



Sveučilište u Zagrebu

Tekstilno-tehnološki fakultet

Darinka Cvetković

**RAZVOJ I KARAKTERIZACIJA PREVLAKA S
PROPOLISOM I BIOPOLIMERIMA NA
TEKSTILU ZA TOPIKALNU NAMJENU**

DOKTORSKI RAD

Zagreb, 2026.



Sveučilište u Zagrebu

Tekstilno-tehnološki fakultet

Darinka Cvetković

**RAZVOJ I KARAKTERIZACIJA PREVLAKA S
PROPOLISOM I BIOPOLIMERIMA NA
TEKSTILU ZA TOPIKALNU NAMJENU**

DOKTORSKI RAD

Mentor: prof. dr. sc. Maja Somogyi Škoc

Zagreb, 2026.



University of Zagreb

Faculty of Textile Technology

Darinka Cvetković

**THE DEVELOPMENT AND
CHARACTERIZATION OF COATINGS WITH
PROPOLIS AND BIOPOLYMERS ON
TEXTILES FOR TOPICAL APPLICATION**

DOCTORAL DISSERTATION

Mentor: Prof. Maja Somogyi Škoc, Ph. D.

Zagreb, 2026.

SAŽETAK

U ovom doktorskom radu istražen je razvoj bioaktivnih tekstilnih prevlaka na bazi prirodnih polisaharida (hitozana, natrijeve karboksimetilceluloze i natrijeva alginata) s dodatkom propolisa za funkcionalnu modifikaciju pamučne tkanine i netkanog tekstila s potencijalnom topikalnom primjenom. Primjenom dizajna eksperimenata (Design of Experiments, DoE) optimirani su sastav formulacija i uvjeti njihove pripreme radi dobivanja stabilnih bioaktivnih prevlaka uz očuvanje uporabnih svojstava tekstilnih podloga.

HPLC analizom potvrđeno je da sastav ekstrakcijskog sredstva značajno utječe na ekstrakciju galangina, pri čemu su hidroalkoholni sustavi pokazali veću učinkovitost od vodenih i uljnih ekstrakata. Na temelju dobivenih rezultata razvijene su nove formulacije propolisa koje su uspoređene sa standardiziranim komercijalnim pripravkom te uspješno nanosene na tekstilne materijale postupkom uranjanja.

SEM analiza potvrdila je uspješno formiranje prevlaka na površini vlakana, dok su FTIR-ATR i UV-Vis spektroskopija potvrdile prisutnost karakterističnih funkcionalnih skupina te uspješnu ugradnju propolisa u polisaharidne matrice. Fizikalna ispitivanja pokazala su povećanje mase i debljine uz očuvanje zadovoljavajućih uporabnih svojstava tekstilnih podloga, dok je test upijanja kapi potvrdio mogućnost regulacije površinskih svojstava optimiranjem sastava formulacija.

Biološka ispitivanja pokazala su antibakterijsko djelovanje razvijenih prevlaka prema gram-pozitivnim i gram-negativnim bakterijama, s izraženijim učinkom prema bakteriji *Staphylococcus aureus*, dok su ispitivanja citotoksičnosti potvrdila dobru biokompatibilnost odabranih formulacija. Dobiveni rezultati potvrđuju da kombinacija prirodnih polisaharida i propolisa omogućuje razvoj bioaktivnih tekstilnih prevlaka s povoljnim kemijskim, fizikalnim i biološkim svojstvima.

Znanstveni doprinos rada ogleda se u optimiranju formulacija propolisa primjenom dizajna eksperimenata, razvoju bioaktivnih polisaharidnih prevlaka za funkcionalizaciju celuloznih tekstilnih materijala te njihovoj cjelovitoj kemijskoj, morfološkoj, fizikalnoj i biološkoj karakterizaciji. Dobiveni rezultati predstavljaju doprinos razvoju održivih bioaktivnih tekstilnih materijala te proširuju znanstvene spoznaje o funkcionalizaciji celuloznih tekstilnih podloga prirodnim polisaharidima i propolisom za potencijalnu topikalnu primjenu.

Ključne riječi: *Propolis, hitozan, natrijeva karboksimetilceluloza, natrijev alginat, bioaktivne tekstilne prevlake, funkcionalizacija tekstila, dizajn eksperimenata (DoE), antibakterijska aktivnost, citotoksičnost, topikalna primjena.*

ABSTRACT

This doctoral thesis investigates the development of bioactive textile coatings based on natural polysaccharides (chitosan, sodium carboxymethyl cellulose, and sodium alginate) enriched with propolis, for the functional modification of cotton fabrics and nonwoven textiles intended for potential topical applications. A Design of Experiments (DoE) approach was employed to optimise the formulation composition and preparation conditions in order to obtain stable bioactive coatings while preserving the functional properties of the textile substrates.

High-performance liquid chromatography (HPLC) showed that the extraction medium significantly influences galangin extraction, with hydroalcoholic systems exhibiting higher extraction efficiency than aqueous and oil-based extracts. On the basis of these findings, novel propolis formulations were developed, compared with a standardised commercial preparation, and successfully applied to textile substrates using a dip-coating process.

Scanning electron microscopy (SEM) confirmed successful coating formation on the fibre surfaces, while FTIR-ATR and UV–Vis spectroscopy verified the presence of characteristic functional groups and the successful incorporation of propolis into the polysaccharide matrices. Physical characterisation revealed an increase in fabric mass and thickness, while satisfactory functional properties of the textile substrates were maintained. Furthermore, drop absorption testing showed that the surface properties of the coatings could be effectively tailored through formulation optimisation. Biological evaluation confirmed the antibacterial activity of the developed coatings against both Gram-positive and Gram-negative bacteria, with a more pronounced effect against *Staphylococcus aureus*. Cytotoxicity testing demonstrated good biocompatibility of the selected formulations. The results obtained confirm that the combination of natural polysaccharides and propolis enables the development of bioactive textile coatings with favourable chemical, physical, and biological properties.

The scientific contribution of this research lies in the optimisation of propolis formulations using a Design of Experiments approach, the development of bioactive polysaccharide-based coatings for the functionalisation of cellulose-based textile materials, and their comprehensive chemical, morphological, physical, and biological characterisation. The findings contribute to the development of sustainable bioactive textile materials and expand current knowledge on the functionalisation of cellulose-based textile substrates with natural polysaccharides and propolis for potential topical applications.

Keywords: *Bioactive textile coatings; propolis; chitosan; sodium carboxymethylcellulose; sodium alginate; cellulose textiles; Design of Experiments (DoE); HPLC; FTIR-ATR; SEM; UV–Vis spectroscopy; antibacterial activity; topical application.*