s. 7675-7684. ISSN 0969-0239 (2020: 5.044 - IF, Q1 - JCR). Počet citácií vo WOS: 13

-

7.Dettenhofer, M., Ondrejovič, M., Vásáry, V., Kaszycki, P., Twardowski, T., Stuchlík, S., Miertuš, S.: Current state and prospects of biotechnology in Central and Eastern European countries. Part I: Visegrad countries (CZ, H, PL, SK). Critical reviews in biotechnology, 2019, 39(1), 114-136. (2020: 6.535- IF, Q1 - JCR). Počet citácií vo WOS: 6

-

8.Dettenhofer, M., Ondrejovič, M., Slavica, A., Kurtanek, Ž., Tapaloaga, D., Rodian Tapaloaga, P., Miertuš, S.: Current state and prospects of biotechnology in Central and Eastern European countries. Part II: new and preaccession EU countries (CRO, RO, B&H, SRB). Critical reviews in biotechnology, 2019, 39(1), 137-155. (2020: 6.535- IF, Q1 - JCR). Počet citácií vo WOS: 4

-

9.Hľasová, Z., Košík, I., Ondrejovič, M., Miertuš, S., Katrlík, J.: Methods and current trends in determination of neuraminidase activity and evaluation of neuraminidase inhibitors. Critical reviews in analytical chemistry, 2019, 49(4), 350-367. (2020: 6.535- IF, Q1 - JCR). Počet citácií vo WOS: 3

-

ADC Vedecké práce v zahraničných karentovaných časopisoch zaradených do kategórie Q2:

-

10.Jablonský, M., Škulcová, A., Malvis, A., Šima, J.: Extraction of value-added components from food industry based and agro-forest biowastes by deep eutectic solvents. Journal of biotechnology, 2018, 282, 46-66. ISSN 0168-1656 (2018: 3.307 - IF, Q2 - JCR). Počet citácií vo WOS: 68

-

11.Legerská, B., Chmelová, D., Ondrejovič, M.: Decolourization and detoxification of monoazo dyes by laccase from the white-rot fungus *Trametes versicolor*. Journal of biotechnology, 2018, 285, 84-90. ISSN 0168-1656 (2018: 3.307 - IF, Q2 - JCR). Počet citácií vo WOS: 32

-

12. Burčová, Z [Krepsová], Kreps, F., Greifová, M., Jablonský, M., Ház, A., Schmidt, Š., Šurina, I.: Antibacterial and antifungal activity of phytosterols and methyl dehydroabietate of Norway spruce bark extracts. In *Journal of Biotechnology*, 2018, Vol. 282, s. 18-24. ISSN 0168-1656 (2018: 3.307 - IF, Q2 - JCR). Počet citácií vo WOS: 30

-

13. Chmelová, D., Škulcová, D., Legerská, B., Horník, M., Ondrejovič, M.: Ultrasonic-assisted extraction of polyphenols and antioxidants from *Picea abies* bark. *Journal of biotechnology*, 2020, 314, 25-33. ISSN 0168-1656 (2018: 3.307 - IF, Q2 - JCR). Počet citácií vo WOS: 12

-

14. Strižincová, P., Ház, A., Burčová, Z., Feranc, J., Kreps, F., Šurina, I., Jablonský, M.: Spruce Bark—A Source of Polyphenolic Compounds: Optimizing the Operating Conditions of Supercritical Carbon Dioxide Extraction. *Molecules*, 2019, 24(22), s. 1250-1264. ISSN 1420-3049 (2019: 3.267 - IF, Q2 - JCR). Počet citácií vo WOS: 3

-

15. Miertuš, S., Ondrejovič, M., Gartland, K. M.: Biotechnology in Europe: A challenge for Central and East European countries. *Journal of biotechnology*, 2018, 285, 42-43. (2018: 3.307 - IF, Q2 - JCR). Počet citácií vo WOS: 2

-

16. Ácsová, A., Hojerová, J., Janotková, L., Bendová, H., Jedličková, L., Hamranová, V., Martiniaková, S.: The real UVB photoprotective efficacy of vegetable oils: in vitro and in vivo studies. In *Photochemical and Photobiological Sciences*. 2021, Vol. 20, iss. 1, s. 139-151. ISSN 1474-905X (2020: 3.982 - IF, Q2 - JCR). Počet citácií vo WOS: 1

-

17. Miertus, S.: Biosensors development and applications: From past to present and to future. *Journal of Biotechnology*, 2018, 280, S5. ISSN 0168-1656 (2018: 3.307 - IF, Q2 - JCR).

-

18. Ondrejovic, M., Chmelová, D.: Biotechnology as a tool for complex utilization of plant biomass. *Journal of Biotechnology*, 2018, 280, S10. ISSN 0168-1656 (2018: 3.307 - IF, Q2 - JCR).

-

19. Jablonský, M., Majová, V., Strižincová, P., Šima, J., Jablonský, J.: Investigation of total phenolic content and antioxidant activities of spruce bark extracts isolated by deep eutectic solvents. *Crystals*, 2020, 10(5), s. [1-22], art. no. 402. ISSN 2073-4352 (2020: 2.589 - IF). Počet citácií vo WOS: 3

-

20. Burcová, Z., Kreps, F., Schmidt, S., Strižincová, P., Jablonský, M., Kyselka, J., Šurina, I.: Antioxidant activity and the tocopherol and phenol contents of grape residues. *BioResources*, 2019, 14(2), 4146-4156, ISSN 1930-2126 (2019: 1.409 - IF, Q2 - JCR). Počet citácií vo WOS: 5

-

21. Janotková, L., Potočnáková, M., Kreps, F., Krepsová, Z (Burčová), Ácsová, A., Ház, A., Jablonský, M.: Effect of Sea Buckthorn Biomass on Oxidation Stability and Sensory Attractiveness of Cereal Biscuits. In *BioResources*. 2021, Vol. 16, iss. 3, s. 5097-5105. ISSN 1930-2126 (2020: 1.614 - IF, Q2 - JCR).

-

22. Škulcová, A., Majová, V., Kohútová, M., Grosik, M., Šima, J., Jablonský, M.: UV/Vis spectrometry as a quantification tool for lignin solubilized in deep eutectic solvents. *BioResources*, 2017, 12(3), 6713-6722. ISSN 1930-2126 (2017: 1.202 - IF, Q2 - JCR). Počet citácií vo WOS: 11

-

Vysokoškolské učebnice vydané v SR

-

1. KREPS, František - SCHMIDT, Štefan.: Laboratórne cvičenie z analýzy tukov, olejov a ich sprievodných látok. Bratislava: Spektrum STU 2019. 183 s. ISBN 978-80-227-4906

2. HOJEROVÁ, Jarmila – MARTINIÁKOVÁ, Silvia.: Kozmetická chémia a technológia, 1. časť. Kozmetická chémia. Bratislava: Spektrum STU 2021. 235 s. ISBN 978-80-227-5079-0.

Uplatnenie výsledkov projektu

Výsledky projektu našli praktické uplatnenie v praxi, ale tiež zarezonovali vo vedeckej obci. Boli citované v mnohých významných časopisoch v databáze WOS, čím ich posunuli v doterajších poznatkoch výskumných tímov.

-

Uplatnenie v praxi potravinárskeho priemyslu.

Aplikovali sa vedľajšie produkty spracovania rakytníka, konkrétne mletých semien rakytníka, ktoré boli pridávané do pufovaných kukuričných chlebíkov v prevádzke spoločnosti Celpo, s.r.o., Očová. Na základe našich výsledkov výskumu bola ich vlastná receptúra pufovaných kukuričných chlebíkov upravená, aby mohla byť spustená výroba nových produktov s pridanou hodnotou.

Na výstavách Danubius Gastro 2018 a Agrokomplex 2018 boli prezentované potraviny obohatené o rastlinnú biomasu rakytníka rešetliakového, tam zožali úspech. Bola potvrdená akceptovateľnosť týchto nových cereálnych výrobkov s prídavkom rakytníka.

-

Výsledky výskumu boli pretavané do úspešnej spolupráce, úpravy receptúry, či nastavenia nových výrobných techník spracovania rastlinnej biomasy v podnikoch Calendula a.s., Tvrdošovce P.D., McCarter a.s., StuVital s.r.o, Ala Palla, s.r.o. a Tate & Lyle Boleráz, s.r.o. (uvedené vo VPP APVV-16-0088). Tieto firmy spolufinancovali výskum na projekte, poskytli STU na vlastné náklady potrebné zdroje rastlinnej biomasy, niektoré štandardy, ale najmä darovali zariadenia na stanovenie celkového obsahu tuku.

-

Najhodnotnejšie publikácie ponúkajú uplatnenie pre výskumnú obec, ale aj praktické aplikácie.

Za všetky výstupy môžeme vybrať 3 najhodnotnejšie:

-

Čerstvo publikovaná práca, je prielomovou prácou zameranou na predpovedanie skladovania rastlinných olejov v reálnych podmienkach skladovania v reálnom obale. Výsledky vychádzajú z veľkej skupiny vlastných analýz oxidačnej stability rastlinných olejov stanovených pomocou akcelarovného oxidačného testu. Publikovali sme vlastný kinetický model predikcie stability rastlinných olejov, ktorý je použiteľný v reálnych skladovacích podmienkach. Práca bola uverejnená v renomovanom časopise Food packaging and shelf life s impakt faktorom 6.429, kategória Q1 FOOD SCIENCE & TECHNOLOGY. Kreps, F., Dubaj, T., Krepsová, Z. (Burčová): Accelerated oxidation method and simple kinetic model for predicting thermooxidative stability of edible oils under storage conditions. In Food packaging and shelf life. 2021, Vol. 29, s. [1-6], art. no. 100739. ISSN 2214-2894. (2020: 6.429 - IF, Q1 - JCR). Počet citácií vo WOS: 1

-

Druhá významná práca už našla uplatnenie pre vedeckú obec, dôkazom je viac ako 68 citácií tejto práce v databáze Web of Science. Práca je zámerná na inovačné metódy, kde pomocou zelených chemikálií možno získať z odpadnej biomasy lignín, ale aj množstvo iných tzv. zelených chemikálií, ktoré sú ďalej využiteľné v mnohých priemyselných odvetviach.

Jablonský, M., Škulcová, A., Malvis, A., Šima, J.: Extraction of value-added components from food industry based and agro-forest biowastes by deep eutectic solvents. Journal of biotechnology, 2018, 282, 46-66. ISSN 0168-1656 (2018: 3.307 - IF, Q2 - JCR). Počet citácií vo WOS: 68

-

Tretia významná práca vzbudila pozornosť vedeckej obce, dôkazom je viac ako 27 citácií tejto práce v databáze Web of Science. Práca vznikla ako výsledok medzinárodnej spolupráce viacerých tímov a bola publikovaná v renomovanom časopise Food Research International s impakt faktorom 6.475, kategória Q1. Publikácia je zameraná na sumarizáciu a kritické porovnanie vedeckých informácií týkajúcich sa zloženia mikro a makro nutričov a bioaktívnych látok rakytníka rešetliakového a možnosti ich využitia v humánnej výžive. Publikácia kladie dôraz na doteraz málo publikované aspekty glykácie proteínov v dôsledku oxidačného stresu ovplyvňovaného prítomnosťou antioxidačných zložiek.

Ciesarová, Z., Murkovič, M., Cejpek, K., Kreps, F., Tobolková, B., Koplík, R., Belajová, E., Kukurová, K., Daško, Ľ., Panovská, Z., Revenco, D., Burčová, Z.: Why is sea buckthorn (Hippophae rhamnoides L.) so exceptional? A review. In Food Research International. 2020,

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

V súlade s cieľmi projektu sme sa zamerali na izoláciu a skrining biologicky aktívnych látok, analýzu enzymatickej aktivity, analýzu antioxidačnej a mikrobiálnej aktivity látok rastlinnej biomasy, aplikáciu frakcií rastlinnej biomasy do potravín. Publikovali sme prelomovú štúdiu, ktorá odhaľuje antibakteriálny/bakteriostatický účinok beta-sitosterolu a jeho synergického účinku na iné látky pri antimikrobiálnej aktivite (1). Zistili sme, že mikrovlnná extrakcia ponúka vysoko účinný a rýchly (približne 10 krát rýchlejší) systém extrakcie látok z rastlinnej biomasy (2). Zamerali sme sa tiež na štúdium biotechnologických postupov využiteľných pre komplexné spracovanie rastlinnej biomasy (3). Skúmalo sa využitie zelených chemikálií - eutektických rozpúšťadiel (DESs) a prírodných hlboko eutektických rozpúšťadiel (NADESs) využívaných pri izolácii flavonoidov, fenolov, fenolových kyselín, stilbénov, tanínov, lignánov a lignínov z odpadnej biomasy a vedľajších produktov potravinárskeho priemyslu (4). Projekt sa zameriava na komplexný prístup využitia rastlinnej biomasy, na tzv. bezodpadové hospodárstvo. Túto víziu sme naplnili výskumom využitia rastlinnej biomasy, extraktov a ich frakcií pri získaní cenných chemických zlúčenín s pridanou hodnotou a biopalív 2. generácie. Tieto výsledky boli prezentované na medzinárodnej konferencii World Sustainable Energy Days (5). Uskutočnili sme potrebné analýzy a skriningy, vďaka ktorým sme aplikovali biomasu a jej extrakty do potravín (6-7) s pridanou hodnotou pre zlepšenie kvality ľudského zdravia. Aplikácia vedľajších produktov spracovania rakytníka, konkrétne mletých semien rakytníka, bola overená aj pri výrobe pufovaných kukuričných chlebíkov v prevádzke spoločnosti Celpo, s.r.o., Očová. Výrobky sa vyznačovali harmonickou sladko-horkastou chuťou s jemnou ovocnou rakytníkovou príchuťou. V súlade s cieľmi projektu sme cenné látky biomasy aplikovali aj do dermálnych prípravkov so zlepšenými ochrannými vlastnosťami (8) a zamerali sme sa tiež na vplyv prostredia a aplikáciu špecifických chemikálií (atraktanty, antifedanty) na terénnych plochách, ktoré sú vhodné pre biologickú ochranu lesa proti listožravému hmyzu. Naplnili sme všetky ciele projektu.

-

V rámci riešenia projektu sme publikovali 115 publikácií a z toho 38 v karentovaných časopisoch s počtom citácií vo WOS: 271 citácií bez autocitácie.

-

Výsledky našej práce sa pretavili aj do medzinárodnej spolupráce v rámci projektu COST Action CA20128 „Promoting Innovation of Fermented Foods“ (PIMENTO), ktorý bol podporený a otvorený na kick-off mítingu 8.-9.11.2021. Je v ňom zapojených vyše 150 výskumníkov z 27 európskych krajín, čím patrí medzi najväčšie projekty programu COST. Odkaz: <https://e-services.cost.eu/action/CA20128/participants> a https://www.tubitak.gov.tr/sites/default/files/3125/oc-2020-1_actions_booklet.pdf

-

Literatúra:

1. Burčová, Z [Krepsová], Kreps, F., Greifová, M., Jablonský, M., Ház, A., Schmidt, Š., Šurina, I.: Antibacterial and antifungal activity of phytosterols and methyl dehydroabietate of Norway spruce bark extracts. In Journal of Biotechnology, 2018, Vol. 282, s. 18-24. ISSN 0168-1656 (2018: 3.307 - IF, Q2 - JCR). Počet citácií vo WOS: 30
2. Sládková, A., Stopka, J., Ház, A., Strižincová, P., Šurina, I., Kreps, F., Burčová, Z., Jablonský, M.: Microwave-assisted Extraction of Spruce Bark: Statistical Optimization Using Box-Behnken Design, In BioResources. 2018, 13(4), 8993-9004. ISSN 1930-2126 (2020: 1.614 - IF, Q2 - JCR Best). Počet citácií vo WOS: 1
3. Legerská, B., Chmelová, D., Ondrejovič, M., Miertuš, S.: The TLC-Bioautography as a tool for rapid enzyme inhibitors detection - A Review. Critical Reviews in Analytical Chemistry, 2020, 1-19, DOI: 10.1080/10408347.2020.1797467, (2020: 6.535- IF, Q1 - JCR). Počet citácií vo WOS: 1
4. Jablonský, M., Škulcová, A., Malvis, A., Šima, J.: Extraction of value-added components from food industry based and agro-forest biowastes by deep eutectic solvents. Journal of biotechnology, 2018, 282, 46-66. ISSN 0168-1656 (2018: 3.307 - IF, Q2 - JCR). Počet citácií vo WOS: 68
5. Kreps, F., Burčová, Z., Strižincová, P., Ház, A., Lisý, A.: Waste Plant Biomass as

Potential for Biofuels. In World Sustainable Energy Days 2019 [elektronický zdroj]. 1. vyd. Wels, Rakúsko : OÖ Energiesparverband, 2019, S. [4]. ISBN 2617-5398.

6. Janotková, L., Potočnáková, M., Kreps, F., Burčová, Z., Ácsová, A., Ház, A., Jablonský, M.: Effect of Sea Buckthorn Biomass on Oxidation Stability and Sensory Attractiveness of Cereal Biscuits. In BioResources. 2021, Vol. 16, iss. 3, s. 5097-5105. ISSN 1930-2126 (2020: 1.614 - IF, Q2 - JCR Best).

7. Ciesarová, Z., Murkovič, M., Cejpek, K., Kreps, F., Tobolková, B., Koplík, R., Belajová, E., Kukurová, K., Daško, L., Panovská, Z., Revenco, D., Burčová, Z.: Why is sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) so exceptional? A review. In Food Research International. 2020, Vol. 133, s. [1-18], art. no. 109170. ISSN 0963-9969 (2020: 6.475 - IF, Q1 - JCR). Počet citácií vo WOS: 27

8. Ácsová, A., Hojerová, J., Janotková, L., Bendová, H., Jedličková, L., Hamranová, V., Martiniaková, S.: The real UVB photoprotective efficacy of vegetable oils: in vitro and in vivo studies. In Photochemical and Photobiological Sciences. 2021, Vol. 20, iss. 1, s. 139-151. ISSN 1474-905X (2020: 3.982 - IF, Q2 - JCR). Počet citácií vo WOS: 1

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

In accordance with the objectives of the project, we focused on the isolation and screening of biologically active substances, analysis of enzymatic activity, analysis of antioxidant and microbial activity of plant biomass substances, application of plant biomass fraction to food. We have published a groundbreaking study that reveals the antibacterial / bacteriostatic effect of beta-sitosterol and its synergistic effect on other substances in antimicrobial activity (1). We have found that microwave extraction offers a highly efficient and fast (approximately 10 times faster) system for extracting substances from plant biomass (2). We also focused on the study of biotechnological procedures usable for complex processing of plant biomass (3). The use of green chemicals - eutectic solvents (DESS) and deep natural eutectic solvents (NADESS) used in the isolation of flavonoids, phenols, phenolic bases, stilbenes, tannins, lignins and lignins from waste biomass and food by-products (food industry 4) was investigated. The project focuses on a comprehensive approach to the use of plant biomass, the so-called waste management. We have fulfilled this vision by researching the use of plant biomass, extracts and their fractions in obtaining valuable value-added chemical compounds and 2nd-generation biofuels. These results were presented at the international conference World Sustainable Energy Days (5). We performed the necessary analyzes and screenings, thanks to which we applied biomass and its extracts to food (6-7) with added value to improve the quality of human health. The application of sea buckthorn by-products, specifically ground sea buckthorn seeds, was also verified in the production of puffed corn breads in the operation of Celpo, s.r.o., Očová. The products were characterized by a harmonious sweet-bitter taste with a delicate fruity sea buckthorn flavor. In accordance with the project objectives, we also applied valuable substances to dermal applications with improved protective applications (8) and we also focused on the environmental impact and application of specific chemicals (attractants, antifedants) on terrain, which are suitable for biological forest protection against deciduous insects. We have fulfilled all the goals of the project.

-

As part of the project, we published 115 publications, of which 38 in peer-reviewed journals with the number of citations in WOS: 271 citations without self-citation.

-

The results of our work were also translated into international cooperation within the project COST Action CA20128 "Promoting Innovation of Fermented Foods" (PIMENTO), which was supported and opened at the kick-off meeting 8-9 November 2021. It involves more than 150 researchers from 27 European countries, making it one of the largest COST projects. WEB: <https://e-services.cost.eu/action/CA20128/participants> a https://www.tubitak.gov.tr/sites/default/files/3125/oc-2020-1_actions_booklet.pdf

-

Literature:

1. Burčová, Z [Krepsová]., Kreps, F., Greifová, M., Jablonský, M., Ház, A., Schmidt, Š., Šurina, I.: Antibacterial and antifungal activity of phytosterols and methyl dehydroabietate of Norway spruce bark extracts. In Journal of Biotechnology, 2018, Vol. 282, s. 18-24. ISSN

- 0168-1656 (2018: 3.307 - IF, Q2 - JCR). Citation in WOS: 30
2. Sládková, A., Stopka, J., Ház, A., Stržincová, P., Šurina, I., Kreps, F., Burčová, Z., Jablonský, M.: Microwave-assisted Extraction of Spruce Bark: Statistical Optimization Using Box-Behnken Design, In *BioResources*. 2018, 13(4), 8993-9004. ISSN 1930-2126 (2020: 1.614 - IF, Q2 - JCR Best). Citation in WOS: 1
3. Legerská, B., Chmelová, D., Ondrejovič, M., Miertuš, S.: The TLC-Bioautography as a tool for rapid enzyme inhibitors detection - A Review. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, 2020, 1-19, DOI: 10.1080/10408347.2020.1797467, (2020: 6.535- IF, Q1 - JCR). Citation in WOS: 1
4. Jablonský, M., Škulcová, A., Malvis, A., Šima, J.: Extraction of value-added components from food industry based and agro-forest biowastes by deep eutectic solvents. *Journal of biotechnology*, 2018, 282, 46-66. ISSN 0168-1656 (2018: 3.307 - IF, Q2 - JCR). Citation in WOS: 68
5. Kreps, F., Burčová, Z., Stržincová, P., Ház, A., Lisý, A.: Waste Plant Biomass as Potential for Biofuels. In *World Sustainable Energy Days 2019 [elektronický zdroj]*. 1. vyd. Wels, Rakúsko : OÖ Energiesparverband, 2019, S. [4]. ISBN 2617-5398.
6. Janotková, L., Potočnáková, M., Kreps, F., Burčová, Z., Ácsová, A., Ház, A., Jablonský, M.: Effect of Sea Buckthorn Biomass on Oxidation Stability and Sensory Attractiveness of Cereal Biscuits. In *BioResources*. 2021, Vol. 16, iss. 3, s. 5097-5105. ISSN 1930-2126 (2020: 1.614 - IF, Q2 - JCR Best).
7. Ciesarová, Z., Murkovič, M., Cejpek, K., Kreps, F., Tobolková, B., Koplík, R., Belajová, E., Kukurová, K., Daško, Ľ., Panovská, Z., Revenco, D., Burčová, Z.: Why is sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) so exceptional? A review. In *Food Research International*. 2020, Vol. 133, s. [1-18], art. no. 109170. ISSN 0963-9969 (2020: 6.475 - IF, Q1 - JCR). Citation in WOS: 27
8. Ácsová, A., Hojerová, J., Janotková, L., Bendová, H., Jedličková, L., Hamranová, V., Martiniaková, S.: The real UVB photoprotective efficacy of vegetable oils: in vitro and in vivo studies. In *Photochemical and Photobiological Sciences*. 2021, Vol. 20, iss. 1, s. 139-151. ISSN 1474-905X (2020: 3.982 - IF, Q2 - JCR). Citation in WOS: 1