

Postupak ocjene doktorskog rada

DOKTORAND/ICA:	Gabriela Aleksić, dipl. ing.
NASLOV RADA na engl. jeziku:	Utilization of a nano-TiO ₂ modified bilayer coating for paper conservation
NASLOV RADA na hrv. jeziku:	Uporaba dvoslojnoga premaza modificiranoga nanočesticama TiO ₂ u konzervaciji papira

ABSTRACT:
<p>This dissertation presents the development of an innovative nanocomposite coating aimed at mitigating the impact of physical, chemical, and biological deterioration factors, which pose a significant threat to historic paper in uncontrolled settings. The coating was developed to fulfil a dual purpose: (i) restoring paper's lost mechanical properties, and (ii) protecting paper from environmental factors of deterioration while also preserving its visual appearance, structural integrity, and tactile characteristics. To achieve this, the model paper was coated in two layers. The bottom layer consisted of starch, while the top layer contained methylcellulose loaded with various TiO₂ NP weight concentrations (0.2%, 0.5%, 0.75%, 1% and 2%). The dissertation investigated three main aspects of the conservation process: application, ageing, and reversal. The film-forming properties, surface properties and characteristics (including the dispersion level of TiO₂ NPs in the nanocomposite film), optical properties, mechanical properties, chemical properties, physical characteristics, antifungal properties, and reversibility of the prepared samples were evaluated. Additionally, correlations were established between the coatings' composition and the resulting changes. The findings have confirmed that the thickness and composition of the coating influence paper's optical and surface properties. At lower TiO₂ weight concentrations, an innovative bilayer coating can slow down the colour change induced by UV exposure. The proposed nano-TiO₂-modified bilayer coatings could not deactivate the growth of two fungal species (<i>Aspergillus niger</i> and <i>Trichoderma citrinoviride</i>) on model paper. The presence of TiO₂ in the coating also induces sporulation, which is attributed to the fungal stress-related response. This dissertation has provided new insights into the behaviour of cellulolytic fungi and their stress-related mechanisms.</p> <p>KEYWORDS: historic paper, coatings, biopolymers, titanium dioxide nanoparticles, UV radiation, cellulolytic fungi</p>

PROŠIRENI SAŽETAK:
<p>Stari ručno rađeni papir dugovječan je materijal. Unatoč navedenome, prirodni proces starenja starog papira nije moguće u potpunosti zaustaviti, već samo djelomično usporiti. Ubrzano propadanje i oštećivanje papira može uslijediti kao posljedica djelovanja brojnih fizikalnih, kemijskih i bioloških činitelja, ali i pod utjecajem raznih izvanrednih okolnosti. Kako bi se umanjio utjecaj činitelja propadanja te produljio vijek trajanja starog papira, konzervatori-restauratori služe se dvjema metodama: prva uključuje kontrolu okolišnih uvjeta u kojima se građa nalazi (preventivna zaštita), dok druga uključuje direktnu zaštitu materijala od kojih je građa sastavljena (kurativna zaštita, konzervacija-restauracija). Kurativna zaštita papirne građe uključuje razne postupke poput čišćenja, spajanja, ojačavanja, neutralizacije, konsolidacije, dimenzioniranja, premazivanja i sl., od kojih je neke moguće provoditi pomoću biopolimernih materijala. Takvi se materijali ovisno o njihovoj namjeni, viskoznosti i metodi nanosa mogu koristiti kao zaštitni premazi. Zaštitni premazi mogu sadržavati dodatne tvari, poput nanočestica, koje su u odnosu na veće čestice značajno reaktivnije te mogu povećati stupanj zaštite papira. Budući da svaka konzervatorsko-restauratorska intervencija može izazvati razne neželjene promjene papirne građe (optičke, kemijske, mehaničke i sl.), ista treba biti izvedena ciljano i minimalistički te s mogućnošću kasnijeg uklanjanja (reverzibilnost). Osim za papir, intervencija treba biti sigurna za konzervatora-restauratora i ostale djelatnike. Cilj ovoga istraživanja bio je osmisliti premaz, sastavljen od dvaju biopolimernih materijala korištenih u konzervaciji-restauraciji papira i nanočestica titanijeva dioksida, koji će strukturalno ojačati oslabjeli papir te ga zaštititi od djelovanja bioloških, kemijskih i fizikalnih uzroka propadanja. Ujedno navedeni premaz neće značajno utjecati na izgled i taktilna svojstva podloge na koju je nanesen. Budući da uvođenje novih materijala i postupaka nosi određen rizik i stoga zahtijeva prethodno ispitivanje njihova dugoročnog utjecaja na papir, tijekom istraživanja korišteni su odgovarajući modeli. Kao radna podloga korišten je ručno rađeni japanski papir s visokim udjelom kozo</p>

vlakana (70%), dok je kao osnovni premaz odabran škrob. Kao vanjski premaz i osnova nanokompozita korištena je metilceluloza, dok je kao aktivna tvar koja će pridonijeti zaštiti papira od UV (engl. Ultraviolet) zračenja i mikroorganizama odabran titanijev dioksid (TiO₂) u različitim koncentracijama (0.2%, 0.5%, 0.75%, 1% i 2%). Kako bi se ispitaio utjecaj premaza i njegovih pojedinačnih dijelova na papir, uzorci su podvrgnuti ubrzanome starenju (toplinsko starenje, UV starenje) te su ispitana njihova optička, površinska, kemijska i mehanička svojstva prije i nakon navedenih postupaka. Uz navedeno, ispitana je antifungalnost površine papira te reverzibilnost premaza. Rezultati su pokazali kako količina i sastav premaza utječu na optička i površinska svojstva papira. Uz navedeno, premazi koji sadrže nanočestice TiO₂ mogu usporiti promjenu boje papira izloženog UV zračenju, pri čemu niže koncentracije TiO₂ (0.2%, 0.5%) omogućavaju veći stupanj zaštite boje. Antifungalno djelovanje premaza nije potvrđeno. Celulolitičke gljivice reagirale su na prisustvo nanočestica TiO₂ u premazu povećanom sporulacijom kao mehanizmom obrane od stresnih uvjeta. Navedeni premazi nisu u potpunosti reverzibilni. Prisustvo nanočestica TiO₂ u premazu povećava stabilnost papira izloženog toplinskome starenju u odnosu na premazani papir koji ne sadržava nanočestice. Istraživanje je potvrdilo ulogu premaza u zaštiti boje papira od djelovanja UV zračenja i povišene temperature te ponudilo uvid u ponašanje celulolitičkih gljivica te njihove mehanizme povezane sa stresom.

Ključne riječi: stari papir, premazi, biopolimeri, nanočestice titanijeva dioksida, ultraljubičasto zračenje, celulolitičke gljivice

Zagreb, 22.04.2024.