

Brigita Tomšič, univ. dipl. inž. teks.

izr. prof. dr. Barbara Simončič, univ. dipl. inž. teks.

Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za tekstilstvo, Snežniška 5, SI-1000 Ljubljana; e-pošta: brigita.tomšic@ntf.uni-lj.si; barbara.simoncic@ntf.uni-lj.si

## Protimikrobna učinkovitost 3-(trimetoksisilil)-propildimetilalkilamonijevega klorida

V raziskavi je bila proučevana protimikrobna učinkovitost dveh biostatov na podlagi 3-(trimetoksisilil)-propildimetilalkilamonijevega klorida, ki se med seboj razlikujeta po dolžini alkilne verige. Sredstvi sta bili nanášeni na bombažno tkanino po impregnirnem postopku s polnim omakanjem in sušenjem. Protimikrobna učinkovitost apretiranih vzorcev tkanine je bila ocenjena za štiri vrste bakterij *Escherichia coli* (ATCC 25922), *Streptococcus faecalis* (ATCC 29912), *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 27853) in *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923) ter dve glivi *Aspergillus niger* (ATCC 6275) in *Chaetomium globosum* (ATCC 6205). Bakterio-statična učinkovitost sredstev je bila določena z dinamičnim stresalnim testom po standardu ASTM E 2149-01, njuno fungistatično delovanje pa po standardu DIN 53931. Iz rezultatov dinamičnega stresalnega testa je razvidno, da je bakterijska redukcija pri uporabi ustrezne koncentracije protimikrobnega sredstva ne glede na dolžino alkilne stranske skupine za vse proučevane vrste bakterij visoka. Znaša od 80 do 100 %, kar je odvisno od koncentracije protimikrobnega sredstva in od proučevane bakterijske vrste. V nasprotju z dobrim bakterio-statičnim delovanjem pa je fungistatično delovanje proučevanih sredstev za obe proučevani glivi manj učinkovito. Iz rezultatov testa omočljivosti je tudi razvidno, da se z nanosom obeh biostatov zmanjša hidrofilitnost bombažne tkanine v primerjavi z neapretirano. Vzrok za to so prisotne stranske hidrofobne alkilne skupine, ki jih v strukturi vključujeta obe sredstvi. Iz raziskave lahko povzamemo, da sta proučevani protimikrobni sredstvi zelo učinkovita bakterio-stata, manj učinkovita fungistata, njuna prisotnost na bombažni tkanini pa poleg povečanja protimikrobne zaščite vpliva tudi na zmanjšanje njene omočljivosti.

**Ključne besede:** bombažna tkanina, protimikrobna apretura, biostat, bakterio-statična učinkovitost, fungistatična učinkovitost, mikrobiološki testi.

### Antimicrobial activity of 3-(trimethoxysilyl)-propyldimethylalkilamonium chloride

In the present research the antimicrobial activity of two biostats on the basis of 3-(trimethoxysilyl)-propyldimethylalkilamonium chloride, which differ in the length of the alkyl chain, was studied. Agents were applied on the cotton fabric by the padding method with full soaking and drying. The antimicrobial activity of the finished fabric samples was estimated for four kinds of bacteria *Escherichia coli* (ATCC 25922), *Streptococcus faecalis* (ATCC 29912), *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 27853) and *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923) and two fungi *Aspergillus niger* (ATCC 6275) and *Chaetomium globosum* (ATCC 6205). Bacteriostatic activity was determined using the dynamic shake flask test conformed to the standard ASTM E 2149-01, while their fungistatic activity was determined in conformity with the standard DIN 53931. The results of the dynamic shake flask test show that at the sufficient concentration of both antimicrobial agents, irrespectively of the alkyl chain length, the reduction of all tested bacteria was high. It was in the range of 80 to 100 %, which depends on the concentration of the antimicrobial agent as well as on the used bacteria.

*In contrast to the high bacteriostatic activity, the fungistatic activity of the studied biostats is less efficient for both tested fungi. From the results of the wetting test it is also obtained that the application of biostats influences the decrease of the cotton fabric hydrophility in comparison to the untreated sample. The reason for this is the presence of the hydrophobic alkyl chains, which are included as side groups in the structure of both agents. From this research it can be concluded that the studied antimicrobial agents are very effective bacteriostats, less efficient fungistats and that besides their antimicrobial protection they also influence the decrease of the fabric wettability when they are present on the cotton fabric.*

**Key words:** cotton fabric, antimicrobial finishing, biostat, bacteriostatic activity, fungistatic activity, microbiological tests.

## 1.0 UVOD

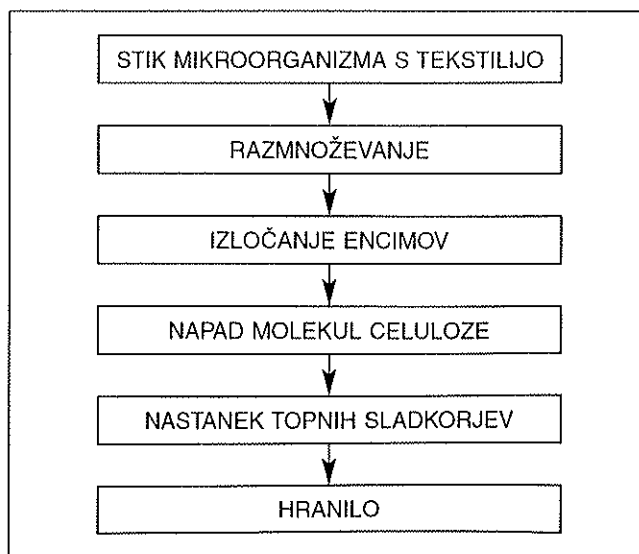
Življenja brez mikroorganizmov, komaj 1–4  $\mu\text{m}$  velikih živih celic, si skorajda ne moremo predstavljati. Te žive celice, ki imajo zavidljivo moč prilagajanja ter hitro in preprosto način razmnoževanja, proizvajajo veliko človeku koristnih snovi. Poleg tega v veliki meri nase-ljujejo človeški organizem, kjer zagotavljajo nemoteno delovanje organizma in so sestavni del tako imenovane normalne mikroflore [1, 2].

Zaradi neposrednega stika kože s tekstilijami se mikroorganizmi kmalu naselijo na tekstilnih vlaknih, tako naravnih kot tudi sintetičnih. Pod vplivom vlage, toplote in zadostne količine hrane se mikroorganizmi na tekstilijah nenadzorovano razmnožijo ter s tem povzročijo različne nevšečnosti. Bakterije iz vrst *Staphylococcus epidermis* in *Corynebacterium* sp. so glavni povzročitelji smradu telesa in oblačil [3]. Bakterijska vrsta *Proteus mirabilis* ter glivi *Candida albicans*, *Epidermophyton floccosum* in gliva rodu *Trichophyton* lahko povzročijo nastanek različnih kožnih izpuščajev in obo-lenj [3]. Zaradi možnosti povzročitve nalezljivih bolezni so mikroorganizmi nezaželeni tudi na tekstilijah, ki se uporabljajo v bolnišnicah in hotelih, kjer obstaja velika verjetnost prenosa mikroorganizmov s človeka na človeka. Tako se na tekstilijah nahaja tudi patogena Gram-pozitivna bakterijska vrsta *Staphylococcus aureus*, ki je ena glavnih povzročiteljic bolnišničnih okužb [4].

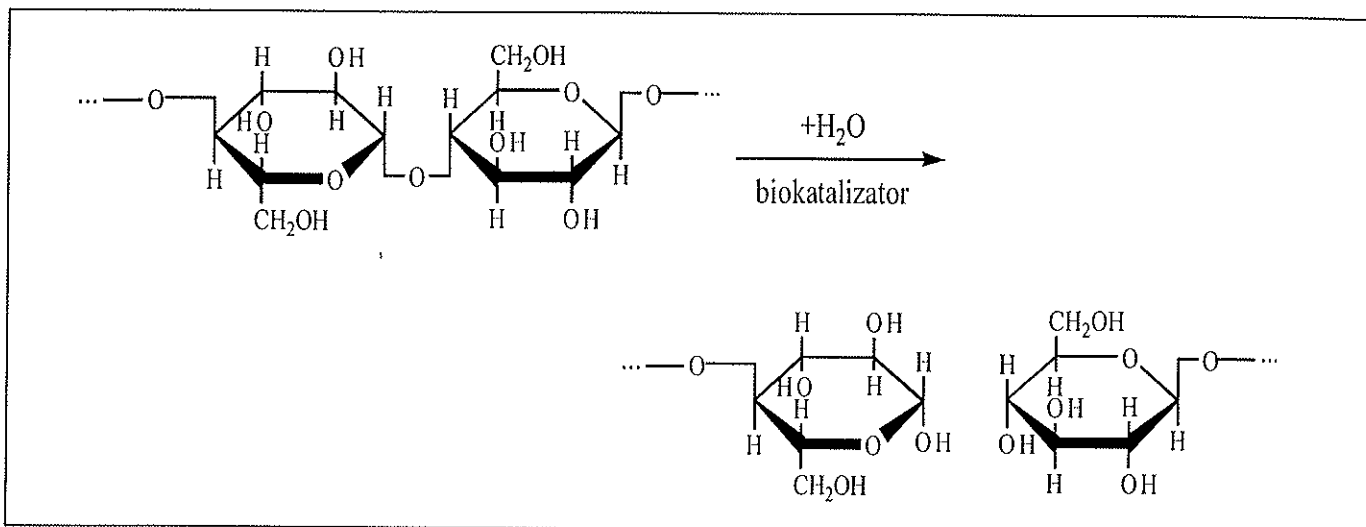
Prisotnost mikroorganizmov na tekstilnih vlaknih je nezaželena tudi z estetskega in uporabnega vidika tekstilij. Tekstilna vlakna, tako naravna kot sintetična, dajejo ugodne razmere za razvoj mikroorganizmov. Medtem ko se na sintetičnih vlaknih nahajajo predvsem bakterije in le v manjši meri glive, so naravna celulozna, volnena in svilena vlakna odlično gojišče tako za rast bakterij kot tudi gliv in alg. Čezmerna in nenadzorovana rast mikroorganizmov na tekstilnih vlaknih lahko namreč poleg nevšečnosti, ki jih povzroči človeku, ki nosi takšne tekstilije, neposredno vpliva tudi na spremembo barve tekstilij in izgubo nekaterih mehanskih lastnosti, kot so pretržna sila, pretržni raztezek in

elastičnost [3, 5, 6]. To vodi do zmanjšanja uporabnih lastnosti tekstilij tako s higienskega kot z estetskega vidika. Medtem ko so za raziskave s področja mikrobiologije in medicine pomembne predvsem tiste bakterijske vrste in glive, katerih prisotnost na tekstilijah lahko povzroči različna obolenja in okužbe, je z vidika tekstilne kemije bistvenega pomena proučevanje delovanja tistih mikroorganizmov, ki so vključeni v proces biorazgradnje tekstilnih vlaken. Med njimi so najaktivnejše glive rodu *Aspergillus*, *Chaetomium*, *Microsporium*, *Myrothecium* in *Penicillium*, ki povzročijo encimatski razpad tako naravnih kot sintetičnih vlaken [7]. Najpomembnejše bakterije, ki povzročijo razpad vlaken, so iz vrst *Bacillus*, *Cellulomonas* in *Pseudomonas* [7].

Spore gliv, ki so prisotne v zraku, se posedejo na vlakna, kjer se pri ugodni temperaturi in zadostni vlagi začne njihova rast, ki jo opazimo kot nastanek plesni. Pri tem glive sproščajo encim, ki deluje kot biokatalizator, saj v prisotnosti vode pospeši razgradnjo 1,4  $\beta$  glukozidne vezi (slika 1 in 2). Pri hidrolizi, ki je osnovna reakcija biodegradacije celuloze, se netopen polimer pretvori v topne sladkorje, ki so pomembno hranilo tako za glive kot tudi za bakterije [6, 8, 9].



Slika 1: Proces biodegradacije celuloznih vlaken [6].



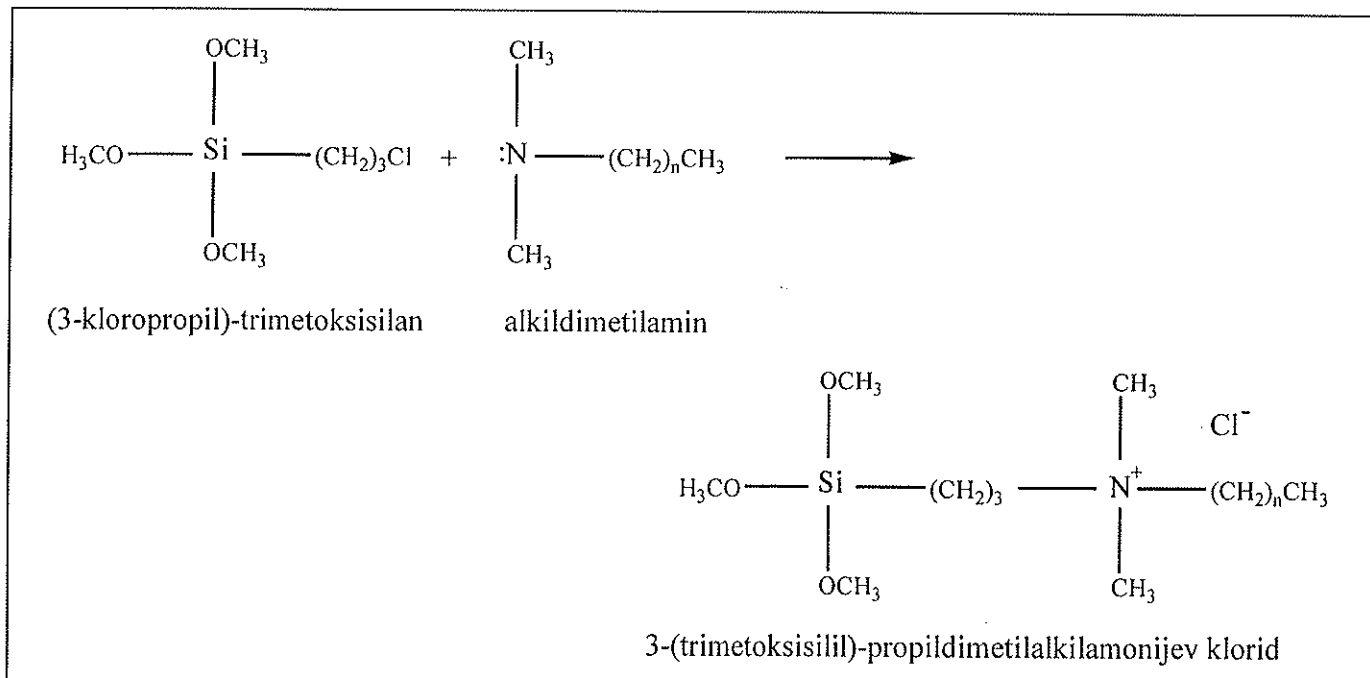
Slika 2: Razcep 1,4 β glukozične vezi pod vplivom encima celulaza [8].

Zaradi nevšečnosti, ki jih povzročajo mikroorganizmi, kot tudi zaradi težnje po izboljšanju pogojev nošenja tekstilij je postala protimikrobna zaščita tekstilnih vlaken velik izziv za tekstilno industrijo. Tako so na trg prišla številna protimikrobna sredstva, ki se med seboj razlikujejo po kemični strukturi, načinu delovanja in učinkovitosti [3, 4]. Med njimi na splošno razlikujemo biocide in biostate. Medtem ko so biocidi (baktericidi, fungicidi in insekticidi) sredstva, ki uničijo bakterije, glive in insekte, pa je za biostate (bakteriostate in fungistate) značilno, da le zmanjšajo hitrost in stopnjo njihove rasti [3].

Pomembna sodobna protimikrobna sredstva, ki jih uvrščamo med biostate, so alkoksasilani, pri katerih je na silicijev atom vezana kvarтерна amonijeva spojina z dolgo linearno ogljikovodikovo verigo. Slednja zavze-

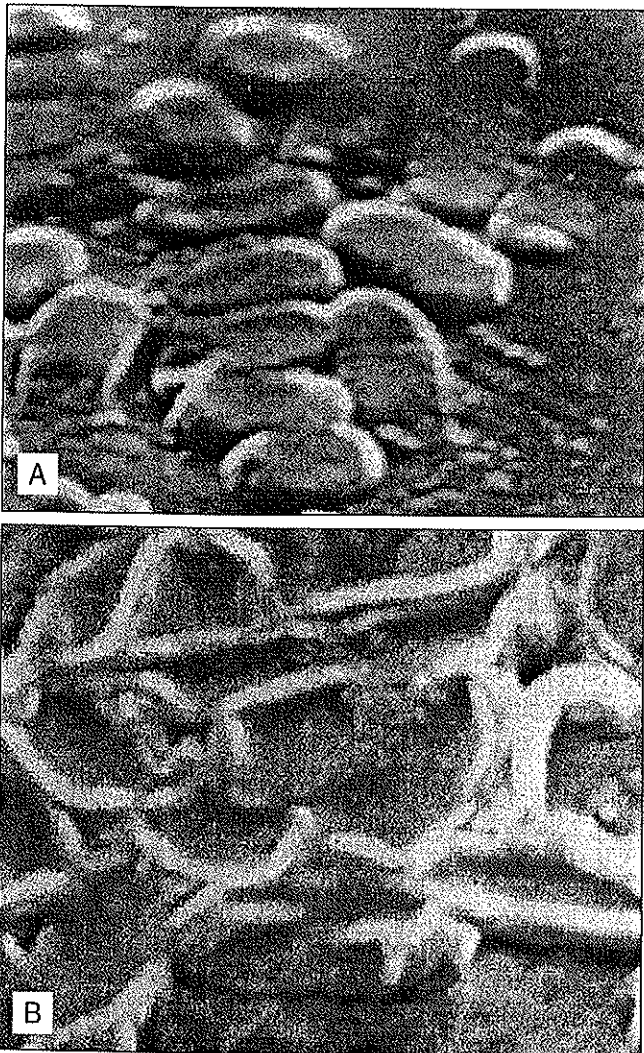
ma pomembno mesto med biocidi in protimikrobno deluje na širok spekter bakterij, manj pa je učinkovita za glive. Sinteza alkoksasilanov s stransko alkildimetilamonijevo skupino poteka na različne načine, ki lahko temeljijo na reakciji (3-kloropropil)-trimetilsilana z alkildimetilaminom, pri čemer nastane 3-(trimetoksisilil)-propildimetilalkilamonijev klorid (slika 3).

Alkoksasilani se pod ustreznimi pogoji na površini tekstilij zamrežijo v polimerni film, ob prisotnosti funkcionalnih hidroksilnih skupin vlaken pa poteče tudi zamreženje med polimeri in tekstilnim substratom [3-6]. Kvarterne amonijeve skupine, ki jih vključujejo alkoksasilani, delujejo kot biološka ovira za mikroorganizme [3-6]. Interakcije med mikroorganizmom in protimikrobnim sredstvom, kjer so pomembne tako nepolarne interakcije z dolgo ogljikovodikovo verigo sredstva kot



Slika 3: Sinteza 3-(trimetoksisilil)-propildimetilalkilamonijevega klorida.

tudi polarne interakcije s kationskim dušikom amonijeve skupine sredstva, imajo za posledico penetracijo hidrofobne skupine v mikroorganizem, kar omogoči kvarterni amonijevi skupini, da v stiku s celično membrano mikroorganizma fizično prekine vse ključne celične funkcije ter s tem povzroči njegovo uničenje (slika 4). Ker je protimikrobno sredstvo vezano na površino vlaken in z nje ne prehaja v okolico, ne more v celoti uničiti bakterij na koži, ne povzroča njenega draženja, manjša pa tudi verjetnost prilagoditve mikroorganizmov nanj [5, 10–12].



Slika 4: SEM posnetek bakterije *Eshcherichia coli* pred (A) in po (B) stiku z alkoksisilanom [13].

Alkoksisilane lahko na tekstilije nanašamo po impregnirnem ali izčrpalnem postopku. Primerni so za plemenjenje celuloznih, poliestrskih in poliamidnih vlaken, kjer deluje protimikrobno na širok spekter mikroorganizmov [4, 13]. Prednost uporabe alkoksisilanov pri plemenjenju tekstilij je tudi hitra nevtralizacija odpadnih voda in s tem varovanje okolja. Deaktiviranje impregnirne kopeli protimikrobnega sredstva se doseže že z dodatkom ekvimolekularne koncentracije anionskega tenzida, posledica pa je izboritev nastale-

ga kompleksa [10]. Takšen način nevtralizacije za okolje ni nevaren, poleg tega pa s takšno poobdelavo odpadnih voda preprečimo uničenje tistih mikroorganizmov, ki so v naravi koristni.

Namen raziskave je bil podrobneje proučiti protimikrobno delovanje biostatov na podlagi alkoksisilanov s stranskimi alkildimetilamonijevimi skupinami, ki so sodobna ekološko neoporečna protimikrobna sredstva, ter ugotoviti, kakšna je njihova bakteriostatska in fungistatska aktivnost za različne vrste bakterij in gliv.

## 2.0 EKSPERIMENTALNI DEL

### 2.1 Podatki o tkanini

V raziskavi smo uporabili tkanino iz 100-odstotnega bombaža v platno vezavi s ploščinsko maso 162 g/m<sup>2</sup> ter gostoto osnove 30 niti/cm in gostoto votka 24 niti/cm. Tkanina je bila predhodno beljena in mercerizirana ter s tem pripravljena za plemenjenje. Ker je imela tkanina šibko alkalen pH, smo jo pred apretiranjem nevtralizirali z razredčeno očetno kislino ter jo intenzivno sprali z destilirano vodo. Meritve pH vodnega ekstrakta smo opravili v treh ponovitvah po standardu EN 1413 : 1997. pH koncentriranega vodnega ekstrakta je znašal 6,7, pH desetkrat razredčenega vodnega ekstrakta pa 7,0.

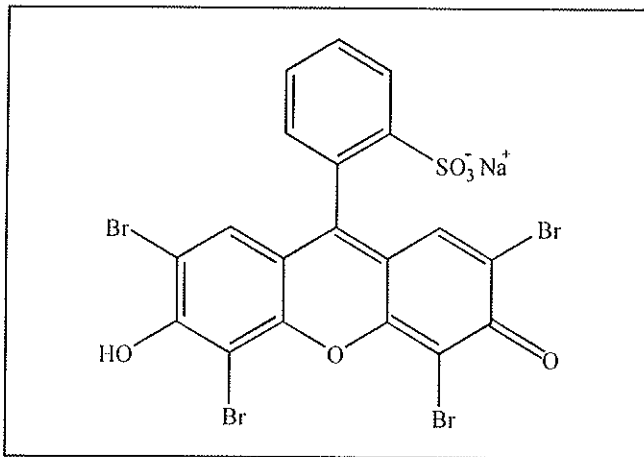
### 2.2 Apretiranje tkanine

V raziskavi smo uporabili dva tržna produkta protimikrobnih sredstev na podlagi alkoksisilanov, in sicer 3-(trimetoksisilil)-propildimetiloktadecilamonijev klorid (sredstvo A) in 3-(trimetoksisilil)-propildimetiltetradecilamonijev klorid (sredstvo B). Sredstvi smo na tkanino nanесли obojestransko po impregnirnem postopku s polnim omakanjem, ki je vključeval impregniranje pri sobni temperaturi, ožemanje na fularju z 80-odstotnim ožemalnim učinkom in toplozračno sušenje v laboratorijskem razpenjalnem sušilniku pri temperaturi 140 °C. Pogoje impregniranja smo izbrali glede na priporočila izdelovalcev apretirnih sredstev. Pri sredstvu A smo uporabili različne koncentracije,  $c_{PMS}$ , in sicer 50, 75, 100, 125 in 150 g/l, ki pomenijo koncentracije 4, 6, 8, 10 do 12 % na maso suhe tkanine, pri sredstvu B pa koncentracijo 9 g/l, ki znaša 0,7 % na maso suhe tkanine. Koncentracije smo izbrali v skladu s tehnično dokumentacijo za posamezno sredstvo. Impregnirne kopeli smo pripravili v enkrat destilirani vodi.

### 2.3 Test z bromofenol modrim (BPB) reagentom

Test z BPB reagentom, ki je alkalna raztopina natrijeve soli 3'-3''-5'-5''-tetrabromofenolsulfonftaleina (slika 5), smo uporabili za kvalitativno in kvantitativno ovredno-

tenje koncentracije proučevanih protimikrobnih sredstev na apretiranih vzorcih tkanine. Test temelji na principu kompleksiranja aniona BPB reagenta s kvarterno amonijevo skupino protimikrobnega sredstva na površini tekstilije, kar se kaže v intenzivnosti modrega obarvanja tretiranih vzorcev. Večja ko je koncentracija nanesenega protimikrobnega sredstva na vzorcu, intenzivnejše je modro obarvanje z BPB reagentom.



Slika 5: Struktura 3'-3''-5'-5''-tetrabromofenolsulfonftaleina.

Za barvanje vzorcev tkanine z BPB reagentom smo pripravili 0,001-odstotno raztopino BPB reagenta z destilirano vodo, ki smo jo rahlo naalkalili z nekaj kapljicami raztopine  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Zatehtali smo 1,0 g vzorca in ga potopili v 50,0 ml raztopine BPB reagenta ter raztopino z vzorcem intenzivno stresali 20 minut. Po stresanju smo vzorec odstranili iz BPB raztopine, dve minuti spirali s toplo vodo, nato pa glede na intenzivnost modrega obarvanja vzorca kvalitativno ocenili koncentracijo prisotnega protimikrobnega sredstva po BPB barvni lestvici. Kvantitativno oceno koncentracije protimikrobnega sredstva na vzorcih smo določili spektrofotometrično. Raztopinam BPB reagenta smo po stresanju določili absorbanco pri valovni dolžini absorpcijskega maksimuma BPB reagenta, ki je znašala 590 nm, in jo primerjali z absorbanco kopeli pred stresanjem. Izčrpanje,  $E$ , smo določili iz naslednje enačbe:

$$E = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100 \quad (1)$$

kjer sta  $A_0$  in  $A_1$  absorbanci raztopine BPB reagenta pred stresanjem in po njem.

Večje je izčrpanje BPB reagenta, večja je koncentracija nanesenega protimikrobnega sredstva in narobe.

## 2.4 Preiskava učinkovitosti protimikrobnega sredstva

Protimikrobno učinkovitost sredstev smo določili z dvema testoma, in sicer bakteriostatično učinkovitost po standardu ASTM E 2149-01 in fungistatično učinkovitost

po standardu DIN 53931. Mikrobiološke teste smo opravili v Centru za mikrobiologijo Zavoda za zdravstveno varstvo v Mariboru.

Pri določitvi bakteriostatične učinkovitosti sredstev smo uporabili dinamični stresalni test po standardu ASTM E 2149-01. Test smo opravili za štiri vrste bakterij, in sicer *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923), *Streptococcus faecalis* (ATCC 29912), *Escherichia coli* (ATCC 25922) in *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 27853).

Dinamično stresalni test smo izvedli tako, da smo v pufrno raztopino cepili po standardu zahtevano koncentracijo bakterij, ki je znašala  $1,5 \times 10^5$  bakterij. Nato smo v plastične posodice s pokrovčkom zatehtali 0,9 g vzorca in ga prelili s  $50 \pm 0,1$  ml pufrne raztopine z bakterijami. Posodice smo nato določen čas (ena minuta in ena ura) stresali na stresalniku pri 37 °C. Po enominutnem in enournem stresanju smo v aseptičnih pogojih odpipetirali 0,1 ml pufrne raztopine z bakterijami in jo enakomerno razmazali po površini hranljivega agarja, ki se je nahajal v petrijevkah, ter petrijevke inkubirali 24 ur pri temperaturi 37 °C. Po končani inkubaciji smo s pomočjo povečevalnega stekla prešteli število kolonij bakterij, ki so se razrasle na hranljivem agarju, ter izračunali bakterijsko redukcijo,  $R$ , po naslednji enačbi:

$$R, (CFU) = \frac{B - A}{B} \times 100 \quad (2)$$

kjer je  $A$  število kolonij bakterij (CFU) po eni uri stresanja apretiranega vzorca,  $B$  pa CFU po enominutnem stresanju (času »0«) apretiranega vzorca. Za zadovoljivo bakteriostatično delovanje sredstva mora vrednost  $R$  preseči 60 %.

Bakteriostatično učinkovitost sredstev smo vrednotili tudi po testu JIS L 1902, kjer se bakteriostatična aktivnost,  $S$ , določi primerjalno glede na rast bakterij po stresanju apretiranega in neapretiranega vzorca. Izračunali smo jo po naslednji enačbi:

$$S = R_1 - R_2 \quad (3)$$

kjer je

$$R_1 = \log B - \log A$$

$$R_2 = \log D - \log C \quad (4)$$

V enačbi 4 sta  $D$  in  $C$  število bakterij v pufrni raztopini z neapretiranim vzorcem, in sicer  $D$  v času »0« in  $C$  po eni uri stresanja. Vrednosti  $A$  in  $B$  sta opisani pri enačbi (2).

Dobljene vrednosti  $S$  se vrednotijo takole:

- vrednost  $S$ , manjša od 0,0, pomeni, da je prišlo do rasti bakterij in je zato bakteriostatična aktivnost nezadovoljiva,
- vrednost  $S$  med 0,0 in 1,0 pomeni nepomembno redukcijo ter s tem prav tako nezadovoljivo bakteriostatično aktivnost,

- vrednost  $S$  med 1,0 in 2,0 pomeni zmerno redukcijo ter s tem zadostno bakteriostatsko aktivnost le za določene primere,
- vrednost  $S$  večja od 2,0 pomeni visoko redukcijo in s tem dobro bakteriostatsko aktivnost.

Fungistatično učinkovitost sredstev smo ocenili po standardu DIN 53931, in sicer za glivi *Aspergillus niger* (ATCC 6275) in *Chaetomium globosum* (ATCC 6205). Na gojišče – hranljivi agar smo ločeno cepili glivi (po 0,5 ml disperzije) ter inkubirali 24 ur pri  $29 \pm 1$  °C. Po 24 urah smo na gojišče prenesli vzorce apretirane tkanine, primerjalno pa tudi neapretiran vzorec. Po sedemdnevem inkubiranju vzorcev v prisotnosti gliv pri  $29 \pm 1$  °C in 80-odstotni relativni vlagi smo določili stopnjo poraščenosti vzorcev in intenziteto rasti gliv. Stopnja poraščenosti vzorca se poda z ocenami od 0 do 5. Pri tem pomeni ocena 0 – vzorec je neporaščen in okrog njega se je oblikovala cona inhibicije, (0) – vzorec neporaščen, a brez cone inhibicije, 1 – poraščen rob vzorca, 2 – vzorec poraščen manj kot 25-odstotno, 3 – vzorec poraščen od 25 do 75-odstotno, 4 – vzorec poraščen več kot 75-odstotno in 5 – popolna poraščenost vzorca. Intenziteta rasti gliv se poda z enim, dvema ali tremi plusi, kjer + pomeni zelo slabo intenziteto, samo micelij brez spor, ++ micelij, delno spore in +++ zelo močna intenziteta, močno razvite spore.

## 2.5 Omočljivost apretirane tkanine

Na apretiranih vzorcih tkanine smo opravili tudi test omočljivosti po standardu AATCC 39-1952. Test temelji na merjenju časa pronicanja kapljice vode v notranjost predhodno klimatiziranega vzorca tekstilije pri relativni vlažnosti  $65 \pm 2$  % in temperaturi  $21 \pm 1$  °C. Pri tem smo čas pronicanja kapljice vode v tekstilni substrat merili od trenutka, ko je kapljica vode padla na vzorec blaga, pa do takrat, ko je kapljica vode v celoti pronicala v vzorec. Krajši ko je čas pronicanja, boljša je omočljivost vzorca. Rezultate smo podali kot povprečne vrednosti desetih meritev. Test omočljivosti smo opravili tudi na apretiranih pranih in pozneje likanih vzorcih. Pranje smo izvedli v pralnem stroju pri temperaturi 40 °C z uporabo gospodinjskega pralnega praška. Pranju sta sledila izpiranje in ožemanje vzorcev. Le-te smo nato sušili na zraku pri sobni temperaturi. Likanje vzorcev smo izvedli brez pare pri temperaturi 200 °C 15 sekund.

## 3.0 REZULTATI Z RAZPRAVO

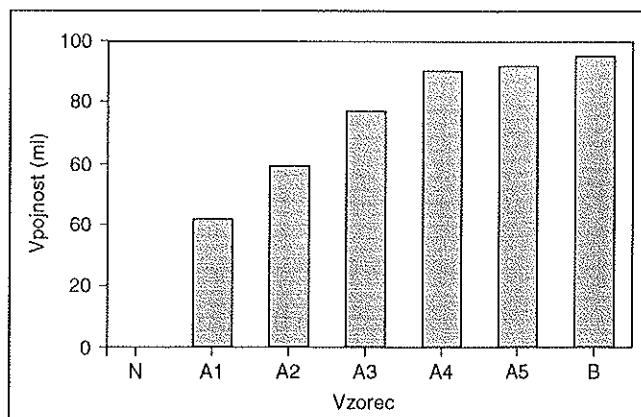
Na podlagi primerjave intenzivnosti obarvanj apretiranih vzorcev tkanine z BPB reagentom z BPB barvno lestvico lahko rečemo (preglednica 1), da je koncentracija 4-odstotnega sredstva A na maso suhe tkanine,

ki smo jo dosegli z uporabo 50 g/l sredstva A ob 80-odstotnem ožemalnem učinku, prenizka in zato nezadovoljiva. Ustrezen nanos smo dobili pri uporabi 75 g/l sredstva A (6 % na maso suhe tkanine), uporaba višjih koncentracij sredstva A pa je glede na BPB barvno lestvico previsoka in zato neustrezna. Iz rezultatov je tudi razvidno, da je uporabljena koncentracija 9 g/l sredstva B (0,7 % na maso suhe tkanine) previsoka.

**Preglednica 1:** Kvalitativna ocena koncentracije protimikrobnega sredstva,  $c_{PMS}$ , na vzorcih apretiranih z različnimi koncentracijami sredstev A in B.

Sredstvo	$c_{PMS}$ (g/l)	Ocena po BPB barvni lestvici	Kvalitativna ocena $c_{PMS}$
A	50	rahlo premalo obdelano	prenizka
	75	dobro obdelano	ustrezna
	100	rahlo preobdelano	ustrezna
	125	preobdelano	previsoka
	150	preobdelano	previsoka
B	9	preobdelano	previsoka

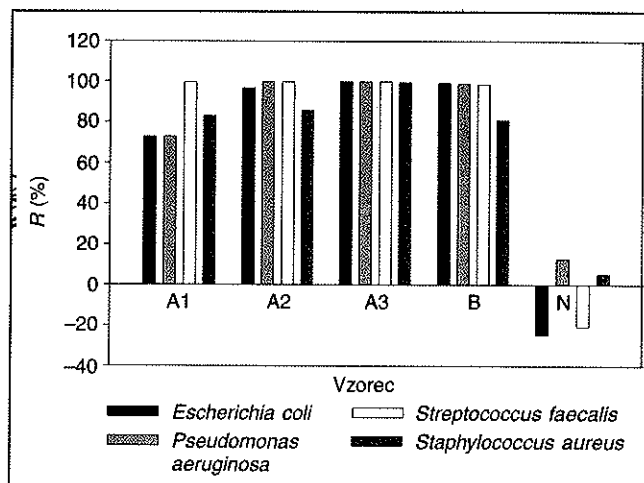
Meritve absorbance raztopine BPB reagenta po 20-minutnem stresanju vzorcev, apretiranih s sredstvom A, so pokazale, da se z višanjem koncentracije tega sredstva na površini tkanine večja izčrpanje BPB reagenta (slika 6). To je razumljivo, saj je pri večjem nanosu protimikrobnega sredstva na površini tkanine prisotnih več kvarternih amonijevih skupin, na katere se lahko elektrostatsko veže BPB reagent. Iz primerjave rezultatov, dobljenih za sredstvi A in B, je tudi razvidno, da je adsorpcija BPB reagenta na vzorec, apretiran s sredstvom B, kljub njegovi nizki koncentraciji celo večja kot adsorpcija BPB reagenta na vzorec, apretiran z 12-odstotnim sredstvom A. Iz tega lahko sklepamo, da ima tržni produkt sredstva B dobre izčrpalne



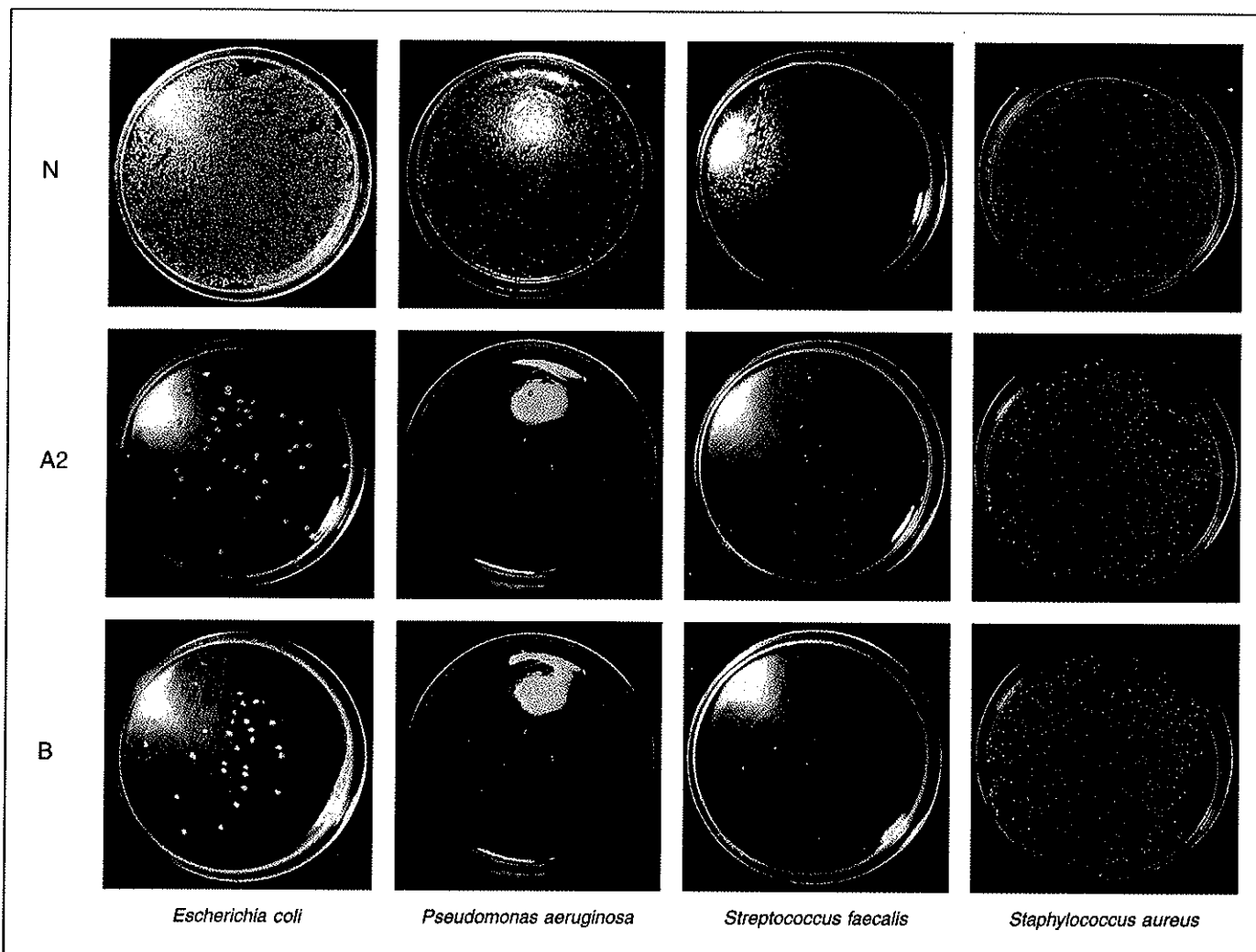
**Slika 6:** Izčrpanje, E, BPB reagenta po 20-minutnem stresanju vzorcev, apretiranih z različnimi koncentracijami protimikrobnih sredstev A in B. Vzorec: N – neapretiran, A1 – 50 g/l sredstva A, A2 – 75 g/l sredstva A, A3 – 100 g/l sredstva A, B – 9 g/l sr.

lastnosti, ki se odražajo tudi pri impregnirnem postopku nanosa sredstva.

Iz rezultatov dinamičnega stresalnega testa je razvidno (slika 7), da je prisotnost protimikrobnih sredstev A in B bistveno vplivala na zmanjšanje števila bakterijskih vrst *Escherichia coli*, *Streptococcus faecalis*, *Pseudomonas aeruginosa* in *Staphylococcus aureus* v pufrni raztopini po enournem stresanju apretiranih vzorcev v primerjavi z neapretiranim vzorcem. V vseh proučevanih primerih je ne glede na uporabljeno sredstvo in njegovo koncentracijo bakterijska redukcija preseгла vrednost 60 %, ki še zagotavlja zadovoljivo protimikrobno delovanje apreturnega sredstva na tekstiliji. Iz slike 7 je tudi razvidno, da je najnižja bakterijska redukcija dobljena pri vzorcih, apretiranih s 50 g/l sredstva A za bakteriji *Escherichia coli* in *Pseudomonas aeruginosa*. Pri vzorcih, apretiranih z višjimi koncentracijami sredstva A kot tudi sredstva B, pa je bila bakterijska redukcija za vse vrste bakterij zelo dobra, in sicer od 81,6 do 100,0 % (slika 8). Ti rezultati so skladni z rezultati, dobljenimi z BPB reagentom.



**Slika 7:** Redukcija, R, bakterij *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Streptococcus faecalis* in *Staphylococcus aureus* določena z dinamičnim stresalnim testom po eni uri stresanja vzorcev, apretiranih s sredstvom A in B (standard ASTM E 2149-01). Vzorec: A1 – 50 g/l sredstva A, A2 – 75 g/l sredstva A, A3 – 100 g/l sredstva A, B – 9 g/l sredstva B, N – neapretiran.



**Slika 8:** Rast bakterij *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Streptococcus faecalis* in *Staphylococcus aureus* na hranljivem agarju po eni uri stresanja (dinamični stresalni test po standardu ASTM E 2149-01) neapretiranih vzorcev (N) in vzorcev, apretiranih z 75 g/l sredstva A (A2) in 9 g/l sredstva B (B).



V preglednici 2 so zbrani rezultati bakteriostatske aktivnosti, *S*, po testu JIS L 1902, ki smo jo prav tako kot bakterijsko redukcijo izračunali na podlagi rezultatov dinamičnega stresalnega testa. Tudi iz vrednosti *S* je razvidno, da je bakteriostatska aktivnost sredstva A za vse preiskovane vrste bakterij nezadovoljiva pri 4-odstotni koncentraciji na maso suhe tkanine in da se le-ta po pričakovanju zvišuje z naraščajočo koncentracijo sredstva. Bakteriostatska aktivnost vzorcev pa je odvisna tudi od vrste bakterije. Medtem ko je bila le-ta pri vzorcih, apretiranih s 75 g/l sredstva A in 9 g/l sredstva B pri enakih pogojih apretiranja visoka za bakterijske vrste *Escherichia coli*, *Streptococcus faecalis* in *Pseudomonas aeruginosa*, pa je bila za bakterijsko vrsto *Staphylococcus aureus* le zadostna.

**Preglednica 2:** Bakteriostatska aktivnosti, *S*, vzorcev apretiranih z različnimi koncentracijami protimikrobnih sredstev A in B.

Sredstvo	<i>C</i> <sub>PMS</sub> (g/l)	<i>S</i> *			
		<i>Escherichia coli</i>	<i>Streptococcus faecalis</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>
/	0	0,0	0,0	0,1	0,1
A	50	0,7	2,9	0,6	0,9
	75	2,3	3,3	3,5	2,0
	100	3,4	3,8	3,5	2,6
B	9	2,4	3,2	3,5	1,9

\* Zmerna bakteriostatska aktivnost je označena s svetlo sivimi celicami.

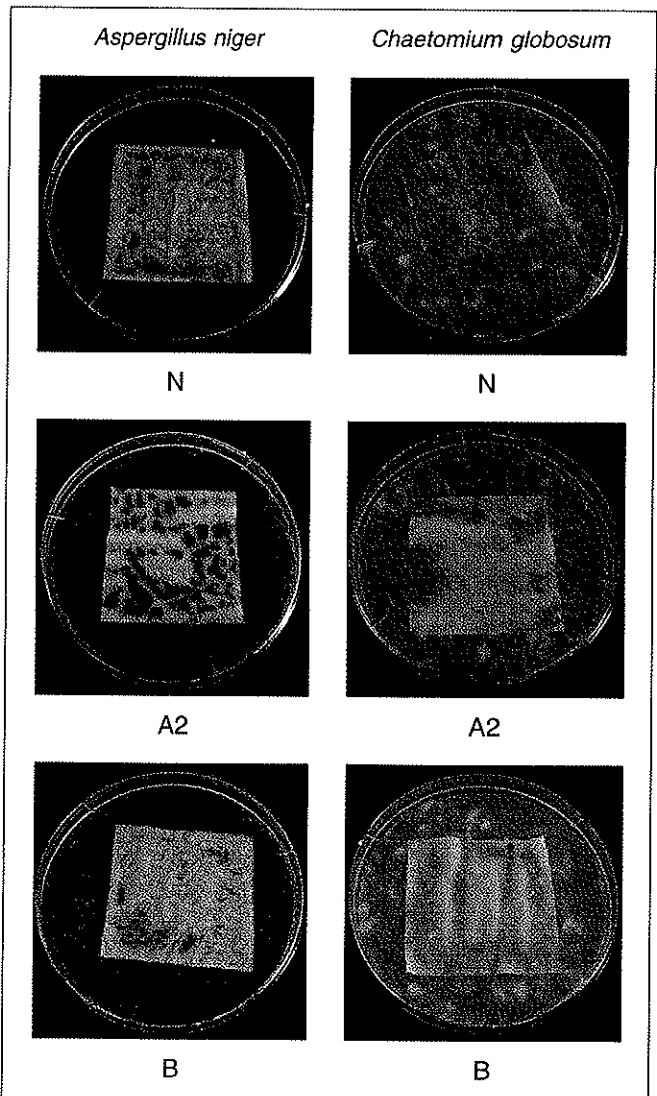
Dobra bakteriostatska aktivnost je označena s temno sivimi celicami.

Rezultati fungistatske učinkovitosti protimikrobnih sredstev A in B so zbrani v preglednici 3 in prikazani na sliki 9. Iz njih je razvidno, da je poraščenost neapretiranega vzorca z obema proučevanima glivama večja od 75 % in da se stopnja poraščenosti vzorcev zniža v prisotnosti sredstev A in B. Le-ta znaša od 50 do 60 % za glivo *Aspergillus niger*, za glivo *Chaetomium globosum* pa okrog 25 %, ne glede na strukturo protimi-

**Preglednica 3:** Fungistatska učinkovitosti protimikrobnih sredstev A in B za glivi *Aspergillus niger* (ATCC 6275) in *Chaetomium globosum* (ATCC 6205), ocenjena po standardu DIN 53931.

Sredstvo	<i>C</i> <sub>PMS</sub> (g/l)	Stopnja poraščenosti vzorca		Intenziteta rasti glive	
		<i>Aspergillus niger</i>	<i>Chaetomium globosum</i>	<i>Aspergillus niger</i>	<i>Chaetomium globosum</i>
/	0	4	4	++	+++
A	75	3	2	+++	++
B	9	3	2	++	++

krobnega sredstva. To pomeni, da je fungistatska učinkovitost sredstev A in B zelo podobna, in sicer za glivo *Chaetomium globosum* večja kot za glivo *Aspergillus niger*. Iz rezultatov je tudi razvidno, da je vpliv sredstev A in B na spremembo intenzitete rasti gliv na splošno majhen. Le-ta je pri neapretiranem kot apretiranih vzorcih srednja do močna. Na podlagi teh rezultatov lahko povzamemo, da sta protimikrobni sredstvi A in B pri zatiranju proučevanih gliv manj učinkoviti.



**Slika 9:** Rast gliv *Aspergillus niger* (ATCC 6275) in *Chaetomium globosum* (ATCC 6205) na hranljivem agarju v prisotnosti neapretiranega vzorca (N) in vzorcev, apretiranih z 75 g/l sredstva A (A2) in 9 g/l sredstva B (B).

Rezultati testa omočljivosti (preglednica 4) so pokazali, da se z nanosom sredstev A in B močno poveča čas pronicanja kapljice vode v tkanino v primerjavi z neapretiranim vzorcem. Vzrok za slabšo omočljivost vzorcev s protimikrobno apreturo smo pripisali dolgim hidrofobnim alkilnim skupinam, ki jih vključujeta obe proučevani sredstvi. Te so usmerjene stran od površine tkanine, kar poslabša njeno omočljivost. V skladu s tem



je vodoodbojnost vzorca apretiranega s sredstvom A, ki vključuje daljšo alkilno verigo, večja v primerjavi z vzorcem apretiranim s sredstvom B s krajšo alkilno verigo. Pranje apretiranih vzorcev vpliva na povečanje njihove hidrofilnosti, ki pa se ponovno zmanjša, če prane vzorce pozneje likamo ali obdelujemo toplozračno. Pri pranju pride namreč do prerazporeditve stranskih ogljikovodikovih verig protimikrobnega sredstva na površini tkanine, kar poveča omočljivost tkanine. Z likanjem apretiranih vzorcev pri temperaturi  $200 \pm C^{\circ}$  pa se z delovanjem toplote doseže ponovna vzpostavitev prvotnega apretirane filma na tkanini, hkrati pa se tudi poveča hidrofobnost apretiranih vzorcev.

**Preglednica 4:** Čas močenja,  $t_M$ , neapretiranega vzorca ter vzorcev apretiranih z različnimi koncentracijami protimikrobnih sredstev A in B.

Sredstvo	$C_{PMS}$ (g/l)	$t_M^*$ (s)		
		0P	1P	1P + L
/	0	0,2	0,2	0,2
A	50	159,6	3,1	6,4
	75	118,4	7,4	25,1
	100	198,3	7,3	28,3
B	9	23,8	1,2	21,1

\* 0P – apretiran nepran vzorec, 1P – enkrat pran apretiran vzorec, 1P+L – enkrat pran in likan vzorec.

#### 4.0 SKLEPI

Iz rezultatov mikrobioloških testov lahko povzamemo, da sta proučevana biostata na podlagi 3-(trimetoksisilil)-propildimetilalkilamonijevega klorida zelo učinkoviti bakteriostatični sredstvi, ki delujeta proti različnim vrstam bakterij, njuna fungistatična učinkovitost pa je slabša. Iz rezultatov testa omočljivosti je tudi razvidno, da se z nanosom obeh proučevanih sredstev zmanjša omočljivost bombažne tkanine, kar je lahko v nekaterih primerih nezaželeno.

Prispelo/Received: 11-2004; sprejeto/accepted: 01-2005

#### Zahvala

Avtorici se zahvaljujeva vodstvu in delavcem Zavoda za zdravstveno varstvo v Mariboru, ki so nama omočili in pomagali pri izvedbi mikrobioloških testov v njihovem Centru za mikrobiologijo.

#### VIRI

- [1] BATAGELJ, E. Splošna mikrobiologija. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Visoka šola za zdravstvo, 1998, 137 str.
- [2] GUBINA, M. in IHAN, A. Medicinska bakteriologija z imunologijo in mikologijo. Ljubljana: Medicinski razgledi, 2003, str. 59–64 in str. 139–495.
- [3] VIGO, TL. Protection of textiles from biological attack. V Functional finishes, Part A, Chemical processing of fibres and fabrics, Handbook of fiber science and technology. Volume; II, uredil SB. Sello, New York and Basel: Marcel Dekker, Inc., 1983, p. 367–426.
- [4] BAJAJ, P. Finishing of textile materials. *Journal of Applied Polymer Science*, 2002, vol. 83, p. 631–659.
- [5] SIMONČIČ, B. Pomen protimikrobnih sredstev pri plemenitju tekstilij. *Tekstilec*, 2003, let. 46, št. 3–4, str. 64–72.
- [6] DRING, I. Anti-mikrobial, rotproofing and hygiene finishes. V Textile Finishing, uredil Heywood D., Bradford: Society of Dyers and Colourists, 2003, p. 351–371.
- [7] SZOSTAK – KOTOWA, J. Biodeterioration of textiles. *International biodeterioration & biodegradation*, 2004, vol. 53, p. 156–170.
- [8] Dostopno na internetu: <http://www.fungus.org.uk/nwfgrot.htm>, [3. 11. 2003.]
- [9] CLARK, JA. Biodegradation of cellulose: Enzymology and Biotechnology. Lancaster: Technomic Publishing Company, Inc., 1997, 272 pages.
- [10] Dostopno na internetu: [http://www.kotonline.com/english\\_pages/ana\\_basliklan/gemsan.asp](http://www.kotonline.com/english_pages/ana_basliklan/gemsan.asp), [3. 11. 2003.]
- [11] Dostopno na internetu: [http://www.microbeshield.com/8ff\\_1\\_a\\_comparison.pdf](http://www.microbeshield.com/8ff_1_a_comparison.pdf), [3. 11. 2003.]
- [12] Dostopno na internetu: <http://www.microbeshield.com/leachvsbonding.htm>, [3. 11. 2003.]
- [13] Dostopno na internetu: <http://www.microbeshield.com>, [3. 11. 2003.]