Utjecaj hidrofobnog i hidrofilnog dijela kationskih tenzida na antimikrobna svojstva pamučne tkanine

Meheš, Ivana

Undergraduate thesis / Završni rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Textile Technology / Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:201:067754

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-24**

Repository / Repozitorij:

Faculty of Textile Technology University of Zagreb - Digital Repository

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
TEKSTILNO-TEHNOLOŠKI FAKULTET
TEKSTILNA TEHNOLOGIJA I INŽENJERSTVO

ZAVRŠNI RAD

Utjecaj hidrofobnog i hidrofilnog dijela kationskih tenzida na antimikrobna svojstva pamučne tkanine

IVANA MEHEŠ

Zagreb, rujan 2019.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
TEKSTILNO-TEHNOLOŠKI FAKULTET
TEKSTILNA TEHNOLOGIJA I INŽENJERSTVO

Tekstilna kemija, materijali i ekologija

ZAVRŠNI RAD

Utjecaj hidrofobnog i hidrofilnog dijela kationskih tenzida na antimikrobna svojstva pamučne tkanine

Mentor: **IVANA MEHEŠ**

izv. prof. dr. sc. Anita Tarbuk Mat. br.: 10579

Zagreb, rujan 2019.

ZAVRŠNI RAD

Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet
Prilaz baruna Filipovića 28a, 10000 Zagreb
Zavod za tekstilnu kemiju i ekologiju

Broj stranica:	28
Broj tablica:	15
Broj slika:	18
Broj literaturnih izvora:	36

Povjerenstvo za ocjenu i obranu završnog rada:

1. doc. dr. sc. Tihana Dekanić, predsjednica
2. izv. prof. dr. sc. Anita Tarbuk, članica - mentorica
3. prof. dr. sc. Branka Vojnović, članica
4. prof. dr. sc. Tanja Pušić, zamjenica članice

Rad je pohranjen u knjižnici Sveučilišta u Zagrebu Tekstilno-tehnološkog fakulteta, Prilaz baruna Filipovića 28a, Zagreb.

Ovaj rad je sufinancirala Hrvatska zaklada za znanost projektom UIP-2017-05-8780 *Bolničke zaštitne tekstilije.*

Zahvala

Zahvaljujem se mentorici izv. prof. dr. sc. Aniti Tarbuk, asistentici Ivani Čorak te stručnoj suradnici Katiji Grgić na pomoći i suradnji.

Zahvaljujem se dr. sc. Ivančici Kovaček, dr. med. i njezinim suradnicima iz Nastavnog zavoda za javno zdravstvo „Dr. Andrija Štampar“, Zagreb, na provedbi antimikrobnih ispitivanja.

Zahvaljujem se svojoj obitelji i prijateljima koji su me podupirali tijekom cijelog školovanja.

Sažetak

U radu je istražena adsorptivnost kationskih tenzida različitog hidrofobnog i hidrofilnog dijela na standardnu pamučnu tkaninu. Ispitana je adsorpcija i desorpcija potenciometrijskom titracijom 0,001 M kationskih tenzida: cetil piridinijevog bromida (CPB), N–cetil piridinijeva klorida (N-CPC), heksadecil trimetil amonijeva bromida (HDTMAB) i heksdecil trimetil amonijeva klorida (HDTMAC). Istražena je i antimikrobna aktivnost ovih tenzida.

Pokazalo se da je adsorpcija kationskih tenzida različitog hidrofobnog i hidrofilnog dijela različita; više se adsorbira bromid od klorida. Uspoređujući odnos tenzida s amonijevom skupinom i piridinijevom skupinom, bolje se adsorbiraju tenzidi s kvaternom amonijevom skupinom. Međutim, piridinijeva skupina uvjetuje bolje vezivanje pa je desorpcija manja. Sve pamučne tkanine nakon adsorpcije tenzida pokazuju antimikrobnu aktivnost, dok nakon desorpcije tenzidi s piridinijevom skupinom pokazuju bolje antimikrobno djelovanje.

Uzevši sve rezultate u obzir, CPB se pokazao najboljim jer ima dobru adsorptivnost, malu desorpciju i pokazuje antimikrobnu aktivnost na bakterije i gljivice čak i nakon desorpcije.

Ključne riječi: kationski tenzidi, adsorpcija, desorpcija, antimikrobna aktivnost

Sadržaj

1. Uvod 1
2. Teorijski dio 2
2.1. Tenzidi 2
2.1.1. Anionski tenzidi 4
2.1.2. Neionski tenzidi 4
2.1.3. Amfoterni tenzidi 5
2.1.4. Kationski tenzidi 5
2.2. Antimikrobna zaštita kationskim spojevima 7
2.2.1. *Staphylococcus aureus* 8
2.2.2. *Escherichia coli* 9
2.2.3. *Candida albicans* 10
2.3. Pamuk 10
3. Eksperimentalni dio 12
3.1 Zadatak rada 12
3.2 Materijali i kemikalije 12
3.3 Mjerne metode 13
3.3.1 Određivanje provodljivosti, temperature i pH otopine tenzida 13
3.3.2 Određivanje količine adsorbiranog i desorbiranog tenzida 14
3.3.3 Određivanje antimikrobne aktivnosti 15
4. Rezultati i rasprava 16
4.1 Količina adsorbiranog tenzida 16
4.2 Antimikrobna aktivnost 24
5. Zaključak 25
6. Literatura 26

1. Uvod

Mikroorganizmi imaju negativan utjecaj na život ljudi i njihovu okolinu. Mogu uzrokovati različite bolesti kao i oštećenja na tekstilnom materijalu. Odjeća može reducirati prijenos mikroorganizama tvoreći barijeru između izvora infekcije i zdrave osobe dok se s druge strane mikroorganizmi mogu prenijeti s ljudi na odjeću. Iz tog razloga, antimikrobna zaštita ima veliko značenje za sprječavanje zaraznih bolesti, kao i za sprječavanje raspadanja tekstilnih materijala. Na tržištu postoje brojna antimikrobna sredstva triklosan, kitozan, metali i metalne soli (TiO_2, ZnO, Ag), N-halamini i drugo, ali najčešće korištena sredstva su kvaterni amonijevi spojevi. Osim što imaju svojstvo omekšavanja tekstilnog materijala, neki od njih pokazuju i antimikrobno djelovanje. Budući da njihova svojstva ovise o duljini hidrofobnog lanca, kao i o vrsti – kvaterne amonijeve baze ili piridinijevi spojevi, u ovom radu istražit će se adsorptivnost kationskog tenzida različitog hidrofobnog i hidrofilnog dijela na pamučnu tkaninu. Ispitivati će se desorpcija tenzida i antimikrobna učinkovitost. Tako će se utvrditi koji je tenzid najpogodniji kao antimikrobno sredstvo za pamučnu tkaninu.

2. Teorijski dio

Tekstilno oplemenjivanje obuhvaća niz operacija i procesa pomoću kojih postižemo optimalne uporabne vrijednosti obrađenog tekstilnog materijala [1, 2]. U oplemenjivanju tekstila važnu ulogu imaju tekstilna pomoćna sredstva koji omogućavaju nesmetanu preradu vlakana u složenije tekstilije te daju tražena uporabna svojstva [1]. Da bi se na tekstilnom materijalu postiglo određeno svojstvo, potrebno ga je obraditi. Tekstilni materijal obrađuje se u suhom stanju ili u kapljevinama. Pri procesima u mokrim obradama, na tekstilnom materijalu postižemo neka željena svojstva ili specifična svojstva koje materijal nije imao kao što je uljeodbojnost [2]. Kako bi se takvi procesi mogli uspješno provoditi, potrebno je dodati površinski aktivna sredstva ili tenzide. Površinski aktivna sredstva dodajemo kako bismo smanjili površinsku napetost kapljevine.

2.1. Tenzidi

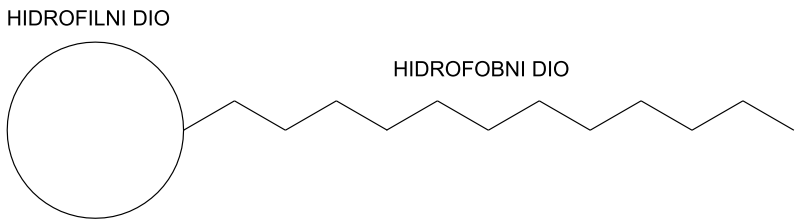
Tenzidi imaju svojstvo apsorbiranja na čvrstoj površini i smanjivanja kuta između kapljevine i krute tvari [1]. To su supstance koje otopljene u vodi, već u vrlo niskim koncentracijama, snižavaju površinsku napetost vode u odnosu na zrak ili na neku drugu graničnu površinu [3, 4]. U tablici 1 prikazane su površinske napetosti nekih kapljevina (prema zraku i parnoj fazi) koje se upotrebljavaju u tekstilnoj doradi. Vrlo visoku površinsku napetost ima koncentrirana otopina NaOH koja se koristi za mercerizaciju [4].

Molekula tenzida ima asimetričnu strukturu. Sastoji se od dva dijela od kojih je jedan dio hidrofoban, a drugi hidrofilan. Hidrofoban dio tenzida građen je od linearnog ili razgranatog ugljikovodičnog lanca koji je povezan s hidrofilnom grupom [5]. Njihova specifična građa daje im određena svojstva koja su bitna za njihovu namjenu [2]. Tenzid čiji se lanac sastoji od 10 do 16 ugljikovih atoma, ima sposobnost uklanjanja prljavština s materijala [6].

Tablica 1. Površinska napetost kapljevina

Kapljevina	t (°C)	Plinska faza	Površinska napetost, 10^{-5} Ncm^{-1}
H_2O	20	Zrak	72, 58
HCl (1%)	20	Zrak	72, 92
$MgCl_2$ (1%)	18	Zrak	72, 75
NaCl (1%)	18	Zrak	73, 95
NaOH (20%)	20	Zrak	85, 80
H_2SO_4 (1%)	18	Zrak	74, 20
H_2O_2	18, 2	Para	76, 10

Na slici 1 prikazan je hidrofilan i hidrofoban dio molekule tenzida [7].



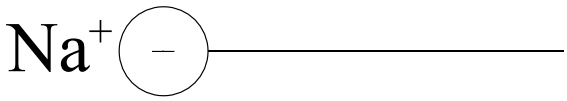
Slika 1. Shematski prikaz molekule tenzida

Površinski aktivna sredstva primjenjuju se u svim procesima mokrog oplemenjivanja tekstila, u nekim specijalnim procesima kao što je hidrofobiranje te kao sredstva za pranje, kvašenje, emulgiranje, dispergiranje, itd. [1].

Tenzidi se dijele u četiri skupine: anionski, kationski, neionski i amfoterni tenzidi. U vodenim otopinama, kod kritične koncentracije, tenzidi se udružuju te tvore nakupine, micele. Micele mogu biti raznih oblika: sferične ili kuglaste, laminarne i cilindrične. Njihov oblik ovisi o kemijskoj građi tenzida, otapalu, prisutnosti elektrolita, temperaturi.

2.1.1. Anionski tenzidi

Anionski tenzidi disociraju u vodi na negativno nabijeni površinsko aktivni ion [4]. Hidrofobni dio je najčešće ravni ili razgranati alkilni lanac s 8 – 18 ugljikovih atoma, a može biti i alkil – arilna skupina s lancem od 6 do 12 atoma. Na slici 2 prikazan je shematski prikaz anionskog tenzida.

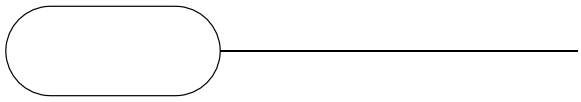


Slika 2. Shematski prikaz anionskog tenzida

Po kemijskom sastavu, anionski tenzidi, najčešće su natrijeve ili kalijeve soli viših masnih kiselina, primarni i sekundarni alkilsulfati, alkilsulfonati, alkilarilsulfonati, sulfatirana ulja i masti [4]. Anionski tenzidi čine 70 – 75 % ukupne potrošnje tenzida u svijetu [8]. Primjenjuju se, ovisno o kemijskoj građi, za kvašenje i pranje, dispergiranje i egaliziranje, a ponekad se koriste kao sredstva za omekšavanje i emulgiranje.

2.1.2. Neionski tenzidi

Neionski tenzidi ne disociraju u vodi, već se u njoj otapaju tako što eterificirani kisik u molekuli tenzida preko vodikovog mosta tvori adukt tenzid – voda. Tako nastaje primarni hidrat na kojeg se raspodjeljuju ostale molekule vode [4]. Hidrofilni dio ove skupine površinsko aktivnih tvari je oksietilenski lanac s OH skupinom na kraju, a hidrofobni dio je alikl ili alkil – aril ostatak [1, 4]. Na slici 3 prikazan je shematski prikaz neionskog tenzida.

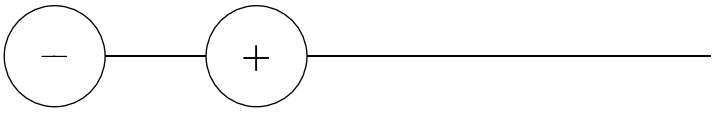


Slika 3. Shematski prikaz neionskog tenzida

Na elektrolite su puno manje osjetljivi, nego ionski tenzidi te se mogu koristiti sa tvrdom vodom i uz visoku slanost. Visoko topljivi neionski tenzidi upotrebljavaju se kao sredstva za dispergiranje i emulgiranje, slabo topivi kao omekšivači, a umjereno topivi kao sredstva za pranje i kvašenje [2]. Neke vrste imaju vrlo nisku toksičnost pa se koriste u farmaceutskim, kozmetičkim i prehrambenim proizvodima [9].

2.1.3. Amfoterni tenzidi

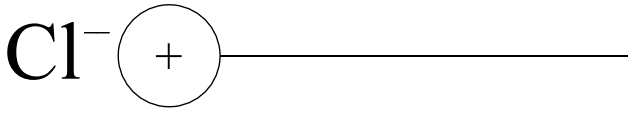
Polaritet amfoternih tenzida može biti kationski i anionski, ovisno o pH [1]. U lužnatim otopinama su anionski, a u kiselim kationski. Na slici 4 prikazan je shematski prikaz amfoternog tenzida. Njihova mnoga svojstva čine ih funkcionalno sličnima nekim neionskim tenzidima [8]. Amfoterni tenzidi primjenjuju se onda kada se ne mogu primijeniti drugi tenzidi [4]. Zbog niske toksičnosti i visoke biološke usklađenosti, koriste se u kozmetici [9].



Slika 4. Shematski prikaz amfoternog tenzida

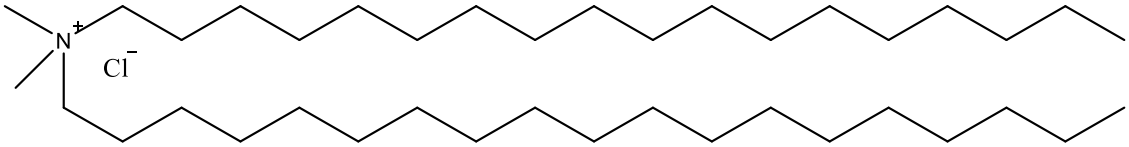
2.1.4. Kationski tenzidi

Kationski tenzidi se javljaju 1938. godine kada su se prepoznala njihova bakteriostatička svojstva [8]. Danas oni čine samo 5-6 % cijele proizvodnje tenzida [9]. Hidrofilan dio kationskih tenzida pozitivno je nabijen, a u vodi disociraju na pozitivno nabijeni površinsko aktivni ion – kation i anion, najčešće klorid ili bromid [3]. Zbog pozitivnog naboja hidrofilnog dijela, snizuju negativni zeta potencijal vlakna i prljavštine te tako smanjuju njihovo elektrostatsko odbijanje. Dakle, pozitivan naboj im omogućava dobro iscrpljenje iz kupelji te dobro adsorbiranje na negativno nabijene površine i stanične membrane bakterije pa se radi toga koriste kao omekšivači i antibakterijska sredstva te se ne mogu upotrebljavati kao sredstva za pranje i kvašenje [2, 7]. Drugi dio tenzida, hidrofoban dio, sastoji se od ugljikovodikovog lanca.
N slici 5 prikazan je shematski prikaz kationskog tenzida.



Slika 5. Shematski prikaz kationskog tenzida

Kationski tenzidi ne smiju biti u mješavini s anionskim tenzidima zato što bi se s njima vezali u elektroneutralne soli koje bi se taložile u kupelji. Kationski tenzidi su, u sredstvima za omekšavanje rublja, kvaterne piridinijeve soli te primarni, sekundarni, tercijarni i kvaterni amonijevi spojevi. Najveću primjenu ima distearildimetilamonijev klorid (slici 6).



Slika 6. Strukturna formula distearildimetilamonijevog klorida [10]

Dugolančani kationski tenzidi imaju visoku moć adsorpcije na tekstilna vlakna, a u kupeljima se ona zbiva u vrlo kratkom vremenu. No, ako se kationski tenzidi primjenjuju s neionskim tenzidima, adsorptivnost kationskih tenzida na vlakno će se znatno smanjiti. Razna svojstva, kao što je aktivnost tenzida, ovise o duljini ugljikovodikovog lanca. Njihova aktivnost najveća je kada se lanac sastoji od 10 do 18 ugljikovih atoma. Tada tenzid ima dobru, ali ograničenu, topljivost u vodi. Ukoliko je broj ugljikovih atoma manji od 8 tada je tenzid jako topljiv, a ukoliko je broj tih atoma iznad 18 tada tenzid nije topljiv. Povećanjem broja ugljikovih atoma povećava se i svojstvo omekšavanja te se smanjuje mogućnost taloženja na tekstiliji [7]. U praksi se primjenjuju kao sredstva za omekšivanje, antistatička sredstva, sredstva za egaliziranje, kao reagensi za flotaciju, agensi za sprječavanje lijepljenja, tekstilna pomoćna sredstva, inhibitori korozije, itd. [2, 4]. Mnogo kationskih tenzida su baktericidi te se koriste i za dezinfekciju [9]. Kao antiseptička sredstva, sredstva za sterilizaciju i sredstva za dezinfekciju, koriste se benzalkonij i alkiltrimetilamonijev klorid ili bromid.

2.2. Antimikrobna zaštita kationskim spojevima

Antimikrobna zaštita ima veliko značenje za sprječavanje zaraznih bolesti. Odjeća može reducirati prijenos mikroorganizama tvoreći barijeru između izvora infekcije i zdrave osobe dok se s druge strane mikroorganizmi mogu prenijeti s ljudi na odjeću. Kritičan čimbenik prijenosa mikroorganizama s osobe na osobu ili iz okoline na osobu je mogućnost mikroba da prežive na nekoj površini kao što je tekstil. Naime, tekstilni materijali dobra su podloga za razvoj mikroorganizama, bakterija, gljivica i pljesni, osobito u prisutnosti vlage na ustajalom zraku i na povišenoj temperaturi. Najčešće se javljaju na prirodnim i regeneriranim celuloznim vlaknima. Kako bi se spriječilo njihovo nastanjivanje na tekstilnom materijalu te moguća oštećenja, potrebno je materijal obraditi antimikrobnom obradom. Antimikrobna obrada najčešće se primjenjuje za proizvode koji stoje u neposrednom kontaktu s kožom kako bi se, na primjer, spriječile mikrobiološke razgradnje znoja ili eventualna gljivična oboljenja [11, 12, 13, 14, 15, 16].

Većina antimikrobnih sredstava koja se koriste u komercijalnom tekstilu sprječavaju rast ili ubijaju bakterijske stanice (biocidi) koji djeluju na različite načine, primjerice oštećenje ili inhibicija sinteze stanične membrane ili proteina koja je osnova staničnih enzima i struktura što dovodi do smrti organizma ili inhibicije njegovog rasta i razmnožavanja te dr.. Najčešće korištena sredstva su kvaterni amonijevi spojevi (QAC), triklosan, kitozan, metali i metalne soli (TiO_2, ZnO, Ag), N-halamini i poli(heksametilen biguanid) (PHMB) [4,5].

Kationski organski spojevi koji su, zbog svoje dobre strukture, kemijske stabilnosti te visoke biokompatibilnosti, postali centar razvoja antimikrobnosti. Oni imaju sposobnost interakcije s negativno nabijenim bakterijskim stanicama [17]. U te organske spojeve ubrajamo i tenzide. Razlika u antimikrobnoj aktivnosti ovisi o naboju i o duljini hidrofobnog lanca tenzida [18]. Prema istraživanjima, alkilni lanac koji sadrži 10-14 ugljikovih atoma ima optimalnu antimikrobnu aktivnost prema raznolikosti bakterijskih vrsta [13].

Kationski tenzidi imaju pozitivan naboj pomoću kojeg neutraliziraju negativne naboje na staničnoj membrani bakterije. Time je vanjska membrana stanice, koja ima svojstvo selektivne propusnosti, uništena. Tako je pogoršan vitalni prijenos komponenti bitnih za održivost stanice što uzrokuje smrt tog mikroorganizma [18]. Zbog tih svojstava

kationski tenzidi imaju veliki značaj u medicini, prehrambenoj industriji te u tekstilnoj industriji.

Snažnu baktericidnu moć imaju kationski tenzidi s kvaternim amonijevim spojevima, QAC [11, 15, 19]. QAC imaju najmanje jedan hidrofoban alkilni lanac koji je povezan s pozitivno nabijenim atomom dušika, a često puta imaju dva alkilna lanca. Osim što se često koriste kao antimikrobna sredstva, koriste se i kao sredstva za vlaženje i omekšavanje, kao dezodoransi, površinski aktivatori i kao adsorbensi na negativno nabijenim materijalima [20]. Njihova antimikrobna svojstva ovise o duljini hidrofobnog lanca čijim povećanjem antimikrobna aktivnost raste [21]. Kvaterni amonijevi spojevi nemaju stalni pozitivan naboj, već se njihov naboj mijenja s obzirom na pH otopine. Posebnu skupinu QAC čine piridinijeve soli. Za razliku od ravnolančanih kvaternih amonijevih spojeva, spojevi s piridinijevom bazom imaju stalni pozitivan naboj bez obzira na pH [22].

Antimikrobna učinkovitost tekstila najčešće se istražuje na Gram pozitivne i negativne bakterije, te na gljivice koje možemo pronaći na tijelu i u okolini, primjerice *Staphylococcus aureus, Klebsiella pneumoniae, Escherichia coli, Candida albicans* i dr. [11, 14, 15, 16].

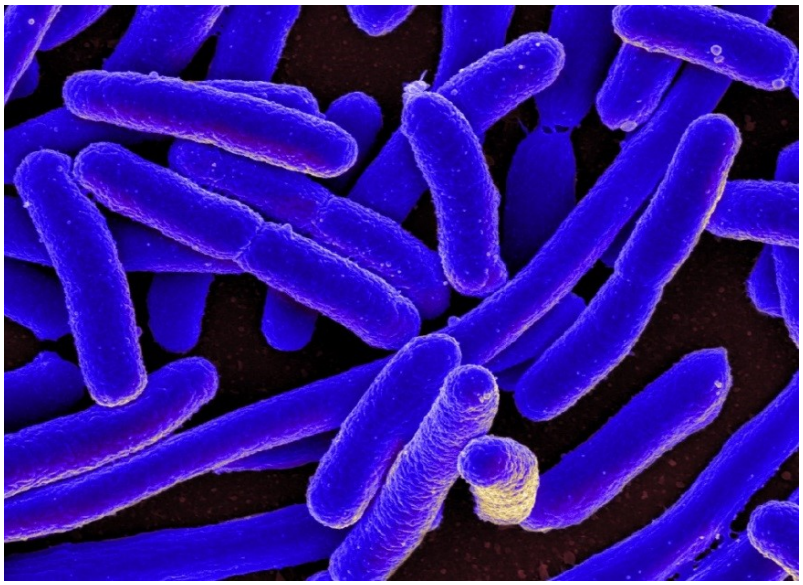
2.2.1. *Staphylococcus aureus*

Staphylococcus aureus je Gram-pozitivna bakterija kuglastog oblika koja je nepokretna i aerobna ili fakultativno aerobna [23]. Karakteristično je da formira neprozirne kolonije na površini selektivne podloge oblika koka u grozdovima. Kolonije se mogu razlikovati i po pigmentu pa tako mogu biti zlatno-žute, svijetlo žute i bijele. Na slici 1 nalazi se mikroskopska slika koja prikazuje kolonije ove bakterije. Njena optimalna temperatura raste je 35 °C te pH 7,4, ali može izdržati visoke temperature te je otporna na sušenje i visoke koncentracije NaCl i šećera [24]. *S. aureus* je uzročnik raznih bolesti u ljudi. Može izazvati trovanje hranom, sindrom oparene kože ili stafilokokni toksični šok, različite infekcije kože i potkožnog tkiva, a kada prodre u krv može doći i do endokarditisa, meningitisa, osteomijelitisa ili drugih septičnih žarišta [23].

Slika 7. Mikroskopski prikaz kolonija bakterije Staphylococcus aureus [25]

2.2.2. *Escherichia coli*

Escherichia coli je Gram negativna aerobna bakterija koja pripada porodici crijevnih bakterija. Nalazi se u mikroflori ljudskih crijeva gdje vrši razlaganje ugljikovih hidrata i bjelančevina te proizvodi neke vitamine iz grupe B i vitamin K. Štapićastog je oblika te se može nalaziti pojedinačno, u parovima ili u nepravilnim grupama. Vrlo je pokretljiva zato što sadrži bičeve koji su raspoređeni po cijeloj površini.

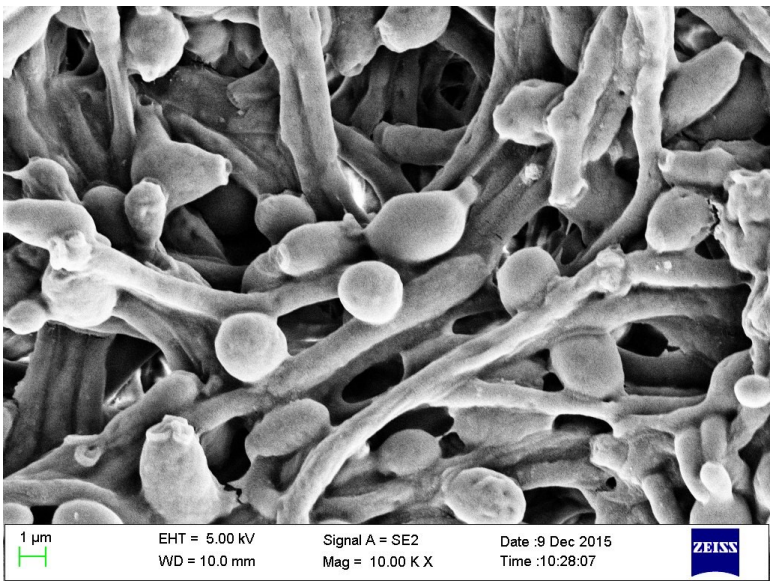


Slika 8. Prikaz bakterije Escherichie coli [25]

E. coli je vrlo otporna bakterija koja uzrokuje upalu mokraćnih putova koja može zahvatiti sve dijelove mokraćnog sustava. Također mogu uzrokovati krvavu upalu debeloga crijeva, sepsu, kolevistitis, meningitis, endokarditis, itd. [26, 24] Na slici 8 nalazi se prikaz bakterije *E. coli.*

2.2.3. *Candida albicans*

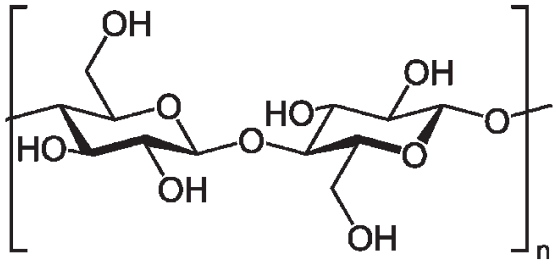
Candida albicans uzrokuje gljivične infekcije kod ljudi. Nalazi se u genitourinarnom i gastrointestinalnom sustavu zdravih ljudi, ali može uzrokovati probleme, najčešće vaginalne infekcije kod žena. Također uzrokuje infekcije usta i sluznica. Uzrokuje sepsu, endokarditis, meningitis i peritonitis. Dijagnozu za pacijenta je ponekad teško postaviti jer svaki pacijent ima različite simptome, no najčešće se liječi antibioticima [27]. Na slici 3 nalazi se njen mikroskopski prikaz.



Slika 9. Mikroskopski prikaz Candide albicans [28]

2.3. Pamuk

Pamuk je prirodno celulozno vlakno izgrađeno od celuloze I dobiveno iz sjemena biljke roda *Gossypium*, porodice *Malvacae.* Sirovo pamučno vlakno je visoko hidrofobno. Uglavnom se sastoji od celuloze (slika 10).



Slika 10. Strukturna formula celuloze

Popratne tvari u pamučnom vlaknu čine pektini, voskovi, organske kiseline, pepeo, šećeri, vitamin B, te mineralni sastojci, koji uzrokuju neugledan izgled i slabu hidrofilnost. Iskuhavanjem i bijeljenjem te se tvari uklanjaju, a pamuk postaje hidrofilniji [29].

Tablica 2. Struktura pojedinih slojeva sirovog pamučnog vlakna

Slojevi	Maseni udio vlakna, %	Sadržaj	Kristaličnost, %
Kutikula	2,5	Voskovi, pektini, proteini i dr. tvari hidrofobnog karaktera	Amorfno
Primarna stjenka	2,5	Celuloza	30
Sekundarna stjenka	91,5	Celuloza	70
Lumen	-	Ostaci protoplazme	-

Pamučna vlakna su relativno kratka vlakna, a njihova repriza iznosi oko 8,5 % [30]. Zbog toga imaju dobru sposobnost upijanja vlage te su osjetljivi na mikroorganizme. Naročito osjetljiv je sirovi pamuk zbog popratnih stvari u vlaknu. Kako bismo smanjili osjetljivost na mikroorganizme i time spriječili stvaranje plijesni, bakterija te ostalih organizama, pamučne tkanine je potrebno obraditi antimikrobnom obradom.

3. Eksperimentalni dio

3.1 Zadatak rada

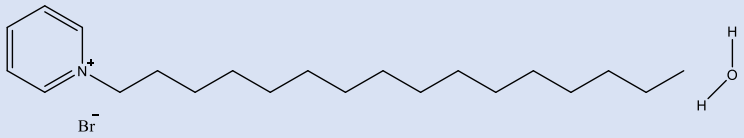
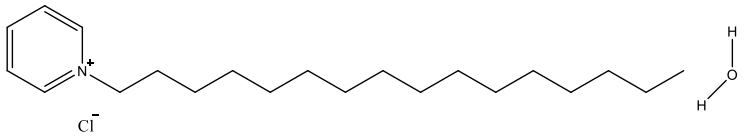
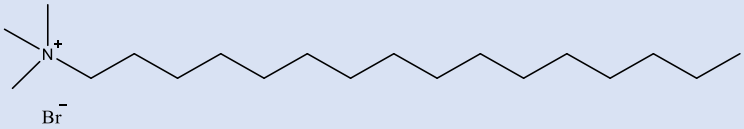
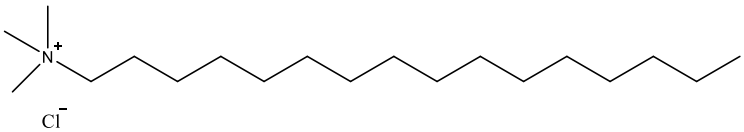
Zadatak rada je istražiti adsorptivnosti kationskih tenzida različitog hidrofobnog i hidrofilnog dijela na standardnu pamučnu tkaninu. Na obrađenim pamučnim tkaninama ispitat će se antimikrobna učinkovitost prema normiranoj metodi.

3.2 Materijali i kemikalije

U radu je korištena standardna pamučna tkanina (WFK) površinske mase 170 g/m^2; u platno vezu, broj niti/cm 27/27, finoće pređe 295 dtex/ 295 dtex.

Za istraživanje su se koristila četiri kationskih tenzida različitog hidrofobnog i hidrofilnog dijela. U tablici 3prikazane su strukturne formule i molarne mase ispitivanih kationskih tenzida.

Tablica 3. Naziv, strukturna formula i molarna masa ispitivanih tenzida [31, 32, 33, 34]

Naziv	Strukturna formula	Molarna masa, g/mol
Cetil piridinijev bromid hidrat (CPB)		402,5
N–cetil piridinijev klorid monohidrat (N-CPC)		358,0
Heksadecil trimetil amonijev bromid (HDTMAB)		364,4
Cetil trimetil amonijev klorid (HDTMAC)		320,0

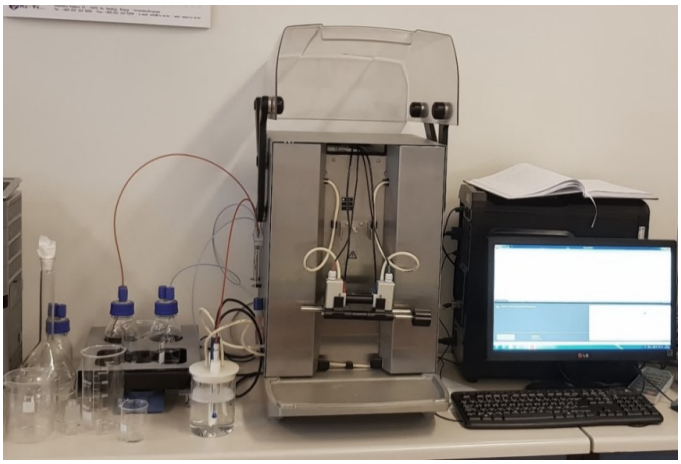
Adsorpcija i desorpcija tenzida provodila se na treskalici Unimax 1010 tvrtke Heidolph Instruments GmbH (slika 11) u vremenu 30 min na sobnoj temperaturi (25 °C). Uzorci tkanine su rezani na dimenziju 8 cm x 8 cm. Ukupna količina uzorka za svako mjerenje iznosila je 5 g. Omjer kupelji za adsorpciju bio je 1:20, dakle na 5 g tkanine bilo je 100 mL otopine tenzida. Kupelj za desorpciju sastojala se od 50 mL vode.

Slika 11. Treskalica

3.3 Mjerne metode

3.3.1 Određivanje provodljivosti, temperature i pH otopine tenzida

Provodljivost, temperature i pH otopine tenzida izmjerena je uz pomoć elektrokinetičkog analizatora SurPASS od proizvođača Anton Paar (slika 12).



Slika 12. Elektrokinetički analizator

3.3.2 Određivanje količine adsorbiranog i desorbiranog tenzida

Količina adsorbiranog i desorbiranog tenzida određivala se indirektno iz otopine tenzida uz pomoć automatskog titratora, Metrohm, Titrino 736 GP (slika 13). Titrirala se kupelj zaostala nakon adsorpcije i desorpcije koristeći ion-selektivnu elektrodu, a kao referentna elektroda koristila se Ag/AgCl elektroda.

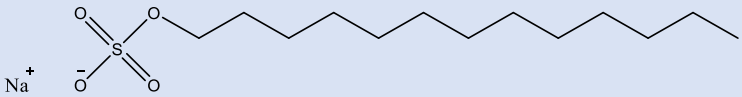
Slika 13. Automatski titrator

Uvjeti određivanja kationskih tenzida:

- 50 mL destilirane vode
- 5 mL 5 % metanola
- 10 mL otopine tenzida
- 5 mL pufera pH 10

Kao titrant koristio se 0,001 mol/L natrijev dodecil sulfat (NLS) čija se strukturna formula i molarna masa nalazi u tablici 4

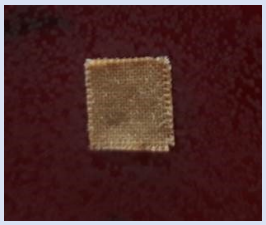
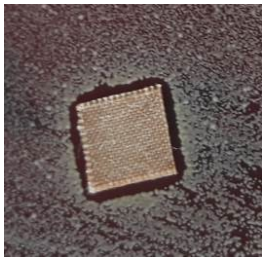
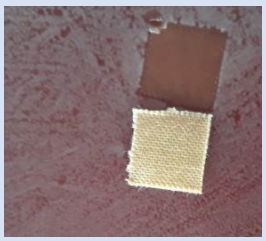
Tablica 4. Strukturna formula i molarna masa titranta Natrijevog dodecil sulfata [35]

Naziv	Strukturna formula	Molarna masa, g/mol
Natrijev dodecil sulfat (NLS)		288,38

3.3.3 Određivanje antimikrobne aktivnosti

Antimikrobno djelovanje određeno je prema normi AATCC TM 147-2016, *Antibacterial Activity Assessment of Textile Materials: Parallel Streak Method.* Učinkovitost je određena na Gram pozitivnu bakteriju *Staphylococcus aureus*, Gram negativnu *Escherichia coli* i gljivicu *Candida albicans*. Reakcije mogu biti različite (tablica 5).

Tablica 5. Reakcije prema AATCC TM 147-2016

Reakcija	Opis
	Bez reakcije -
	Učinkovito (stvara se zona inhibicije) +
	Učinkovito (nema zone inhibicije, ali niti rasta ispod tkanine) +

4. Rezultati i rasprava

U radu je istražena adsorptivnost kationskih tenzida različitog hidrofobnog i hidrofilnog dijela. Za istraživanje su korišteni kvaterni amonijevi spojevi (QAC), tenzidi: cetil piridinijev bromid (CPB), N–cetil piridinijev klorid (N-CPC), heksadecil trimetil amonijev bromid (HDTMAB) i heksdecil trimetil amonijev klorid (HDTMAC).

Tablica 6. Podaci o vodljivosti, temperaturi i pH otopina tenzida

Tenzid	pH (otopina)	vodljivost, mS/m	Temperatura, ℃
CPB	5,21	23,47	25,96
N-CPC	5,22	24,44	26,42
HDTMAB	5,61	22,67	24,75
HDTMAC	4,66	25,40	25,41

U tablici 6 se nalaze podaci o vodljivosti, temperaturi i pH 0,001 M otopine pripremljenih tenzida. Iz tablice je vidljivo da su sve otopine tenzida kisele te iznose oko 5. Najniži pH nalazi se kod otopine tenzida HDTMAC te iznosi 4,66. Taj tenzid ujedno ima najveću vodljivost koja iznosi 25,4 mS/m.

4.1 Količina adsorbiranog tenzida

Količina adsorbiranih i desorbiranih kationskih tenzida različita hidrofilnog i hidrofobnog dijela određena je indirektno iz otopina potenciometrijskom titracijom. Rezultati adsorpcije i desorpcije prikazani su tablično u tablicama 7-14, a preostala količina nakon adsorpcije i desorpcije grafički na slikama 14-18.

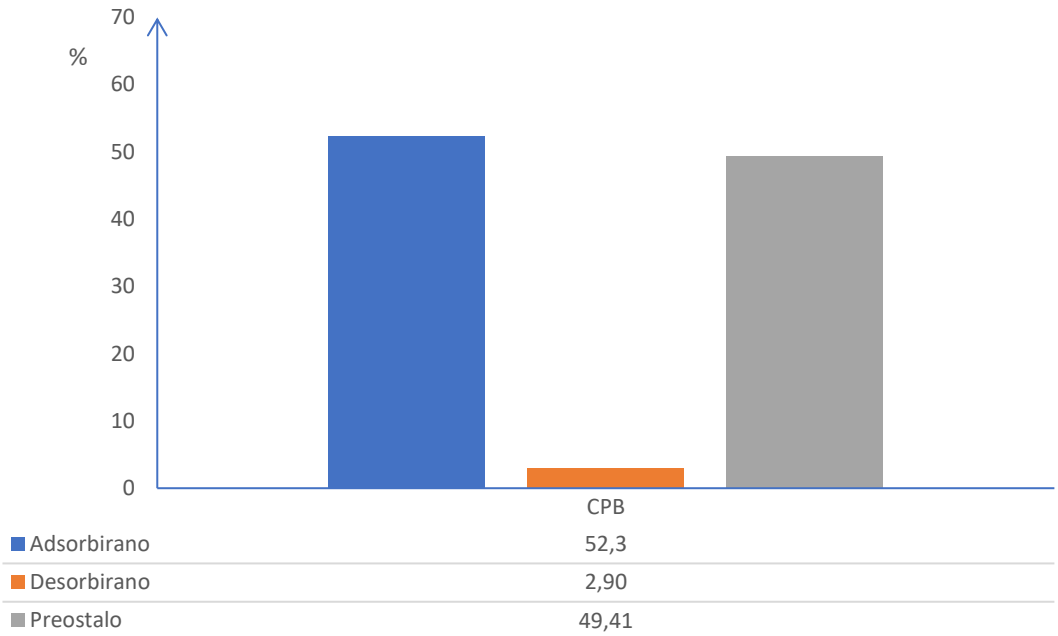
Tablica 7. Utrošeni volumen titranta, napon i količina adsorbiranog CPB na pamučnoj standardnoj tkanini

	V (NLS), mL	U, mV	Količina tenzida zaostalog u kupelji nakon adsorpcije, %	Adsorbirana količina tenzida na standardnoj pamučnoj tkanini, %
Matična otopina	9,827	238	100	0
	9,969	243		
	10,128	233		
$\bar{x}$	9,975	238		
CPB	4,981	224	50,77	49,23
	5,081	223		
	5,129	225		
	5,064	228	49,59	50,41
	4,951	231		
	4,930	229		
	4,959	230	42,73	57,27
	4,947	230		
	4,240	228		
$\bar{x}$	4,758	227	47,70	52,30

Iz tablice 7 vidljivo je da je nakon adsorpcije 5 g cetil piridinijeva bromida u otopini zaostalo 47,70 %, što znači da se na standardnu pamučnu tkaninu adsorbiralo 52,30 %. U tablici 8 prikazani su rezultati desorpcije istog tenzida. Iz rezultata za desorpciju vidljivo je da se desorbiralo 2,90 % CPB. Izračunom je dobiveno da je preostala količina CPB na pamučnoj tkanini 49,41 % (slika 14).

Tablica 8. Utrošeni volumen titranta, napon i količina desorbiranog CPB

	V (NLS), mL	U, mV	Količina desorbiranog tenzida, %	Preostala količina tenzida na pamučnoj tkanini, %
CPB	0,360	223	3,05	46,18
	0,272	227		
	0,282	224		
	0,179	231	1,91	48,50
	0,216	226		
	0,178	231		
	0,373	241	3,72	53,55
	0,366	246		
	0,374	245		
$\bar{x}$	0,289	233	2,90	49,41



Slika 14. Grafički prikaz količine adsorbiranog i desorbiranog CPB te preostale količine tenzida na pamučnoj tkanini

Tablica 9. Utrošeni volumen titranta, napon i količina adsorbiranog N-CPC na pamučnoj standardnoj tkanini

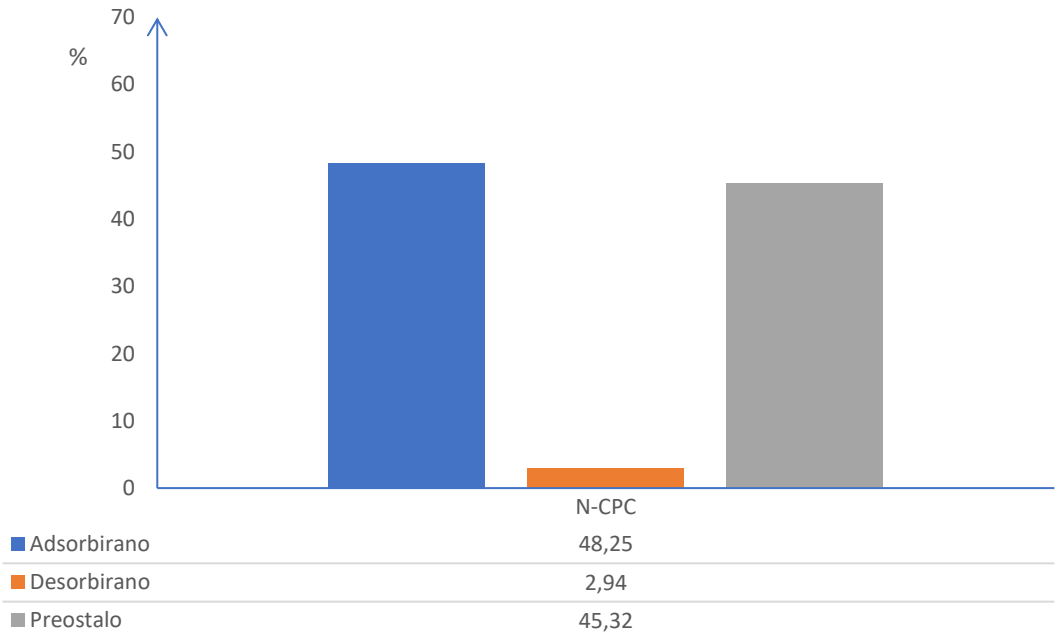
	V (NLS), mL	U, mV	Količina tenzida zaostalog u kupelji nakon adsorpcije, %	Adsorbirana količina tenzida na standardnoj pamučnoj tkanini, %
Matična otopina	11,009	205	100	0
	10,975	205		
	11,308	226		
$\bar{x}$	11,097	212		
N-CPC	5,783	238	52,32	47,68
	5,768	240		
	5,869	232		
	5,807	230	53,36	46,64
	5,87	230		
	5,939	228		
	5,957	228	49,56	50,44
	5,922	228		
	5,554	231		
$\bar{x}$	5,743	232	51,75	48,25

Iz tablice 9 vidljivo je da je nakon adsorpcije 5 g N-cetil piridinijeva klorida u otopini zaostalo 51,75 %, što znači da se na standardnu pamučnu tkaninu adsorbiralo 48,25 %.

Tablica 10. Utrošeni volumen titranta, napon i količina desorbiranog N-CPC

	V (NLS), mL	U, mV	Količina desorbiranog tenzida, %	Preostala količina tenzida na pamučnoj tkanini, %
N-CPC	0,388	239	3,36	44,32
	0,367	234		
	0,365	235		
	0,34	233	2,99	43,65
	0,332	235		
	0,323	238		
	0,277	235	2,46	47,98
	0,292	232		
	0,250	245		
x	0,326	236	2,94	45,32

U tablici 10 prikazani su rezultati desorpcije N-CPC. Iz rezultata za desorpciju vidljivo je da se desorbiralo 2,94 % N-CPC. Izračunom je dobiveno da je preostala količina N-CPC na pamučnoj tkanini 45,32 % (slika 15).



Slika 15. Grafički prikaz količine adsorbiranog i desorbiranog tenzida N-CPC te preostale količine tenzida na pamučnoj tkanini

Usporedbom rezultata između CPB i N-CPC, koji se razlikuju u hidrofilnom dijelu (bromid i klorid) vidljivo je da se u nešto većoj količini adsorbirao bromid (CPB).

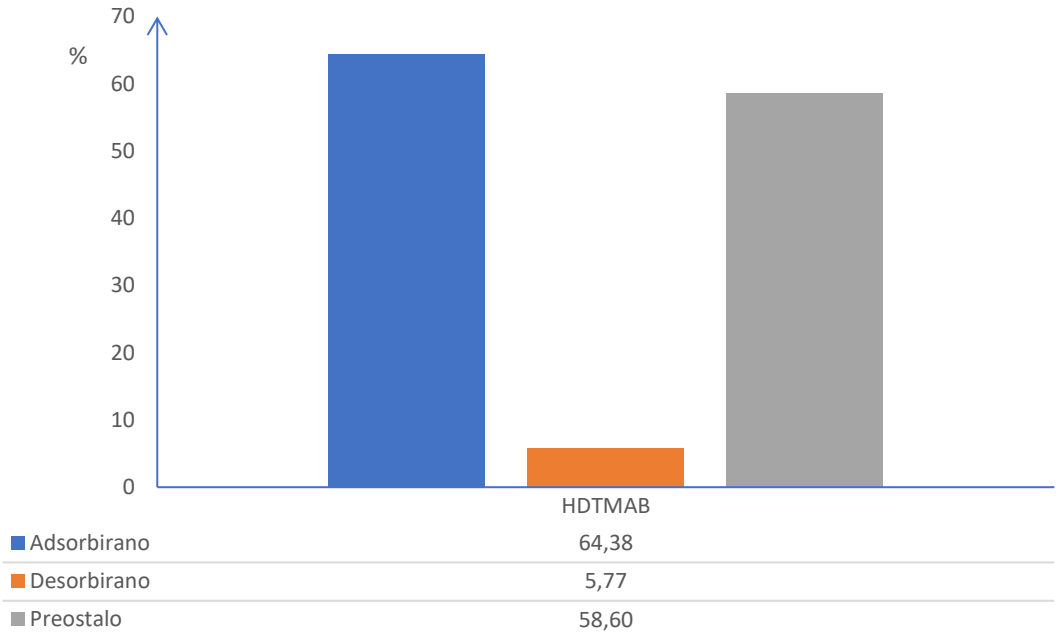
Tablica 11. Utrošeni volumen titranta, napon i količina adsorbiranog HDTMAB na pamučnoj standardnoj tkanini

	V (NLS), mL	U, mV	Količina tenzida zaostalog u kupelji nakon adsorpcije, %	Adsorbirana količina tenzida na standardnoj pamučnoj tkanini, %
Matična otopina	10,098	217	100	0
	10,241	218		
	10,422	203		
$\bar{x}$	10,254	213		
HDTMAB	4,030	226	39,40	60,60
	4,060	225		
	4,030	227		
	3,612	223	34,95	65,05
	3,604	223		
	3,534	231		
	3,336	232	32,52	67,48
	3,302	338		
	3,367	233		
$\bar{x}$	3,653	240	35,62	64,38

Tablica 12. Utrošeni volumen titranta, napon i količina desorbiranog HDTMAB

	V(NLS), mL	U, mV	Količina desorbiranog tenzida, %	Preostala količina tenzida na pamučnoj tkanini, %
HDTMAB	0,598	214	5,45	55,14
	0,558	212		
	0,522	215		
	0,651	225	6,02	59,03
	0,600	225		
	0,602	224		
	0,671	220	5,85	61,63
	0,580	227		
	0,547	233		
$\bar{x}$	0,592	222	5,77	58,60

Iz tablice 11 vidljivo je da je nakon adsorpcije 5 g heksadecil trimetil amonijevog bromida u otopini zaostalo 35,62 %, što znači da se na standardnu pamučnu tkaninu adsorbiralo 64,38 %. U tablici 12 prikazani su rezultati desorpcije HDTMAB. Iz rezultata za desorpciju vidljivo je da se desorbiralo 5,77% HDTMAB. Izračunom je dobiveno da je preostala količina HDTMAB na pamučnoj tkanini 58,60% (slika 16).



Slika 16. Grafički prikaz količine adsorbiranog i desorbiranog tenzida HDTMAB te preostale količine tenzida na pamučnoj tkanini

Usporedbom rezultata sa CPB i N-CPC, koji se razlikuju u hidrofobnom dijelu (amonijeva ili pridinijeva skupina) vidljivo je da je adsorpcija, kao i desorpcija kod amonijeve skupine veća. Radi piridinijeve skupine iscrpljenje je manje, ali je veza čvršća što je u suglasnosti s drugim istraživanjima [36].

Iz tablice 13 vidljivo je da je nakon adsorpcije 5 g heksadecil trimetil amonijevog klorida u otopini zaostalo 45,81 %, što znači da se na standardnu pamučnu tkaninu adsorbiralo 54,19 %.

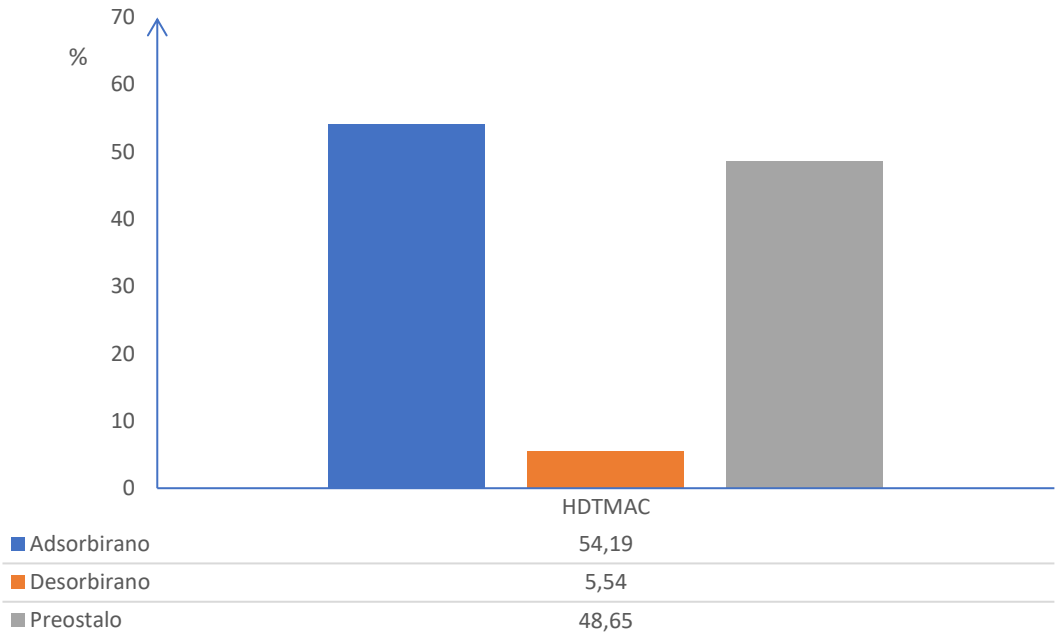
Tablica 13. Utrošeni volumen titranta, napon i količina adsorbiranog HDTMAC na pamučnoj standardnoj tkanini

	V (NLS), mL	U, mV	Količina tenzida zaostalog u kupelji nakon adsorpcije, %	Adsorbirana količina tenzida na standardnoj pamučnoj tkanini, %
Matična otopina	10,047	224	100	0
	10,173	220		
	10,260	218		
$\bar{x}$	10,160	221		
HDTMAC	4,262	222	41,99	58,01
	4,245	224		
	4,292	225		
	4,900	225	48,02	51,98
	4,869	223		
	4,869	226		
	4,805	228	47,40	52,60
	4,864	225		
	4,780	230		
$\bar{x}$	4,654	225	45,81	54,19

U tablici 14 prikazani su rezultati desorpcije HDTMAC. Iz rezultata za desorpciju vidljivo je da se desorbiralo 5,54 % HDTMAC. Izračunom je dobiveno da je preostala količina HDTMAC na pamučnoj tkanini 48,65 % (slika 17).

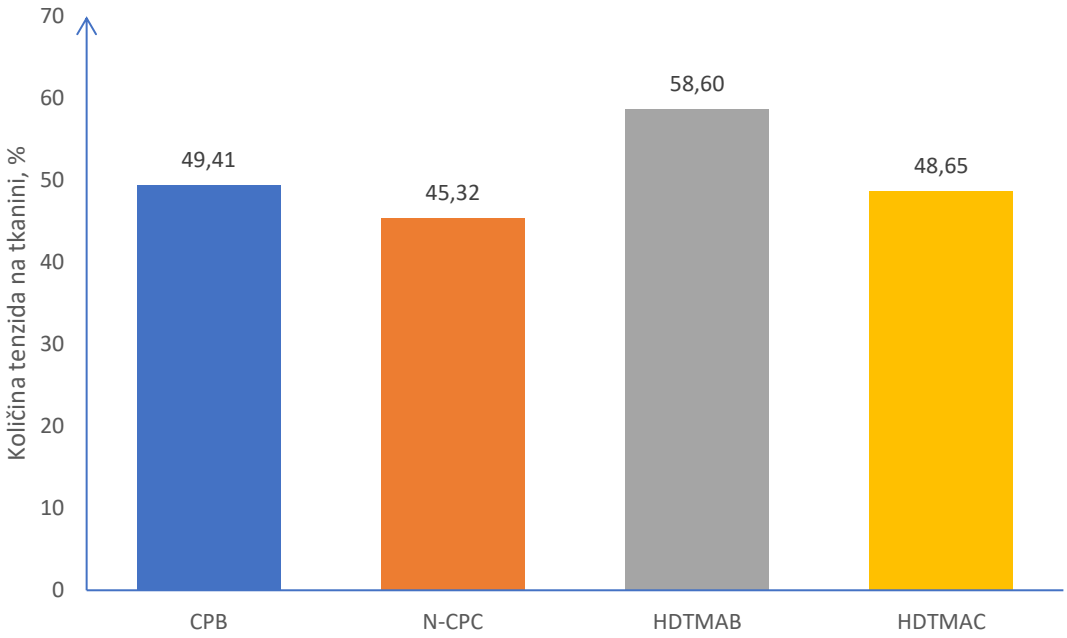
Tablica 14. Utrošeni volumen titranta, napon i količina desorbiranog HDTMAC

	V (NLS), mL	U, mV	Količina desorbiranog tenzida, %	Preostala količina tenzida na pamučnoj tkanini, %
HDTMAC	0,674	216	6,86	51,15
	0,668	218		
	0,748	214		
	0,485	220	4,86	47,12
	0,465	222		
	0,531	218		
	0,492	222	4,91	47,69
	0,526	222		
	0,478	222		
$\bar{x}$	0,563	219	5,54	48,65



Slika 17. Grafički prikaz količine adsorbiranog i desorbiranog tenzida HDTMAC te preostale količine tenzida na pamučnoj tkanini

Usporedbom rezultata s HDTMAC vidljiva je nešto manja adsorpcija, dok je desorpcija gotovo jednaka. Usporedbom s tenzidima koji sadrže pridinijevu skupina vidljivo je da su i adsorpcija i desorpcija veće kod amonijeve skupine.



Slika 18. Grafički prikaz količine tenzida na vlaknu za sve ispitivane tenzide

Na slici 18 se vidi različita preostala količina kvaternih amonijevih spojeva - tenzida koji sadrže amonijevu i piridinijevu skupinu. Razlikuju se po hidrofobnom (amonijeva ili piridinijeva skupina) i hidrofilnom dijelu (bromid i klorid). Vidljivo je da je najveća količina tenzida na standardnoj pamučnoj tkanini postignuta je s heksadecil trimetil amonijevim bromidom (58,60 %), dok se kod tenzida s piridinijevom skupinom adsorbiralo oko 10 % tenzida manje. Amonijeva skupina dovodi do veće adsorpcije, dok piridinijeva ima bolje vezivanje, jer je desorpcija manja. Kationski tenzidi adsorbiraju se na negativnu površinu pamuka elektrostatskim silama, te nakon desorpcije ostaje velika količina upravo iz elektrostatskih veza [36].

4.2 Antimikrobna aktivnost

Antimikrobna aktivnost nakon adsorpcije i nakon desorpcije prikazana je u tablici 15.

Tablica 15. Antimikrobna aktivnost nakon adsorpcije (A) i desorpcije (D) tenzida

Mikroorganizam	*S. aureus*		*E. coli*		*C. albicans*	
Tenzid	A	D	A	D	A	D
HDTMAC	+	+	+/-	-	+	+
HDTMAB	+	+	+/-	-	+	+
N-CPC	+	+	+	-	+	+
CPB	+	+	+	+/-	+	+

Iz rezultata antimikrobne aktivnosti vidljivo je da svi kationski tenzidi pokazuju veliku aktivnost prema Gram-pozitivnoj bakteriji *Staphylococcus aureus* i gljivici *Candida albicans.* Valja istaknuti da aktivnost ostaje čak i nakon desorpcije.

Aktivnost na Gram negativne bakterije *Escherichia coli* pokazuje značajnu razliku između primijenjenih kationskih tenzida. Kationski tenzidi s amonijevom skupinom, HDTMAC i HDTMAB, pokazuju nižu aktivnost nakon adsorpcije, koju desorpcijom gube. S druge strane, tenzidi s piridinijevom skupinom pokazuju izvrsnu aktivnost. Dok antimikrobna aktivnost na Gram negativnu bakteriju nestaje nakon desorpcije kod svih tenzida, kod CPB još uvijek postoji, ali je nešto manja.

5. Zaključak

U radu je istražena adsorptivnost kationskih tenzida različitog hidrofobnog i hidrofilnog dijela na standardnu pamučnu tkaninu. U tu su svrhu adsorbirani 0,001 M kvaterni amonijevi spojevi - tenzidi: cetil piridinijev bromid (CPB), N–cetil piridinijev klorid (N-CPC), heksadecil trimetil amonijev bromid (HDTMAB) i heksdecil trimetil amonijev klorid (HDTMAC). Istražena je desorpcija i antimikrobna aktivnost ovih tenzida.

Pokazalo se da je adsorpcija kationskih tenzida različitog hidrofobnog i hidrofilnog dijela različita. Ukoliko se razmatra hidrofilni dio (klorid i bromid) više se adsorbira bromid. Uspoređujući odnos tenzida s amonijevom skupinom i piridinijevom skupinom, bolje se adsorbiraju tenzidi s kvaternom amonijevom skupinom. Adsorpcija N-CPC je niža od HDTMAC, a CPB od HDTMAB. Međutim, prisutnost aromatskog prstena u piridinijevoj skupini uvjetuje manju adsorpciju, ali povećava stabilnost već adsorbiranog tenzida na pamuku, pa je desorpcija manja.

Antimikrobni rezultati pokazuju slično ponašanje – kationski tenzidi s piridinijevom skupinom pokazuju bolje antimikrobno djelovanje. Nakon adsorpcije svi tenzidi pokazuju antimikrobnu aktivnost, dok nakon desorpcije tenzidi s piridinijevom skupinom pokazuju bolje antimikrobno djelovanje.

Uzevši sve rezultate u obzir, CPB se pokazao najboljim jer ima dobru adsorptivnost, malu desorpciju i pokazuje antimikrobnu aktivnost na bakterije i gljivice čak i nakon desorpcije.

6. Literatura

[1] M. Joanelli i I. Soljačić, »Tenzidi i njihovo djelovanje u kupelji za bojadisanje,« *Tekstil,* svez. 47, pp. 513-520, 1998.

[2] I. Soljačić, D. Katović i A. M. Grancarić, Osnove oplemenjivanja tekstila, Knjiga I, Zagreb, 1992.

[3] I. Soljačić i T. Pušić, Njega tekstila, 1 ur., Zagreb: Tekstilno-tehnološki fakultet, 2005.

[4] I. Soljačić i A. M. Grancarić, Vježbe iz procesa tekstilne dorade, Zagreb, 1983.

[5] T. P. Knepper i J. L. Berna, Surfactanst: properties, production, and enviromental aspects, 2003.

[6] M. R. Porter, Handbook of surfactants, Springer Science+Business Media, 1993.

[7] R. J. Farns, Chemistry and Technology od Sufractants, Blackwell Publishing, 2006.

[8] D. Myres, Surfactant science and technology, 3 ur., John Wiley & Sons, 2006.

[9] J. -. L. Salager, Surfactants Types and Uses, Universidad de Los Andes, 2002.

[10] National Center for Biotechnology Information, »PubChem Database - Dimethyldioctadecylammonium chloride,« [Mrežno]. Available: https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Dimethyldioctadecylammonium-chloride. [Pokušaj pristupa 16 kolovoz 2019].

[11] G. McDonnell i A. D. Russell, »Antiseptics and Disinfectants: Activity, Action, and Resistance,« *Clininical Microbiology,* svez. 12, pp. 147-179, 1999.

[12] Y. Gao i R. Cranston, »Recent Advances in Antimicrobial Treatments of Textiles,« *Textile Research Journal,* svez. 78, pp. 60-72, 2008.

[13] A. Cornellas, L. Perez, F. Comelles, I. Ribosa, A. Manresa i M. T. Garcia, »Self-aggregation and antimicrobial activity of imidazolium and pyridinium based ionic liquids in aqueous solution,« *Journal of Colloid and Interface Science,* svez. 355, pp. 164-171, 2011.

[14] A. Budimir., S. Bischof Vukušić i S. Flinčec Grgac, »Study of antimicrobial properties of cotton medical textiles treated with citric acid and dried/cured by microwaves,« *Cellulose,* svez. 19, pp. 289-296, 2012.

[15] D. S. Morais, R. M. Guedes i M. A. Lopes, »Antimicrobial Approaches for Textiles: From Research to Market,« *Materials,* svez. 9, p. 498, 2016.

[16] J. Borsa, K. Lăzáe, E. Horváth, K. Lćszlo, K. Kiss i J. Zala, »Durable antibacterial finishing of cotton fabris for hospital use,« u *AUTEY Conference*, Roubaix, France,

2004.

[17] X. Li, H. Bai, Y. Yang i J. Yoo, »Supramolecular Antibacterial Materials for Combatting Antibiotic Resistance,« *Advanced Materials,* svez. 31, 2019.

[18] S. M. Tawfik i M. F. Zaky, »Synthesis, characterization and antimicrobial activity of N,N-bis(hydroxymethyl)-N-[(2-mercaptoacetoxy) methyl]alkyl ammonium bromide surfactant and their Co(II), Zn(II) and Sn(II) complexes,« *Reasearch on Chemical Intermediates,* svez. 41, pp. 7925-7943, listopad 2015.

[19] C. Zhou, F. Wang, H. Chen, M. Li, F. Qiao, Z. Liu, Y. Hou, C. Wu, Y. Fan, L. Liu, S. Wang i Y. Wang, »Selective Antimicrobial Activities and Action Mechanism of Micelles Self-assembled by Cationic Oligomeric Surfactants,« *ACS Applied Materials & Interfaces,* svez. 8, pp. 4242-4249, 2016.

[20] Y. S. Kim, H. W. Kim, S. H. Lee, K. S. Shin, H. W. Hur i Y. H. Rhee, »Preparation of alginate–quaternary ammonium complex beads and evaluation of their antimicrobial activity,« *International Journal of Biological Macromolecules,* svez. 41, pp. 36-41, 1 lipanj 2007.

[21] I. Aiad, A. M. Riya, S. M. Tawfik i M. A. Abousehly, »Synthesis, surface properties and biological activity of N,N,N-tris(hidroxymethyl)-2-oxo-2-(2-(23(alkanoyloxy) ethoxy)ethoxy) ethanaminium chloride surfactants,« *Egyptian Journal of Petroleum,* svez. 25, pp. 299-307, 2015.

[22] M. Miyake i Y. Yamashita, »Chapter 24 - Molecular Structure and Phase Behavior of Surfactants,« u *Cosmetic Science and Technology - Theoretical Principles and Applications*, Elsevier, 2017, pp. 389-414.

[23] Leksikografski zavod Miroslav Krleža, »Hrvatska enciklopedija,« [Mrežno]. Available: http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=57689. [Pokušaj pristupa 20 kolovoz 2019].

[24] E. Imširović, A. Brčina, A. Dautbašič i D. Aličić, »Djelovanje kantarionovog ulja na bakterije Staphylococcus aureus i Escherichia coli,« *Hrana u zdravlju i bolesti, znanstveno – stručni časopis za nutricionizam i dijetetiku,* svez. 2, pp. 17-23, 2013.

[25] National Institute of Allergy and Infectious Diseases, » Antimicrobial Resistance,« Flickr, [Mrežno]. Available: https://www.flickr.com/photos/niaid/albums/72157627102099297/with/16578744517/. [Pokušaj pristupa 23 kolovoz 2019].

[26] Leksikografski zavod Miroslav Krleža, »Hrvatska enciklopedija,« [Mrežno]. Available: http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=18348. [Pokušaj pristupa 20 kolovoz 2019].

[27] N. Martins, I. C. F. R. Ferreira, L. Barros, S. Silva i M. Henriques, »Candidiasis: Predisposing Factors, Prevention, Diagnosis and Alternative Treatment,« *Mycopathologia,* svez. 177, pp. 223-240, 2014.

[28] »Candida albicans,« Wikipedia, [Mrežno]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Candida_albicans. [Pokušaj pristupa 20 kolovoz 2019].

[29] A. Tarbuk, T. Pušić i M. Jukić, »Optimiranje postupka iskuhavanja pamučne tkanine kiselim i neutralnim pektinazama,« *Tekstil,* svez. 62, pp. 353-360, 2013.

[30] R. Čunko i M. Andrassy, Vlakna, Zrinski, 2005.

[31] National Center for Biotechnology Information, »PubChem Database - Cetylpyridinium bromide hydrate,« [Mrežno]. Available: https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Cetylpyridinium-bromide-hydrate. [Pokušaj pristupa 16 kolovoz 2019].

[32] National Center for Biotechnology Information, »PubChem Database - Cetylpyridinium chloride monohydrate,« [Mrežno]. Available: https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Cetylpyridinium-chloride-monohydrate. [Pokušaj pristupa 16 kolovoz 2019].

[33] National Center for Biotechnology Information, »PubChem Database - Hexadecyltrimethylammonium chloride,« [Mrežno]. Available: https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Hexadecyltrimethylammonium-chloride. [Pokušaj pristupa 16 kolovoz 2019].

[34] National Center for Biotechnology Information, »PubChem Database - Hexadecyltrimethylammonium chloride,« [Mrežno]. Available: https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Hexadecyltrimethylammonium-chloride. [Pokušaj pristupa 16 kolovoz 2019].

[35] National Center for Biotechnology Information, »PubChem Database - Sodium dodecyl sulfate,« [Mrežno]. Available: https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Sodium-dodecyl-sulfate. [Pokušaj pristupa 16 kolovoz 2019].

[36] T. Pušić, A. M. Grancarić, A. Tarbuk, O. Šauperl i I. Soljačić, »Adsorption and Desorption of Ionic Surfactants,« *Tenside, surfactants, detergents,* svez. 47, pp. 173-178, 2010.

Životopis

Osobni podatci

Ime i prezime:	Ivana Meheš
Datum rođenja:	25. srpnja 1997.
Mjesto rođenja:	Zagreb, Hrvatska

Obrazovanje

2011. – 2016.	Glazbenica harmonikašica
	Glazbena škola Zlatka Baloković, Zagreb, Hrvatska
2012. – 2016.	Prirodoslovna gimnazija
	Prirodoslovna škola Vladimira Preloga, Zagreb, Hrvatska

Nagrade

2017.	Prva nagrada
	42. međunarodni susret harmonikaša
2015.	Prva nagrada
	53. hrvatsko natjecanje učenika i studenata glazbe i plesa
2015.	Posebna nagrada
	53. hrvatsko natjecanje učenika i studenata glazbe i plesa