***DOI*: 10.5937/TID25086R**

РАЗВОЈ СЕНЗОРНИХ ПОЛИУРЕТАНСКИХ КОМПОЗИТА ЗА ИНТЕЛИГЕНТНО ПАКОВАЊЕ ХРАНЕ

Иван Ристић, Технолошки факултет у Новом Саду, Универзитет у Новом Саду, Република Србија
ORCID: 0000-0002-4470-4929
Марија Крстић, Технолошки факултет у Новом Саду, Универзитет у Новом Саду, Република Србија

Кратак садржај: Полимерни сензори представљају перспективну класу материјала за детекцију хемијских и физичких промена у окружењу, захваљујући својој флексибилности, лакој обради и могућности интеграције функционалних група. У овом раду развијена је иновативна биоразградива амбалажа са напредним сензорним својствима, заснована на полианилину као активном сензорном једињењу и полиуретанској матрици. Полимерна матрица омогућава хомогену дисперзију полианилина, чије проводне и оптичке особине се мењају у присуству гасова који настају током кварења хране. Овај механизам омогућава континуирану и поуздану визуелну индикацију свежине производа у реалном времену. Поред тога, полиуретанска матрица је функционализована самолечивим својствима, чиме се продужава век трајања амбалаже и спречавају оштећења која би могла утицати на сензорну ефикасност. ФТИР спектроскопијом потврђена је структура полианилина и полиуретанске матрице, док је ДСЦ анализа показала да се избором одговарајућих компонената могу прилагодити термичка својства композита. Извршена је детаљна карактеризација сензорне осетљивости полианилина на различите концентрације циљних гасова, као и процена стабилности и репродуктивности сензорног одговора. Добијени резултати потврђују да развијени композит има велики потенцијал за примену у интелигентном паковању хране, доприносећи унапређењу безбедности и смањењу отпада од кварљивих производа.

Кључне речи: полимерни сензори, интелигентно паковање, полианилин, самолечиви полиуретани.

DEVELOPMENT OF SENSORY POLYURETHANE COMPOSITES FOR INTELLIGENT FOOD PACKAGING

Ivan Ristić, Faculty of Technology Novi Sad, University of Novi Sad
ORCID: 0000-0002-4470-4929
Marija Krstić, Faculty of Technology Novi Sad, University of Novi Sad

Abstract: Polymeric sensors represent a promising class of materials for detecting chemical and physical changes in the environment due to their flexibility, ease of processing, and ability to integrate different functional groups. In this study, an innovative biodegradable packaging material with advanced sensory properties was developed, based on polyaniline as the active sensing component and a polyurethane matrix. The polymer matrix enables homogeneous dispersion of polyaniline, whose conductivity and optical properties change in the presence of gases released during food spoilage. This mechanism allows for continuous and reliable real-time visual indication of food freshness. Additionally, the polyurethane matrix is functionalized with self-healing properties, extending the packaging's durability and preventing damage that could affect its sensing efficiency. FTIR spectroscopy confirmed the structural integrity of both polyaniline and the polyurethane matrix, while DSC analysis demonstrated that the thermal properties of the composite can be tailored by selecting appropriate components. A detailed characterization of polyaniline's sensing sensitivity to different gas concentrations was performed, along with an assessment of the stability and reproducibility of the sensor response. The obtained results confirm that the developed composite has great potential for application in intelligent food packaging, contributing to improved food safety and reduced waste of perishable products.

Keywords: polymeric sensors, intelligent food packaging, polyaniline, self-healing polyurethane.

Биографије | Biographies

Иван Ристић (Ivan Ristić)



Др Иван Ристић је ванредни професор на Технолошком факултету у Новом Саду, Универзитет у Новом Саду. Његова област истраживања обухвата синтезу различитих полимерних материјала, укључујући полиестере и био-полимере, паметне материјале и карактеризацију полимера. Ментор је четири одбрањене докторске дисертације из области био-мултифункционалних материјала. Др Ристић је руководилац или учесник на више националних и међународних истраживачких пројеката. Активно сарађује са водећим међународним научним институцијама, укључујући *Kansas Polymer Research Center*, *University of Pittsburgh* (*SAD*), *Institute of Macromolecular Chemistry* (*Czech Academy of Sciences*, *Prague*), *Charles University* (*Prague*), *University of Westminster* (*UK*) и *National Interuniversity Consortium of Materials Science and Technology* (*Italy*), међу осталима. Др Ристић је уредник/рецензент у бројним научним часописима. Тренутно обавља функцију председника Секције за инжењерство материјала Хемијског друштва Војводине – Српског хемијског друштва. Аутор је 80 научних радова индексираних на *SCI* листи, са преко 1.500 цитата и *h*-индексом 24. Поред тога, објавио је две књиге о биоразградивим материјалима и полиуретанима и аутор је четири национална патента.

Dr. Ivan Ristić is an Associate Professor at the Faculty of Technology Novi Sad, University of Novi Sad. He is an expert in the synthesis of various polymer materials, including polyesters and bio-based polyurethanes. His research focuses on polymer synthesis, biodegradable polymers, smart materials, and polymer characterization. He has supervised four completed PhD theses in the field of bio-based multifunctional materials. Dr. Ristić has served as the principal investigator or participant in multiple national and international research projects. He actively collaborates with leading international scientific institutions, including the Kansas Polymer Research Center, University of Pittsburgh (USA), Institute of Macromolecular Chemistry (Czech Academy of Sciences, Prague), Charles University (Prague), the University of Westminster (UK), and the National Interuniversity Consortium of Materials Science and Technology (Italy), among others. Dr. Ristić has been an editor and reviewer for numerous scientific journals. He currently serves as the President of the Section for Materials Engineering within the Chemical Society of Vojvodina – Serbian Chemical Society. He is the author of 80 scientific papers indexed in the SCI list, with over 1,500 citations and an h-index of 24. In addition, he has published two books on biodegradable materials and polyurethanes and holds four national patents.

Марија Крстић (Marija Krstić)



Марија Крстић, маст. инж. технологије, је истраживач сарадник на Технолошком факултету у Новом Саду, Универзитета у Новом Саду. Њено поље истраживања фокусира се на синтезу полимерних материјала, хемију макромолекула и карактеризацију полимера. Оспособљена је за рад на уређајима за термичку, структурну и механичку карактеризацију полимера. Марија Крстић је студент треће године докторских студија на Катедри за инжењерство материјала Технолошког факултета у Новом Саду. Одбранила је два мастер рада, на Технолошком факултету у Лесковцу, Универзитета у Нишу и на Природно-математичком факултету, Универзитета у Приштини-Косовској Митровици. На свим нивоима студија била је стипендиста Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије, као и Фонда за младе таленте. Добитница је годишње награде Српског хемијског друштва, као и награде за студента генерације Природно-математичког факултета за 2019. годину. Марија Крстић је аутор и коаутор 10 научних радова у међународним и домаћим часописима и учествовала је на многим међународним и домаћим конференцијама. Учесник је у реализацији 1 националног и 4 међународна пројекта.

MSc Marija Krstić is Research Associate at Faculty of Technology Novi Sad, University of Novi Sad. Her field of research focuses on the synthesis of polymeric materials, macromolecule chemistry and polymer characterization. She is trained to work on devices for thermal, structural and mechanical characterization of polymers. Marija Krstić is a third-year PhD student at the Department of Materials Engineering at the Faculty of Technology Novi Sad. She defended two master's theses, at the Faculty of Technology in Leskovac, University of Niš, and at the Faculty of Sciences and Mathematics, University of Priština-Kosovska Mitrovica. At all levels of study, she was a fellow of a scholarship from the Ministry of Education, Science and Technological Development of the Republic of Serbia, as well as from the Fund for Young Talents. She is the winner of the annual award of the Serbian Chemical Society, as well as the award for the student of the generation of the Faculty of Sciences and Mathematics for 2019. Marija Krstić is author and co-author of 10 scientific papers in international and national journals and she participated in many international and domestic conferences. She is a participant in the realization of 1 national, and 4 international projects.