

# Utjecaj obrade s limunskom kiselinom na generiranje prašine celuloznog materijala

---

Inić, Sara

Undergraduate thesis / Završni rad

2017

*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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:201:879545>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-08-26**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Textile Technology University of Zagreb - Digital Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**TEKSTILNO-TEHNOLOŠKI FAKULTET**  
**TEKSTILNA TEHNOLOGIJA I INŽENJERSTVO**

**ZAVRŠNI RAD**

**UTJECAJ OBRADJE S LIMUNSKOM KISELINOM NA  
GENERIRANJE PRAŠINE CELULOZNOG MATERIJALA**

**Sara Inić**

**Zagreb, rujan 2017.**

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**TEKSTILNO-TEHNOLOŠKI FAKULTET**  
**Studij: Tekstilna tehnologija i inženjerstvo (TTI)**  
**Smjer: Tekstilna kemija, materijali i ekologija (TKME)**

**ZAVRŠNI RAD**

**UTJECAJ OBRADJE S LIMUNSKOM KISELINOM NA  
GENERIRANJE PRAŠINE CELULOZNOG MATERIJALA**

**Mentor:**

**doc. dr. sc. Sandra Flinčec Grgac**

**Sara Inić**

**Zagreb, rujan 2017.**

## **ZAVRŠNI RAD**

Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet,  
Prilaz baruna Filipovića 28a, 10 000 Zagreb  
Zavod za tekstilno-kemijsku tehnologiju i ekologiju

Broj stranica:	24
Broj tablica:	8
Broj slika:	11
Broj literaturnih izvora:	27

Povjerenstvo za ocjenu i obranu završnog rada:

1. Doc. dr. sc. Anita Tarbuk, predsjednik
2. Doc. dr. sc. Sandra Flinčec Grgac, član
3. Doc. dr. sc. Maja Somogyi Škoc, član
4. Dr. sc. Tihana Dekanić, zamjenik člana

*Zahvala*

*Najljepše hvala doc. dr. sc. Sandri Flinčec Grgac na stručnom vodstvu, razumijevanju i strpljenju, pomoći i savjetima te uloženom vremenu prilikom izrade završnog rada.*

*Također, zahvaljujem se stručnoj suradnici Rajni Malinar na brojnim savjetima, pomoći pri izradi ovog rada te na susretljivosti.*

*Sara*

## SAŽETAK

Cilj ovog rada je bio ispitati utjecaj obrade s limunskom kiselinom na generiranje prašine celuloznog materijala. U današnje vrijeme od prirodnih materijala najviše se koriste celulozni materijali koji sami po sebi imaju brojna dobra svojstva, ali s obzirom na sve veće zahtjeve današnjice provode se različite obrade i sve to u svrhu usavršavanja materijala. Zbog svoje kemijske građe pamučne tekstilije podložne su za rast i razvoj mikroorganizama, što predstavlja veliki problem. U tu svrhu provode se antimikrobne obrade. Još jedan od bitnih nedostataka je nastajanje celulozne prašine koja štetno utječe na zdravlje čovjeka te može biti prenosioč bakterija.

Zbog svega navedenog u ovom smo radu materijale tretirali limunskom kiselinom koja se u prethodnim istraživanjima pokazala kao dobro antimikrobno sredstvo za zaštitu celuloznih materijala. [1, 2]

Također smanjuje bubrenje i povećava otpornost na gužvanje čime se mijenjaju fizikalna i kemijska svojstva materijala. Sposobnošću da povećava otpornost na gužvanje dijelom eliminira stvaranje celulozne prašine, a time i smanjuje štetan utjecaj na čovjekovo zdravlje.

Nakon obrade u fularu i procesa pranja provedena su ispitivanja metodom generiranja i mjerenja veličine i količine čestica prašine iz čega vidimo da nastaju veće količine prašine manjih dimenzija (0,3, 0,5, 1  $\mu\text{m}$ ). Također su provedena mehanička ispitivanja te zaključujemo da se prekidna čvrstoća i istezanje se malo smanjuju u odnosu na neobrađeni uzorak, dok broj ciklusa pranja nema značajan utjecaj na mehanička svojstva materijala.

Ključne riječi: celuloza, celulozni materijali, generiranje tekstilne prašine, obrada limunskom kiselinom, mehanička svojstva

## SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. TEORIJSKI DIO .....	2
2.1. Celuloza .....	2
2.1.1. Prirodna celulozna vlakna (pamučna vlakna) .....	3
2.2. Limunska kiselina (trikarboksilna kiselina).....	5
2.2.1. Reakcije limunske kiseline s celulozom .....	6
2.3. Prašina.....	6
2.3.1. Celulozna prašina i njen utjecaj na zdravlje.....	7
2.4. Medicinski tekstil.....	8
3. EKSPERIMENTALNI DIO .....	10
3.1. Materijali i metode.....	10
3.3. Analize .....	12
3.3.1. Mjerenje količine i veličine čestica tekstilne prašine.....	12
3.3.2. Ispitivanje prekidne čvrstoće.....	13
4. REZULTATI I RASPRAVA.....	15
4.1. Količina i veličina čestica prašine.....	15
4.2. Mehanička svojstva.....	20
5. ZAKLJUČAK.....	22
6. LITERATURA .....	23

# 1.UVOD

Celuloza je najrašireniji organski spoj u prirodi. Prisutna je u svim biljkama i čini njihovu kompletnu strukturu. S obzirom na dostupnost celulozni materijal je našao primjenu u gotovo svim područjima svakodnevnog života. Od svih celuloznih vlakana danas su najviše upotrebljavana prirodna pamučna vlakna. Njihova primjena vuče korijene oko 5800 godina pr.Kr. Pamuk se uzgaja u oko 75 zemalja na gotovo svim kontinentima, što omogućava tako široku primjenu u gotovo svim poljima života. U prilog širokoj primjeni tog materijala ide i činjenica kako pamučna vlakna imaju dobra svojstva, te se lako obrađuju. Bitno je naglasiti kako su ti materijali našli široku primjenu i u medicini, kao jednoj od najvažnijih podskupina tehničkog tekstila, te se u toj grani koriste kao: gaze, zavoji, flasteri, bandaže, punjenja (tuferi) kao i brojni drugi uglavnom jednokratni materijali.

Kao što je već spomenuto celulozni materijali posjeduju brojna dobra svojstva, međutim i jedan značajan nedostatak, a to je stvaranje celulozne prašine koja može biti prenosioac raznih bakterija, te štetno utječe na zdravlje, a naročito na dišni sustav čovjeka. Prašina se općenito definira kao kruta tvar pretvorena u prah ili sitne čestice. Pamučna prašina je prašina prisutna u zraku tijekom rukovanja, obrade i prerade pamuka, te može sadržavati smjesu raznih tvari uključujući isjeckane biljne tvari, vlakna, bakterije, gljivice, zemlje, pesticida i drugih tvari koje se mogu nakupiti na pamuku tijekom uzgoja, žetve, prerade i skladištenja.

Postoje razne obrade celuloznih materijala koje poboljšavaju njihova svojstva. Jedna od njih je i obrada limunskom kiselinom koja se pokazala kao ekološki i ekonomski prihvatljivo sredstvo u antimikrobnim obradama, obradama protiv gužvanja celuloze te kao izuzetno dobar umreživač za različite procese funkcionalizacije celuloznih materijala. [1, 3, 4, 5, 6]

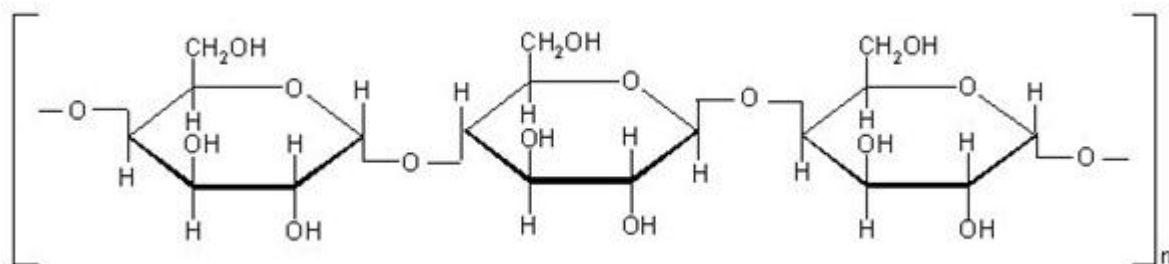
Cilj i svrha ovog rada, s obzirom na gore navedeni nedostatak, bila je proučiti utjecaj limunske kiseline kao široko primjenjivog sredstva s naglaskom na njen antimikroban učinak na generiranje prašine celuloznog materijala, kao i utvrditi učinkovitost obrade s limunskom kiselinom na mehanička svojstva tkanine te generiranje tekstilne prašine prije i nakon višestrukih ciklusa pranja. Na temelju dobivenih rezultata doneseni su zaključci o mogućnosti njihove višekratne upotrebe.



## 2. TEORIJSKI DIO

### 2.1. Celuloza

Celuloza je temeljna građevna tvar svih biljnih vlakana. To je polimerna tvar koja se sastoji od 44,4% ugljika (C), 6,2% vodika (H) i 49,4% kisika (O) utvrđene kemijske formule  $(C_6H_{10}O_5)_n$ , gdje se „n“ odnosi na broj ponavljajućih glukoznih ostataka. Makromolekula celuloze nastaje povezivanjem  $\beta$ -D-glukoze.  $\beta$ -D-glukoza je ciklički izomer kojem je  $-OH$  skupina na  $C_1$  atomu u *cis*-položaju u odnosu na  $-CH_2OH$  skupinu. Između ostataka glukoze stvara se jaka kovalentna eterska veza (*kisikov most*), a do povezivanja dolazi reakcijom između  $-OH$  skupina koje su na prvom i četvrtom C-atomu. Osnovna strukturna jedinica celulozne makromolekule je mer građen od dva glukozna ostatka (celobioza). Svaki šesteročlani prsten u molekuli celuloze ima tri hidroksilne skupine. Na jednom kraju polimernog lanca nalazi se  $-OH$  skupina, a na drugom je aldehidna  $-CHO$  skupina. [7]



Slika 1. Kemijska struktura celuloze [8]

Prosječni stupanj polimerizacije celuloze razlikuje se u različitim biljkama te je veći u nativnoj celulozi nego u prerađenoj. U pamučnoj celulozi iznosi 7000 do 14000, dok u tehničkoj drvnjoj celulozi dobivenoj iz debla drveća, od koje se proizvode umjetna celulozna vlakna, iznosi nekoliko stotina do 1000.

Celuloza nije topljiva u vodi. Relativno je otporna na djelovanje lužina, što omogućuje pranje i iskuhavanje celuloznih tekstilija u alkalnom mediju. Postojana je na djelovanje razrijeđenih kiselina pri sobnoj temperaturi, ali pri povišenim temperaturama dolazi do oštećenja, kao i djelovanjem koncentriranih kiselina. Takva celuloza gubi čvrstoću i vlaknasti oblik te se pretvara u prah.

Reakcije celuloze na koju djeluju različiti reagensi mogu se svrstati u tri skupine:

- reakcije koje uzrokuju bubrenje ili razdvajanje makromolekula celuloze, ali ne uzrokuju kemijske promjene ni skraćivanje srednje duljine makromolekula
- reakcije koje degradacijom dovode do promjene srednje duljine makromolekula
- reakcije koje uzrokuju kemijske promjene hidroksilnih skupina. [7]

### 2.1.1. Prirodna celulozna vlakna (pamučna vlakna)

Pamučna vlakna su danas najviše upotrebljavana prirodna vlakna. Za najstariji pronađeni pamučni tekstil se smatra da potječe oko 5800 godina pr. Kr. Pamuk se uzgaja u oko 75 zemalja svijeta na gotovo svim kontinentima, a najveći proizvođači su Kina, SAD, Indija, Pakistan, Uzbekistan i Turska. Obuhvaća 49 vrsta, ali samo 4 su kultivirane za uzgoj s ciljem dobivanja vlakana. Najznačajnija vrsta je *Gossypium hirsutum* od koje se dobiva oko 90% pamučnih vlakana u svijetu. [7]



**Slika 2.** Biljka pamuka [9]

U strukturi celuloznih vlakana prisutna su područja različite središnjosti, odnosno kristalna i amorfna područja, koja se međusobno izmjenjuju duž fibrila. Udio amorfnih odnosno područja male središnjosti u pamuku iznosi od 14 do 40%. Ta su područja iznimno bitna za vlakno jer se upravo u njima vežu molekule vode, bojila i ostalih apretura koje se nanose na vlakno i u njima se najprije zbivaju promjene odgovorne za mehaničke deformacije vlakna koje nastaju djelovanjem raznih sila.

Pamučna su vlakna kemijski pretežno građena od celuloze, uz koju su u manjoj količini prisutne i druge popratne tvari poput voskova, pektina, proteina, minerala i organskih kiselina (Tablica 1.).

**Tablica 1.** Kemijski sastav pamučnog vlakna

<b>Tvar</b>	<b>Udio, [%]</b>
celuloza	82-89
apsorbirana vlaga	7-10
pektini	0,6-1,1
Proteini	1,0-1,8
organske kiseline	0,5-0,9
Voskovi	0,4-0,9
ostalo	1,0
mineralne tvari i pepeo	0,6-1,5

#### **2.1.1.1. Svojstva pamučnih vlakana**

Pamučna vlakna imaju dobra svojstva radi čega su korisna u raznim granama industrije. Primarno svojstvo vlakna je finoća, a ona utječe na neka druga svojstva poput opipa, gužvanja, voluminoznosti i izgleda. Ova su vlakna fina vlakna, najčešće u rasponu 1,5 do 2 dtex. Po čvrstoći su srednje čvrsta (20 do 50 cN/tex), a navedeno svojstvo im se povećava u mokrom stanju te zbog toga dobro podnose veliki broj ciklusa pranja u primjeni. Relativno su otporna i na deformaciju, a imaju i dobru čvrstoću na savijanje.

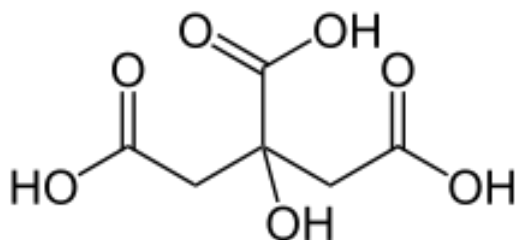
Jedno od sekundarnih svojstava vlakana je upijanje vlage. Pamučna su vlakna prilično higroskopna što znači da imaju veliku sposobnost upijanja vlage. Njihova repriza iznosi 8,5 %, a hidrofilnost pamuka povećava se iskuhavanjem i bijeljenjem. Zbog svojstva hidrofilnosti i higroskopnosti, pamučna vlakna nisu sklona nabijanju statičkim elektricitetom. Toplinska svojstva ovih vlakana su laka zapaljivost i održavanje gorenja izvan plamena. Do oštećenja dolazi pri temperaturama iznad 200 °C iako su promjene boje moguće već pri temperaturama 120 do 150 °C. Zbog kemijske građe pamučne tekstilije podložne su za rast i razvoj mikroorganizama. U određenim uvjetima na vlaknu se mogu razvijati gljivice, plijesni i bakterije. [7]

Zbog raznih svojstava, rasprostranjenosti i relativno niske cijene, pamučna vlakna imaju široki spektar primjene, a njihovi nedostaci korigiraju se oplemenjivanjem i raznim apreturama.

## 2.2. Limunska kiselina (trikarboksilna kiselina)

U cilju poboljšanja svojstava celuloznih materijala provode se razne obrade, a jedna od njih je i obrada protiv gužvanja. Njome se celuloza djelomično eterificira, smanjuje se bubrenje i povećava se otpornost na gužvanje čime se mijenjaju fizikalna i kemijska svojstva materijala te dolazi do umanjivanja mehaničkih svojstava materijala, prekidne sile i čvrstoće.

U tu svrhu počele su se primjenjivati polikarboksilne kiseline (PCA) 60-ih godina prošlog stoljeća, međutim postignuti efekti nisu davali zadovoljavajuće rezultate sve do 90-ih godina kada su započela intenzivnija istraživanja na tom području. Najbolje rezultate od PCA pokazala je 1,2,3,4,-butantetrakarboksilna kiselina (BTCA), ali njezin nedostatak je visoka cijena. Limunska kiselina (CA) pokazala je slabije rezultate, no njena prednost je niska cijena i dostupnost. Osnovni nedostatak limunske kiseline je požućenje tekstilnog materijala do kojeg dolazi prilikom termičke obrade na visokim temperaturama. Dodatkom katalizatora Na-hipofosfita (SHP) postignuti su nabolji rezultati, ali ga se nastoji zamijeniti u što većoj mjeri, zbog visoke cijene i problematike fosfata, raznim ko-katalizatorima (akceleratorima). [10, 11, 12]



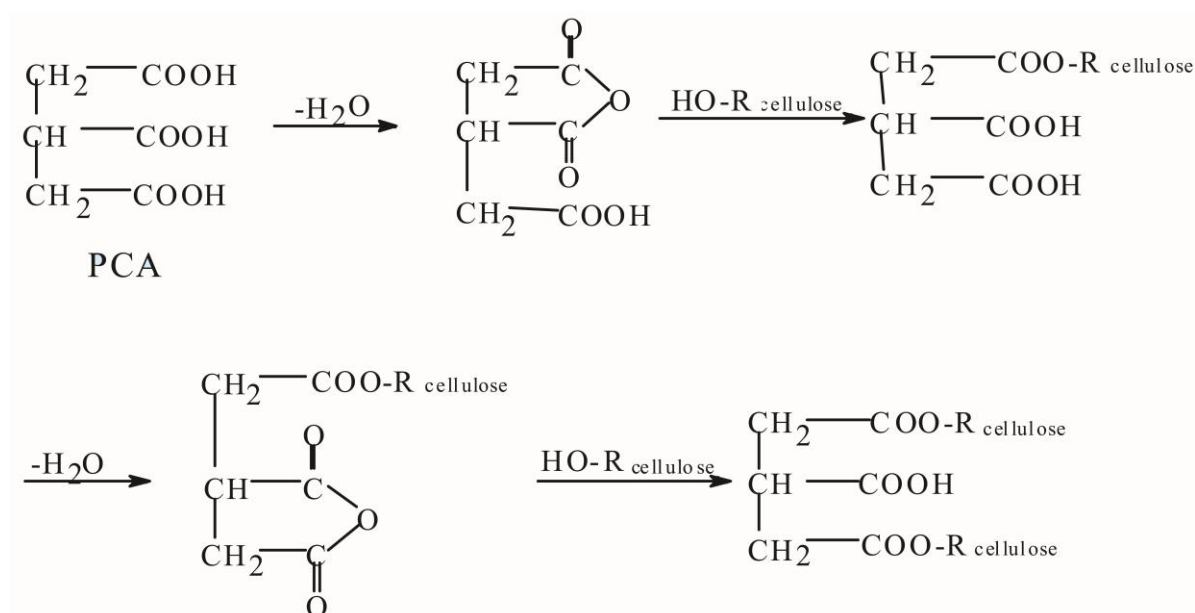
**Slika 3.** Strukturna formula limunske kiseline

Osim toga limunska kiselina pokazala se kao ekološki i ekonomski prihvatljivo sredstvo u antimikrobnim obradama. Celulozni materijali podložni su oštećenju mikroorganizmima pri povišenoj temperaturi uz prisustvo vlage. Kako bi se tekstilije zaštitile od napada mikroorganizama, higijenski obradile odnosno spriječio nastanak infekcija te se dezodorirale provodi se obrada antimikrobnim sredstvima. U svrhu antimikrobne zaštite prije su se uglavnom koristili anorganski spojevi ili kombinacije anorganskih i organskih spojeva, ali su neki od tih spojeva pokazali nepovoljne učinke na ljudsko zdravlje te ih se nastoji zamijeniti. Obrade limunskom kiselinom pokazale su jak antimikroban učinak u ranijim istraživanjima. [1, 2, 13]

### 2.2.1. Reakcije limunske kiseline s celulozom

Esterifikacija je postupak umrežavanja polikarboksilne kiseline s celulozom. Reakcija se odvija u dva stupnja, U prvom stupnju nastaje ciklički anhidrid, a u drugom reaktivni anhidrid reagira s celuloznim hidroksilnim skupinama. [14]

Primjenom trikarboksilne kiseline (CA) nastaje prvi anhidrid između dvije susjedne karboksilne grupe koji reagira sa hidroksilnom grupom celuloze, a zatim nastaje i drugi anhidrid između preostalih karboksilnih grupa. Ta dodatna mogućnost vezivanja anhidrida s hidroksilnim grupama uzrokuje umrežavanje i dobru stabilnost veze te time i postojanost obrade. Za esterifikaciju polikarboksilnih kiselina kao katalizatori koriste se slabe baze. Najčešće su to upravo alkalno metalni spojevi u čijem se sastavu nalazi fosfor. [15]



Slika 4. Mehanizam esterifikacije limunske kiseline i celuloze [16]

### 2.3. Prašina

Prašina se definira kao kruta tvar pretvorena u prah ili sitne čestice. Najvažnija svojstva prašine su veličina čestica, oblik i površina čestica, kemijski sastav čestica i njihovo zadržavanje u zraku. Najopasnije vrste prašina su one koje imaju vrlo male čestice koje nisu vidljive ljudskom oku. Takve su čestice toliko male da se mogu udahnuti, a

dovoljno velike da se zadržavaju u dišnom sustavu i ne mogu se izdahnuti. Prašine općenito oštećuju pluća i dišni sustav, ali mogu biti i uzročnici brojnih drugih zdravstvenih tegoba te prenosioci raznih bakterija. Kemijski sastav prašine određuje njezin učinak na ljudski organizam. Čestice s grubom i neravnom površinom imaju veću sposobnost adsorpcije te na taj način dodatno povećavaju opasnost od udisanja. Veličina lebdećih čestica varira od malih molekula manjih od 0,001  $\mu\text{m}$ , do polena i spora čija je veličina između 2 i 50  $\mu\text{m}$ , pa sve do velikih i vidljivih čestica prašine veličine 1000  $\mu\text{m}$ . [17, 18]

### 2.3.1. Celulozna prašina i njen utjecaj na zdravlje

Nedostatak 100%-tnog pamučnog tekstila je svojstvo stvaranja prašine koja može biti prenosioc raznih bakterija. Pamučna prašina definira se kao prašina prisutna u zraku tijekom rukovanja, obrade i prerade pamuka. Pamučna prašina može sadržavati smjesu raznih tvari uključujući isjeckane biljne tvari, vlakna, bakterije, gljivice, zemlje, pesticida te drugih tvari koje se mogu nakupiti na pamuku tijekom uzgoja, žetve, prerade i skladištenja. U pamučnu prašinu ubraja se sva prašina nastala tijekom obrade i rukovanja sirovih, otpadnih ili recikliranih pamučnih vlakana. [19]

**Tablica 2.** Podjela pamučne prašine prema veličini čestica

Vrsta	Veličina čestica / $\mu\text{m}$
Smeće	>500
Prašina	50-500
Mikro prašina	15-50
Prašina koja se može udahnuti	<15

Radnici koji su izloženi velikoj količini celulozne prašine uglavnom oboljevaju od bisinoze. Najčešće su zahvaćeni ljudi koji otvaraju pakete sirovog pamuka ili oni koji rade u prvim stadijima prerade pamuka ali bolest mogu dobiti i osobe koje rade s lanom i konopljom. Bisinoza je suženje dišnih putova uzrokovano udisanjem čestica celulozne prašine. Simptomi bolesti su pritisak u prsima i otežano disanje zbog smanjenja plućnog kapaciteta, koje se pogoršava prvog radnog dana u tjednu zbog novog kontakta s alergenima poslije vikenda, a idućih dana se poboljšava. Također su česti i simptomi kroničnog bronhitisa u ljudi izloženih pamučnoj prašini. [20]

## 2.4. Medicinski tekstil

Poznato je da medicinski tekstil predstavlja jednu od najvažnijih podskupina tehničkog tekstila s godišnjom stopom rasta od oko 4,3%. No osim netkanih tekstilija važan udio u proizvodnji medicinskih tekstilija i pomagala zauzimaju pletiva i tkanine. Od vlakana uglavnom se upotrebljavaju pamučna, poliesterska, ugljikova, teflonska te viskozna vlakna. Proizvodi od medicinskog tekstila imaju široki spektar primjene. [21]

S obzirom na primjenu medicinski tekstil se dijeli na :

- **Materijale za vanjsku upotrebu**

To su materijali koji se ne ugrađuju nego služe kao zaštita od infekcija, sredstvo za apsorpciju krvi i eksudata, podloga za apliciranje lijekova te za pospješivanje zacjeljivanja (komprese, zavoji, flasteri)

- **Materijali za izvantjelesnu primjenu**

Oni su sastavni dio složenih aparata, tzv. mehanički organi kao što su umjetni bubreg (uklanja otpadne produkte iz krvi), jetra (odvaja plazmu pacijenta i nadomješta je svježom), pluća (uklanja CO<sub>2</sub> iz krvi i nadomješta svježim O<sub>2</sub>)

- **Ugradbeni materijali**

To su zapravo implantanti kao što su kirurški konac, umjetne krvne žile, zglobovi, ligamneti, koža te mnogi drugi

- **Materijali za brigu o zdravlju i higijeni bolničkog osoblja i pacijenata**

U ovu skupini pripadaju različiti materijali koji osiguravaju ostvarivanje zdravstvenih i higijenskih uvjeta, kao što su kirurška odjeća, posteljina, prekrival za sofisticiranu medicinsku opremu, tekstilije za održavanje i čišćenje bolničkog prostora i mnogi drugi.

Kako bi se osigurala njihova mogućnost primjene u vrlo zahtjevnom području kao što su medicina i zdravstvo, tekstilni materijali moraju imati optimalnu kombinaciju svojstava. [22]

Kako bi se medicinski tekstil efektivno primjenjivao mora zadovoljavati sljedeće uvjete:

- Sigurnost u primjeni s mogućnošću kemijske ili toplinske sterilizacije
- Dobra fizikalno-mehanička svojstva te postojanost oblika i dimenzija

- Dobra adsorpcijska svojstva tekućina i izlučevina
- Proizvedeni od bioukladivih sirovina koje ne djeluju štetno na organizam
- Brza i efikasna primjena sa specifičnom prilagodbom
- Mogućnost racionalne i jeftine proizvodnje

Svojstva koja materijali moraju zadovoljavati određena su njihovom specifičnom primjenom. Osobito je bitno da vlakna koje se koriste za izradu medicinskih tekstilija moraju biti netoksična, nealergijska, nekancerogena te moraju imati mogućnost sterilizacije bez promjene fizikalnih i kemijskih svojstava. [21, 22]

Celulozni materijali s obzirom na prethodno navedene zahtjeve našli su svoju primjenu u gotovo svim područjima medicine, ali upravo zbog svojstva stvaranja prašine koja je potencijalni prenositelj različitih mikroorganizama njihova uporaba je nepovoljna u operacijskim dvoranama i u bolnicama općenito. Unatoč tome uniforme zdravstvenih djelatnika izrađene su od pamučne tkanine zbog udobnosti, trajnosti i jednostavnosti održavanja. Zbog svog oblik i strukture i poprečnog presjeka pamučno vlakno pridonosi udobnosti pamučnim odjevnim predmetima.. [23] Najčešća primjena celuloznih materijala u medicini je u svrhu, apsorpcije krvi i tjelesnih izlučevina te za zaštitu od mikroorganizama. [24]



### 3. EKSPERIMENTALNI DIO

#### 3.1. Materijali i metode

U radu je korišten 100%-tni pamučni materijal u platno vezu površinske masa 133 g/cm<sup>2</sup>. Gustoća potkinih niti iznosi 22 niti cm<sup>-1</sup>, a gustoća osnovnih niti iznosi 27 niti cm<sup>-1</sup>. Skupljanje u smjeru osnove iznosi 8%, a u smjeru potke 3%.

Za nanošenje kupelji na materijal korištena je metoda impregnacije na fularu. Fular je diskontinuirani stroj za impregnaciju i cijedenje, koristi se u procesima obrade tekstilija u raširenom stanju. Željena količina nanosene kupelji na materijal postiže se podešavanjem pritiska i brzine vrtnje valjaka, a izražava se kroz efekt cijedenja prema izrazu (1) [25]

$$E_c [\%] = \frac{m_M - m_s}{m_s} \cdot 100 \quad (1)$$

$E_c$  - efekt cijedenja [%]

$m_M$  - masa mokrog materijala [g]

$m_s$  - masa suhog materijala [g]



Slika 5. Fular

Uzorci se podvrgavaju obradi u kupelji čiji je sastav dan u Tablici 3. uz efekt cijedenja približno 100%. pH tako priređene kupelji iznosio je 2.86.

**Tablica 3.** Sastav kupelji

Sastojak	Količina
Limunska kiselina	70 g/L
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> x 2H <sub>2</sub> O	65 g/L
Kemonecer NI	2 g/L

U svrhu postizanja zadanog Ec na fularu je podešeno opterećenje od 15 kg/m i brzina vrtnje valjaka 1 m/min. Nakon obrade na fularu materijal se suši na 110 °C u vremenu od 2 minute. Tako osušeni materijal podvrgava se termofiksiranju na rasteznom sušioniku tvrtke Benz pri temperaturi od 170 °C u vremenu 2 x 2 minute za svaki uzorak. Materijal se nakon fiksiranja reže na uzorke dimenzija 30 x 25 cm te se obrubljuju kako ne bi došlo do gubitka materijala prilikom pranja. Postupak pranja proveden je u perlici Miele WMB120 WPS uz dodatak 20 g Standard color detergenta bez fosfata i 4 g natrij perborata (NaBO<sub>3</sub> x H<sub>2</sub>O). Pranje je provedeno na 60°C uz 1200 okr/min po skraćenom programu lakog održavanja u trajanju 85 minuta.

Uzorci su podvrgnuti različitim broju pranja kako bi se ustanovio utjecaj na svojstva obrađenog materijala.

**Tablica 4.** Prikaza broja pranja uzoraka

Oznaka uzoraka	Količina pranja
UZ-O (1,2,3,4,5)	0
UZ-1 (6,7,8,9,10)	1
UZ- 3 (11,12,13,14,15)	3
UZ-5 (16,17,18,19,20)	5
UZ-7 (21,22,23,24,25)	7
UZ-10 (26,27,28,29,30)	10
UZ-15 (31,32,33,34,35)	15
UZ-20 (36,37,38,39,40)	20

Nakon pranja uzorci su osušeni u sušilici za rublje Whirlpool.

Na pripremljenim uzorcima provedena su slijedeća ispitivanja :

- Mjerenje količine i veličine čestica generirane tekstilne prašine u skladu ISO 9073-10
- Ispitivanje prekidne čvrstoće u skladu

Provođenjem ovih ispitivanja utvrđuje se utjecaj pranja na nastajanje tekstilne prašine.

Obradjeni i oprani uzorci zašiveni su u oblik tuljka promjera 13 cm te su na njima provedena daljnja ispitivanja.



**Slika 6.** Uzorak koji se koristi za ispitivanje generiranja prašine

### **3.3. Analize**

#### **3.3.1. Mjerenje količine i veličine čestica tekstilne prašine**

Mjerenje količine i veličine čestica tekstilne prašine provodi se na generatoru tekstilnih čestica s brojačem čestica veličina 0,3 do 25  $\mu\text{m}$  (Lasair III 310C, Particle Measuring Systems) u komori s laminarnim strujanjem zraka. Mjerenja su provedena prema ISO

9073-10 Textiles - Test methods for nonwovens - Part 10: Lint and other particles generation in the dry state. [26]



**Slika 7.** Generator tekstilnih čestica s mjerачem veličine čestica od 0,3 do 25  $\mu\text{m}$

Mjerenja se provode na način da se ispitivani uzorak stavlja u zatvorenu komoru bez prašine i izlaže kontroliranom stalnom opterećenju izvrtnjem, pritiskanjem i istežanjem u trajanju od 30 minuta. Oslobođene čestice tekstilnog materijala se sortiraju i mjere po veličini na mjerачu čestica (Partical Counter) koji laserskim zrakama mjeri i sortira tekstilnu prašinu. Za svaki broj pranja bilo je 5 uzoraka pa tako ima i 5 mjerenja te su dani rezultati dobivenih srednjih vrijednosti.

### **3.3.2. Ispitivanje prekidne čvrstoće**

Ispitivanja prekidne čvrstoće daju uvid u mehanička svojstva materijala koja su izrazito bitna za njegovu primjenu.

Ispitivanje prekidne sile ( $F_p$ ) i prekidnog istežanja ( $\epsilon_p$ ) neobrađenog i limunskom kiselinom obrađenog materijala provedena su na dinamometru MESDAN-LAB Strength Tester.



**Slika 8.** Dinamometar MESDAN-LAB Strength Tester

Mjerenje prekidne čvrstoće provedeno je prema ISO 13934/1-EN ISO 13934/1 Fabric traction Strip Meth. – First Edition 1999-02-15/ Ref.Num. ISO 13934-1:1999. [27]

Mjerenja su provedena pri brzini izstezanja uzorka od 100 mm/min uz predopterećenje od 2 N pri temperaturi od 23°C i relativnoj vlažnosti 65%. Dimenzije ispitivanog uzorka iznose 22 x 5 cm. Ispitivanja prekidne čvrstoće daju uvid u mehanička svojstva materijala koju su izrazito bitna za njegovu primjenu.

Iz dobivenih vrijednosti prekidnih sila izračunato je mehaničko oštećenje ( $U_m$ ) prema slijedećem izrazu:

$$U_m = \frac{F_0 - F}{F_0} \cdot 100 \quad (2)$$

gdje su:

$U_m$  - mehaničko oštećenje (odgovara smanjenju prekidne sile), %

$F_0$  - prekidna sila neoštećene, početne tkanine, N

$F$  - prekidna sila modificirane tkanine, N

## 4. REZULTATI I RASPRAVA

Za bolje razumijevanje i praćenje dobivenih rezultata u Tablici 5. navedene su oznake svih ispitivanih uzoraka.

**Tablica 5.** Tumač oznaka ispitivanih uzoraka

<b>Uzorak</b>	<b>Opis</b>
UZ-N	Početni neobrađen uzorak
UZ-0	Uzorak obrađen s limunskom kiselinom, neopran
UZ-1	Uzorak obrađen s limunskom kiselinom, jednom opran
UZ-3	Uzorak obrađen s limunskom kiselinom, tri puta opran
UZ-5	Uzorak obrađen s limunskom kiselinom, pet puta opran
UZ-7	Uzorak obrađen s limunskom kiselinom, sedam puta opran
UZ-10	Uzorak obrađen s limunskom kiselinom, deset puta opran
UZ-15	Uzorak obrađen s limunskom kiselinom, petnaest puta opran
UZ-20	Uzorak obrađen s limunskom kiselinom, dvadeset puta opran

### 4.1. Količina i veličina čestica prašine

Određivanje količine i veličine čestica prašine izrazito je bitno kako bi se utvrdio negativan utjecaj celuloznih materijala na zdravlje ljudi prilikom primjene. Izlaganje pamučnoj prašini koja nastaje na celuloznom materijalu može uzrokovati razne bolesti dišnog sustava te prijenos mikroorganizama.

**Tablica 6.** Prikaz količine i veličine čestica prašine uz standardnu devijaciju neobrađenog uzorka

Broj pranja		0,3	0,5	1	5	10	25
Veličina čestica, $\mu\text{m}$							
0x	Prosječan broj čestica prašine	442370,4	317102,4	240839	11090,4	3499,8	479,0
		$\pm 91236,14$	$\pm 62364,15$	$\pm 45073,48$	$\pm 1661,40$	$\pm 322,84$	$\pm 57,35$
2164268,0		1631936,4	1041524,4	31729,2	5608,4	682,6	
$\pm 532110,59$		$\pm 413223,40$	$\pm 210436,71$	$\pm 5655,88$	$\pm 1186,18$	$\pm 139,86$	
1x	Prosječan broj čestica prašine	5139638	3118228	1495920	47474,6	9374,4	910
		$\pm 1364506,58$	$\pm 884360,70$	$\pm 453858,77$	$\pm 13958,35$	$\pm 2274,25$	$\pm 225,82$
5942402		3283785	1386897	43263,6	7109,2	587,2	
$\pm 1119762,40$		$\pm 492159,67$	$\pm 139264,06$	$\pm 2117,91$	$\pm 290,55$	$\pm 98,78$	
10x	Prosječan broj čestica prašine	5139638	3118228	1495920	47474,6	9374,4	910
		$\pm 1364506,58$	$\pm 884360,70$	$\pm 453858,77$	$\pm 13958,35$	$\pm 2274,25$	$\pm 225,82$
5942402		3283785	1386897	43263,6	7109,2	587,2	
$\pm 1119762,40$		$\pm 492159,67$	$\pm 139264,06$	$\pm 2117,91$	$\pm 290,55$	$\pm 98,78$	
20x	Prosječan broj čestica prašine	5139638	3118228	1495920	47474,6	9374,4	910
		$\pm 1364506,58$	$\pm 884360,70$	$\pm 453858,77$	$\pm 13958,35$	$\pm 2274,25$	$\pm 225,82$
5942402		3283785	1386897	43263,6	7109,2	587,2	
$\pm 1119762,40$		$\pm 492159,67$	$\pm 139264,06$	$\pm 2117,91$	$\pm 290,55$	$\pm 98,78$	

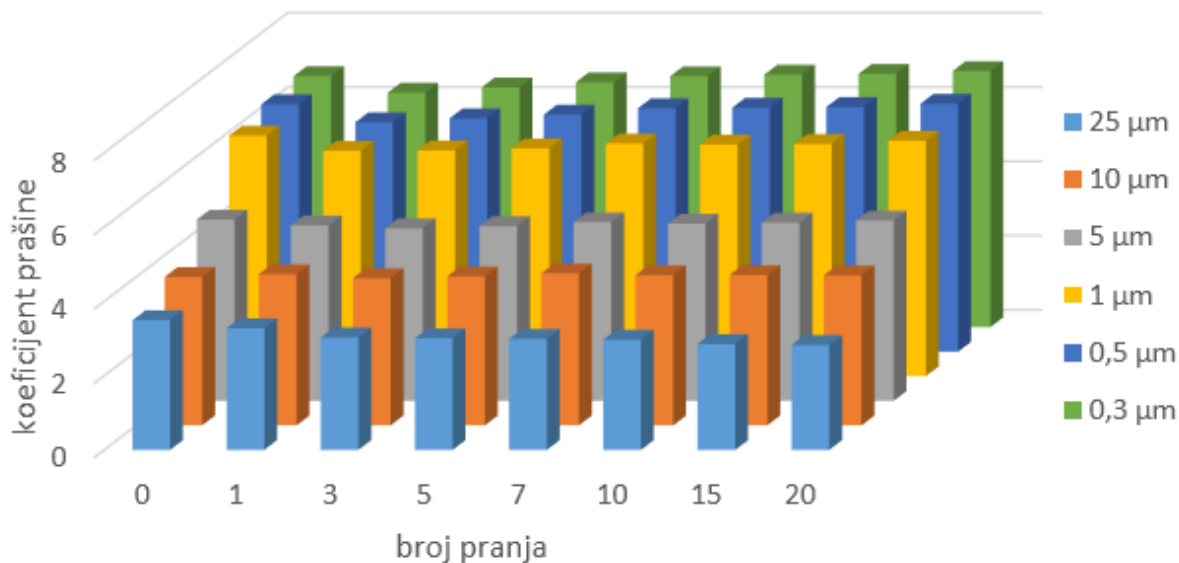
Iz Tablice 6. vidljivo je da na neobrađenom materijalu koji nije podvrgnut procesu pranja nastaje najmanja količina svih većičina čestica prašine. Pranjem se količina otpuštenih čestica povećava te pretpostavljamo da je to zbog mehaničkog oštećenja tkanine nastalog u samom procesu. Iz dobivenih rezultata prikazanih u Tablici 6. jasno je vidljivo da se količina otpuštenih čestica nakon provedenog desetog ciklusa pranja smanjuje.

**Tablica 7.** Prikaz veličine i količine čestica prašine uz standardnu devijaciju po uzorku

Uzorak							
Veličina čestica, $\mu\text{m}$		0,3 $\mu\text{m}$	0,5 $\mu\text{m}$	1 $\mu\text{m}$	5 $\mu\text{m}$	10 $\mu\text{m}$	25 $\mu\text{m}$
<b>UZ - 0</b>	<b>Prosječan broj čestica prašine</b>	568544± 1034917	4577038 ± 849693,2	3015573± 569369,5	75272,4± 12707,72	9882± 1053,67	3108,4± 666,89
<b>UZ - 1</b>		203973± 316791,9	150067± 220311	117449± 128515,3	52927,± 7408,87	11666,± 1988,28	1876,8± 244,72
<b>UZ - 3</b>		284434± 795799,8	192069± 657704,7	120403± 440262	44128,± 11230,07	9198,6± 1909,06	1073± 187,63
<b>UZ - 5</b>		390786± 643768,2	242258± 432123,1	136165± 257180,7	50466,± 8761,26	10265,± 1432,52	1014,8± 73,50
<b>UZ - 7</b>		5668245± 1330613	3571446± 1063147	1841945± 655192,8	63961,2± 19705,25	12359,6± 3347,89	973,6± 230,53
<b>UZ - 10</b>		625816± 1461901	370044± 943820,3	174309± 475259,9	58699± 14613,93	10985± 2220,89	931,6± 169,07
<b>UZ - 15</b>		655280± 728486,7	386452± 585206,5	179118± 349773,1	62139,± 11096,3	11108,± 1880,58	713± 120,22
<b>UZ - 20</b>		783249± 1194455	475479± 788921,1	219276± 289341,4	71141± 6428,72	10890,± 1172,73	668± 76,74

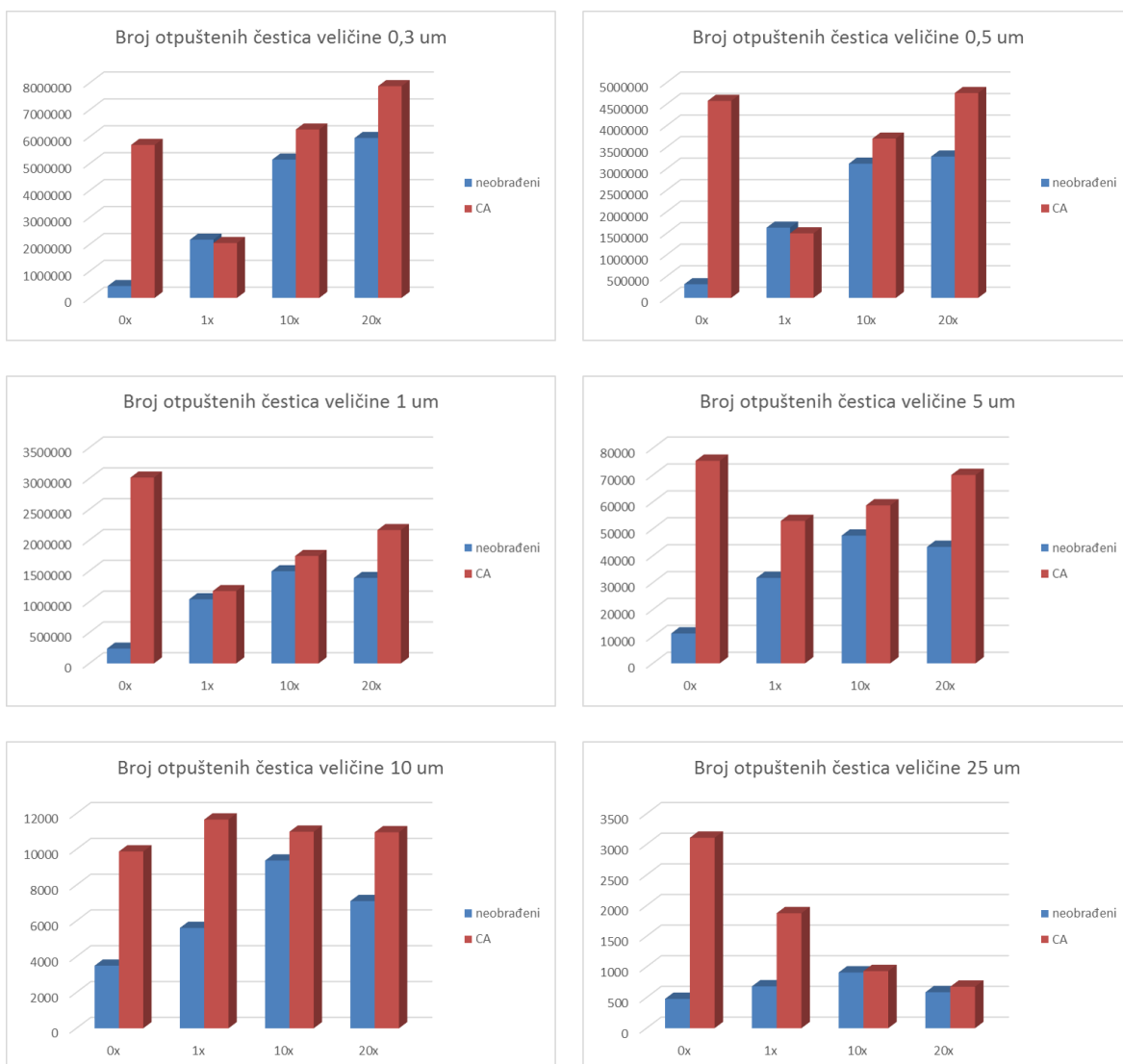
Iz podataka dobivenih mjerenjem količine i veličine generirane prašine izračunat je koeficijent prašine koji predstavlja logaritamsku vrijednost prosječne količine prašine. Na Slici 9. prikazana je ovisnost koeficijenta prašine o veličini čestica prašine iz koje se može pratiti promjena količine prašine ispitivanih uzoraka.





**Slika 9.** Grafički prikaz koeficijenta prašine po uzorku

Iz rezultata prikazanih u Tablici 7. vidljivo je da nastaju veće količine prašine manjih dimezija. Uočava se velika razlika prosječne količine prašine veličine 0,3, 0,5 i 1 μm u odnosu na veće čestice od 5, 10 i 25 μm. Uzorak koji je nakon obrade podvrgnut samo jednom procesu pranja pokazuje najmanju količinu generiranih čestica svih veličina. Slijede ga uzorci oprani tri puta UZ-3, odnosno pet puta UZ-5, dok uzorak opran sedam puta UZ-7 ima približne vrijednosti uzorku koji nije podvrgnut procesu pranja. Jedino kod čestica veličine 25 μm vidljiv je lagani linearni pad količine prašine u odnosu na broj pranja, tj. količina prašine se smanjuje povećavanjem broja pranja.



**Slika 10.** Usporedba količine čestica prašine neobrađenog i limunskom kiselinom obrađenog neopranog uzorka

Iz grafičkih prikaza na Slici 10. uočava se da neobrađeni materijal otpušta manje količine tekstilne prašine svih mjenjenih veličina u odnosu na tkaninu obrađenu limunskom kiselinom. Također je vidljivo da do 10. ciklusa pranja neobrađeni materijal otpušta veće količine čestica prašine. Nakon dvadesetog ciklusa pranja vidljiv je pad broja otpuštenih čestica prašine kod neobrađenog uzorka, te možemo pretpostaviti da je došlo do većeg mehaničkog odvajanja čestica u samom procesu pranja uzrokovano slabljenjem celuloznog materijala. Iz dobivenih rezultata vidljivo je da je količina otpuštenih čestica iz obrađenog uzorka prije provedenih ciklusa pranja velika što može ukazivati na prisutnost nataloženih odnosno nevezanih čestica na samoj površini uzorka. Iz grafičkog prikaza

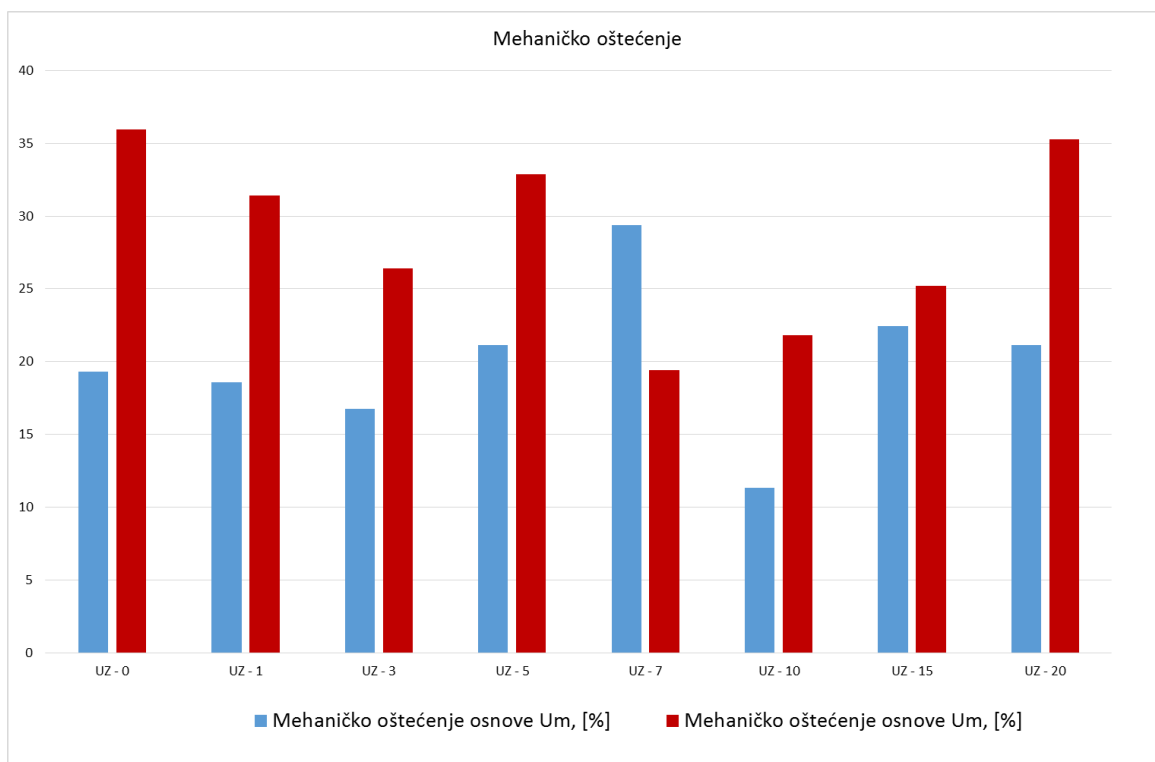
jasno je vidljivo da kod obrađenog uzorka nakon 1., 10. i 20. ciklusa pranja dolazi do kontinuiranog povećanja broja zabilježenih čestica prašine slijedećih dimenzija 0,3, 0,5, 1 i 5  $\mu\text{m}$ . Zabilježen broj čestica veličine 10  $\mu\text{m}$  na obrađenom uzorku prije i nakon provedenih ciklusa pranja neznatno varira te je veći u odnosu na zabilježen broj čestica kod neobrađenog i neobrađenog opranog uzorka. Najveće smanjenje količine prašine obrađenog materijala vidljivo je za čestice veličine 25  $\mu\text{m}$ . Na grafičkom prikazu za broj čestica veličine 25  $\mu\text{m}$  uočava se kontinuirani pad izmjenjenog broja otpuštenih čestica povećanjem broja ciklusa pranja čiji razlog može biti otpuštanje veće količine navedenih čestica u samom procesu pranja usljed slabljenja same tkanine.

## 4.2. Mehanička svojstva

Mehanička svojstva materijala su od velike važnosti te određuju njegovu namjenu. Celulozna vlakna su jedina vlakna kojima se čvrstoća povećava u mokrom stanju pa zbog toga dobro podnose veliki broj pranja tokom uporabe.

**Tablica 8.** Prikaz rezultata dobivenih ispitivanjem čvrstoće uzoraka

Uzorak	Prekidna čvrstoća osnove, [N]	Prekidno istezanje osnove, [%]	Mehaničko oštećenje $U_m$ , [%]	Prekidna čvrstoća potke, [N]	Prekidno istezanje potke, [%]	Mehaničko oštećenje $U_m$ , [%]
UZ-N	388	6,800	-	417	15,600	-
UZ - 0	313	6,200	19,33	267	14,300	35,97
UZ - 1	316	6,395	18,56	286	14,500	31,41
UZ - 3	323	7,300	16,75	307	15,500	26,38
UZ - 5	306	9,000	21,13	280	15,200	32,85
UZ - 7	274	16,100	29,38	336	10,700	19,42
UZ - 10	344	17,600	11,34	326	11,600	21,82
UZ - 15	301	17,500	22,42	312	13,000	25,18
UZ - 20	306	18,400	21,13	270	14,389	35,25



**Slika 11.** Grafički prikaz rezultata dobivenih ispitivanjem čvrstoće

Obrada u kiselom mediju i pri agresivnim uvjetima rezultirala je padom čvrstoće tkanine što je već ranije dokazano u brojnim istraživanjima [1, 2, 4]. Iz dobivenih rezultata vidimo da je čvrstoća tkanine u smjeru potkinih niti veća od čvrstoće u smjeru osnovinih niti. Također veća je i čvrstoća neobrađenog celuloznog materijala u odnosu na uzorke obrađene u kupelji s limunskom kiselinom, što se posebno uočava u smjeru potke kod koje je došlo do većeg pada čvrstoće.

Prekidno istezanje u smjeru potkinih niti smanjilo se obradom limunskom kiselinom kod svih ispitivanih uzoraka. U smjeru osnovinih niti vidljivo je da prekidno istezanje blago opada nakon obrade u kupelji s limunskom kiselinom, ali se povećanjem ciklusa pranja naglo povećava što može biti uzrokovano mehaničkim oštećenjima unutar vlakana.

Znatan pad čvrstoće u smjeru osnovinih niti vidljiv je na obrađenom uzorku UZ-0. Najveće odstupanje zabilježeno je nakon provedenog sedmog ciklusa pranja UZ-7.

S obzirom na neegalnost ispitivane tkanine došlo je do odstupanja izmjerenih vrijednosti prekidnih čvrstoća u oba smjera ispitivanja. Dobiveni rezultati jasno upućuju na potrebu povećanja broja mjerenja u svrhu dobivanja što točnijih vrijednosti.

## 5. ZAKLJUČAK

Limunska kiselina je često korišteno sredstvo u postupcima oplemenjivanja celuloznih materijala čijaj je primjena u različitim područjima ljudske djelatnosti. S obzirom na veliki udio primjene celuloznih materijala u bolničkom okruženju pojavila se potreba za istraživanjem njihovih obrada u svrhu antimikrobne zaštite. S obzirom na dobre antimikrobne rezultate objavljene od grupe autora u okviru ovog rada istražen je utjecaj takve obrade na količinu otpuštanja tekstilne prašine definiranih veličina čestica prije i nakon višestrukih ciklusa pranja. Pojava tekstilne prašine u bolničkom okruženju predstavlja velik problem s obzirom na mogući prijenos mikroorganizama i utjecaj na sofisticiranu medicinsku opremu.

Uzevši u obzir dobivene rezultate vidljivo je da nastaju veće količine prašine manjih dimenzija. Također materijal obrađen limunskom kiselinom otpušta veći broj čestica prašine u odnosu na neobrađeni, osobito prije provedbe ciklusa pranja čiji uzrok su prisutne nevezane čestice na samoj površini. Obradom celuloznog materijala limunskom kiselinom dolazi do pada čvrstoće. Tokom pranja dolazi do skupljanja materijala, a nakon provedbe 20 ciklusa pranja uočava se i povećano mehaničko oštećenje.

Obradom celuloznog materijala limunskom kiselinom postiže se dobra antimikrobna zaštita, ali nastaju i nešto veće količine tekstilne prašine. Daljnjim pranjem, odnosno višestrukim korištenjem, količina čestica se povećava, osim kod velikih čestica veličine 25  $\mu\text{m}$  čija količina se smanjuje. Uzevši u obzir i druge prednosti limunske kiseline u obradi pamučnih materijala, kao što je antimikrobni učinak i smanjena sklonost gužvanju te da je ekološki i ekonomski prihvatljivo sredstvo, upotreba je opravdana. Nadalje se preporuča istraživanje svojstava dodatkom različitih sredstava u primjenjenu kupelj ili naknadne obrade koja će eventualno dati bolje rezultate u eliminiranju celulozne prašine.

## 6. LITERATURA

- [1] Bischof Vukušić, S., Flinčec Grgac, S., Budimir, A., Kalenić, S., Cotton textiles modified with citric acid as efficient anti-bacterial agent for prevention of nosocomial infections, *Croatian Medical Journal* **52** (2011) 1, 68-75
- [2] Budimir, A., Bischof Vukušić, S., Flinčec Grgac, S., Study of antimicrobial properties of cotton medical textiles treated with citric acid and dried/cured by microwaves, *Cellulose* **19** (2011) 1, 289-296
- [3] Bischof Vukušić, S., Katović, D., Flinčec Grgac, S., Characterisation of N-Methylol dimethyl phosphonopropionamide (MDPA) and Citric Acid FR Bonding System, *AATCC REVIEW*, **12** (2012) ½, 51-56
- [4] Katović, D., Flinčec Grgac, S., Bischof Vukušić, S., Katović, A., Formaldehyde Free Binding System for Flame Retardant Finishing of Cotton Fabrics, *Fibres & textiles in Eastern Europe*, **20** (2011) 1, 94-98
- [5] Katović, D., Bischof Vukušić, S., Flinčec Grgac, S., Lozo, B., Banić, D., Flame Retardancy of Paper Obtained with Environmentally Friendly Agents, *Fibres & textiles in Eastern Europe*, **17** (2009) 3, 90-94
- [6] Katović, D., Bischof Vukušić, S., Flinčec Grgac, S., Kovačević, S., Schwarz, I., The Effect of Microwave Drying on Warp Sizing, *Textile research journal* **78** (2008) 4, 353-360
- [7] Čunko, R., Andrassy, M., *Vlakna, Čakovec, Zrinski* (2005)
- [8] [www.enciklopedija.hr](http://www.enciklopedija.hr) (pristup 20.05.)
- [9] [www.westafricanplants.senckenberg.de](http://www.westafricanplants.senckenberg.de) (pristup 01.06.)
- [10] Welch, C.M., Tetracarboxylic Acid as Formaldehyde-Free Durable Press Finishing Agents, Part I: Catalyst, Additive, and Durability Studies, *Textile Res. J.* **58** (1988) 8, 480-486
- [11] Bischof Vukušić, S., Katović, D., Soljačić, I., Polikarboksilne kiseline u obradi protiv gužvanja, *Tekstil* **48** (1999) 11, 549-561
- [12] Schramm, C., Rinderer, B., Optimizing Citric Acid DP Finishing to Minimize Fabric Yellowing, *Textile Chem. and Color.* **31** (1999) 2, 23-27

- [13] Grancarić, A. M., Soljačić, I., Katović, D., Osnove oplemenjivanja tekstila, Knjiga 2, Zagreb (1994)
- [14] Katović, D., Bischof Vukušić, S., Štefanić, G., Istraživanja mehanizma esterifikacije polikarboksilnih kiselina sa celuloznim materijalom, *Tekstil* **49** (2000) 10, 551-554
- [15] Bischof Vukušić, S., Katović, D., Parac Osterman, Đ., Limunska kiselina u obradi protiv gužvanja i njen utjecaj na promjene obojenja pamučnog materijala, *Tekstil* **51** (2002) 7, 325-330
- [16] Yang, C. Q., FT-IR spectroscopy study of the Ester Crosslinking Mechanism of Cotton Cellulose, *Textile reasearch Journal* **61** (1993) 8, 433-440
- [17] [http://ec.europa.eu/taxation\\_customs/dds2/SAMANCTA/HR/Safety/Dust\\_HR.htm](http://ec.europa.eu/taxation_customs/dds2/SAMANCTA/HR/Safety/Dust_HR.htm)
- [18] Klanfar, M., Tehnika sigurnosti, Prašina, Rudarsko geološko naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Predavanja (2014)
- [19] Senthil Kumar, R., Cotton dust - Impact on human health and environment in the textile industry, *Textile Magazine* (2008)
- [20] McL Niven, R., Pickering, C. A. C., Byssinosis: a review, *Thorax* **51** (1996) 632-637
- [21] Dragčević, Z., Šikić, N., Vuljanić, N., Razvoj u području medicinskih tekstilija, *Tekstil* **43** (1994) 12, 672-681
- [22] Somogy Škoc, M., Pezelj, E., Ležaić, D., Karakterizacija i učinkovitost medicinskih obloga za kronične rane, *Tekstil* **63** (2014) 9-10, 293-305
- [23] Rogina Car, B., Svojstva mikrobne barijere medicinskih tekstilija, Tekstilno-tehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Doktorski rad (2014)
- [24] Righy, A. J., Anand, S. C., Medical textiles, Handbook of technical textiles, Bolton Institute, (2001) 407- 424
- [25] Grancarić, A. M., Soljačić, I., Katović, D., Osnove oplemenjivanja tekstila, Knjiga 1, Zagreb (1992)
- [26] ISO 9073-10 Textiles - Test methods for nonwovens - Part 10: Lint and other particles generation in the dry state
- [27] ISO 13934/1-EN ISO 13934/1 Fabric traction Strip Meth. – First Edition 1999-02-15/ Ref.Num. ISO 13934-1:1999