

Záverečná karta projektu

Názov projektu

Evidenčné číslo projektu **PP-COVID-20-0103**

Výskum a kompozícia nanofiltrov na účinnú deaktiváciu patogénov a zvýšenie kolektívnej imunity populácie

Zodpovedný riešiteľ **Ing. Monika Stankovská, PhD.**Príjemca **Výskumný ústav papiera a celulózy a.s.**

Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

Výskumný ústav papiera a celulózy, a.s.

Slovenská technická univerzita v Bratislave - Strojnícka fakulta

Zoznam spolupracujúcich organizácií zo zahraničia, ktoré sa zapojili do riešenia projektu (uveďte názov, sídlo, štát a identifikačné číslo ak je dostupné)

žiadne

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

Patentové prihlášky v SR

1. Boháček, Š.- Šooš, Ľ.- Stankovská, M.- Gigac, J.- Pažitný, A.- Ihnát, V.- Havlín, D. Zariadenie na deaktiváciu patogénov vo vzduchu.PP50040-2020 (ÚPV SR, 18.11.2020). TRL4.

2. Šooš, Ľ., Boháček, Š., Chlebo O., Čačko V.. Experimentálne zariadenie určené na optimalizáciu filtračného materiálu pre filtre. Patentová prihláška PP 75-2021.

Medzinárodné prihlášky patentov PCT

1. Boháček, Š., Šooš, Ľ., Tóth, M., Stankovská, M., Pažitný, A., Ihnát, V., Kuňa, V., Balberčák, J., Schwartz, J., 2021: "Nanofiltration device for deactivation of air-filtered pathogens on surface-treated filter material", Výskumný ústav papiera a celulózy, a.s. v Bratislave. PCT/SK2021/000007 (ÚPV SR, 31.12.2021). TRL3

Úžitkové vzorky v SR

1.Šooš, Ľ., Boháček, Š., Chlebo, O., Čačko, V. Skúšobné filtračné testovacie zariadenie na zachytávanie aerosólov obsahujúcich škodlivé mikroorganizmy. Úžitkový vzor PUV 139-2021.

Úžitkové vzorky v zahraničí

1. Boháček, Š. et al. Nano-Filtrationseinrichtung zur Deaktivierung von hochkonzentrierten Pathogenen in der Luft. 12-2020 (Patent Amt, 30.12.2020). TRL7

2. Boháček, Š. Nanofiltrationsgerät zur Deaktivierung von Krankheitserregern mit höher Konzentration in der Luft. 4A GM1/2021 (Österreichische Patentamt, 04.01.2021). Úžitkový vzor už bol zapísaný, rozhodnutie o absencii námietok zo strany patentového úradu nám bolo doručené 29.9.2021.TRL7.

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

Publikácie v zahraničných karentovaných časopisoch

1. Čáčková, I., Čáčko, V., Šooš, L., Chlebo, O., 2021: Analysis of beam with straight and rotating head. Applied Sciences (Switzerland) – článok bol zaslaný do redakcie

Publikácie v recenzovaných vedeckých časopisoch v SR

1. Stankovská, M., Halaj, M., Boháček, Š., Pažitný, A., Russ, A. Methods of preparation and isolation of nanofibrillated cellulose, designs for the preparation of special filter papers with effective air filtration. Wood Research, no.3, 2022 – článok bol prijatý a odsúhlasený na publikovanie v roku 2022

2. Stankovská, M., Halaj, M., Boháček, Š., Pažitný, A., Russ, A. Optimization of application of nanofibrillated cellulose on high-efficiency filter paper. Acta Chimica Slovaca – článok bol zaslaný do redakcie.

Publikácie v nerecenzovaných vedeckých časopisoch v SR

1. Halaj, M., Stankovská, M., Boháček, Š. Možnosti prípravy nanofiltračného papiera so zvýšenými adsorpčnými a antiseptickými účinkami. Zborník výskumných prác, január 2022. Centrum pre rozvoj drevárskeho, nábytkárskeho a celulózo-papierenského priemyslu, v tlači.

Publikácie v nerecenzovaných vedeckých časopisoch v zahraničí

1. Halaj, M., Boháček, Š., Stankovská, M., Pažitný, A. Antimikrobiálny účinok iónov kovov. Papír a celulóza. Papír a celulóza. Vol. 77, no. 2 (2022), v tlači.

Uplatnenie výsledkov projektu

Prínosom projektu sú nadobudnuté teoretické aj praktické skúsenosti v oblasti výroby nanocelulózy z odpadnej biomasy ako aj návrh optimalizácie postupu nanášania nanocelulózy na filtračný papier. V rámci projektu sa vyvinul funkčný prototyp zariadenia na deaktiváciu patogénov filtrovaných zo vzduchu prenášaných kvapôčkovým spôsobom zachytených na filtračnom materiáli/papieri s povrchom upraveným nanosenou vrstvou z nanofibrilovanej celulózy a/alebo nanocelulózy. Membrány získané z takto pripravenej nanocelulózy možno tiež využiť ako mechanickú a fyzikálno-chemickú bariéru pre mikročastice obsahujúce patogény. Filtračný hárok nanofiltračného zariadenia obsahuje prídavok nanofibrilovanej celulózy a/alebo nanocelulózy a prídavok adjuvans a dusičnanov striebra, medi, zinku, vápnika a horčíka. Jedná sa o kombinovaný účinok opísaného filtračného papiera a germicídneho žiariča emitujúceho žiarenie v oblasti UV-C elektromagnetického spektra vlnových dĺžok. Podali sa tri patentové prihlášky, z toho jedna v Rakúsku a taktiež výsledkom riešenia projektu bolo podanie troch úžitkových vzorov, pričom jeden úžitkový vzor bol už zapísaný na patentovom úrade v Rakúsku a to bez akýchkoľvek výhrad. Finálne zariadenie na deaktiváciu patogénov vo vzduchu sa bude môcť využiť na frekventovaných miestach s vysokým výskytom baktérie a vírusov.

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

Zdrojom nanovláčien boli kukuričné výpalky ako vedľajší produkt z výroby bioetanolu prvej generácie, získané od firmy Enviral, a.s.. Z týchto výpalkov sa získali nanovláčka centrifugáciou a extrakciou s NaOH a HCl a ďalšou úpravou vzoriek, následne sa oddelila nanocelulóza a nanofibrilovaná celulóza. Vyseletoval sa optimálny spôsob techniky nanášania nanovláčien a roztokov kationov kovov s antimikrobiálnymi účinkami na špeciálny podkladový filtračný papier. Okrem samotných roztokov sa zvolila aj optimálna koncentrácia iónov kovov tak, aby aplikácia na povrch filtrov bola ekonomicky čo najvýhodnejšia.

Otestovala sa možnosť použitia bielenej sulfátovej buničiny ako podkladu pod aplikovanú vrstvu nanovláčien. Vyskúšalo sa viacnásobné nanášanie nanovláčien na filtračný materiál, kde sa síce porozita a prietok vzduchu výraznejšie nelíšili. Avšak pri testovaní takto upravených filtračných papieroch na nami navrhnutom prototypu filtračného zariadenia nedochádzalo k potrebnému prepúšťaniu vzduchu ventilátorom. Finálne sa použila jednorázová aplikácia nanovláčien na povrch filtračného papiera. Navrhlo sa zariadenie, ktoré má za cieľ slúžiť na dezinfekciu vzduchu v miestnosti pomocou UV žiarenia, vytvorila sa bloková schéma riadiacej elektroniky UV systému a jeho elektrické zapojenie.

Skonstruoval sa prototyp nanofiltračného zariadenia, určeného na účinnú deaktiváciu patogénov, filtrovaných zo vzduchu prenášaných kvapôčkovým spôsobom zachytených na filtračnom materiáli/papieri s povrchom upraveným nanosenou vrstvou z nanovláčien, obsahujúcou antiseptické kovové ióny a germicídneho žiariča emitujúceho žiarenie v oblasti

UV-C. Otestovala sa účinnosť filtračného materiálu s aplikovanými nanovláknami na zachytenie modelových mikroorganizmov a ich elimináciu pri spolupôsobení iónov kovov na funkčnom prototypu. Na testovanie sa ako modelové mikroorganizmy použili dva druhy baktérii s odlišným tvarom (*Escherichia coli* a *Staphylococcus aureus*). Kultivácia prebiehala na Petriho miskách s použitím Nutrient agaru. Tie boli vložené do utesnenej nádoby s umiestneným anemometrom v zariadení. Spodná časť zariadenia má odmontovateľné dno, kde sa vkladá filtračná vložka so vzorkou a suspenzia baktérii sa aplikovala rozprašovaním v hornej časti zariadenia. Z výsledkov experimentov vyplýva, že pri výrobe filtračných materiálov de potrebné brať do aj úvahy nielen typ nanovlákien a ich optimálnu zanášku ale typ (tvar, forma) mikroorganizmov, a prispôbiť tomu zanášku ako aj skutočnosť, kedy je nutnosťou zároveň použiť ióny kovov. Zistilo sa, že zmes iónov kovov Cu, Al, Mg, Ca a Zn postačovala na účinnú dezinfekciu aj bez použitia striebra, čo prináša finančné úspory.

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

The source of nanofibres was corn distillery refuse as a by-product from the production of first-generation bioethanol obtained from the company Enviral, a.s. Nanofibers were obtained from DDGS by centrifugation and extraction with NaOH and HCl, and subsequent sample treatment and finally nanocellulose and nanofibrillated cellulose were separated. The optimal method of applying nanofibres and solutions of metal cations with antimicrobial effects on a special base filter paper was selected. In addition to the solutions, the optimal concentration of metal ions was chosen so that the application to the surface of the filters was as economically advantageous as much as possible. The possibility of using bleached kraft pulp as a substrate under the applied layer of nanofibres was tested. Multiple applications of nanofibres to the filter material were tested, where the porosity and airflow did not differ significantly. However, when testing the filter papers treated in this way on the prototype filter device which was designed by us, no air passed through the valve. Therefore, only a single application of nanofibres to the surface of the special filter paper was used. A prototype nanofiltration device was designed to effectively deactivate airborne, airborne pathogens trapped on a filter material/paper with a nanofiber coated surface containing antiseptic metal ions and a UV-emitting germicidal emitter in the UV region. The effectiveness of the filter material with applied nanofibres to capture model microorganisms and their elimination by the interaction with metal ions on a functional prototype were tested. Two species of bacteria with different shapes (*Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*) were used as model microorganisms for testing. Cultivation was performed on Petri dishes using Nutrient agar. These were placed in a sealed vessel with the anemometer placed in a device consisting of a valve. The lower part of the device has a removable bottom, where a filter with a sample was inserted and a suspension of bacteria was applied by spraying in the upper part of the device. The results of experiments show that in the production of filter materials it will be necessary to take into account not only the type of nanofibres and their optimal loading but also the type (shape, form) of microorganisms, and then adapt the load of nanofibres. With the use of some loadings and types of bacteria, disinfection efficacy has been achieved even without the addition of metal ions. It was found that a mixture of Cu, Al, Mg, Ca and Zn metal ions was sufficient for effective disinfection even without the use of silver, which brings financial savings.