

INFLUENCE OF NaOH CONCENTRATION ON EFFECTS OF MERCERIZATION OF COTTON FABRIC

Ivanka Ristić

Academy of Professional studies South Serbia, Department of Technology and Art studies, Republic of Serbia, ivankaristic66@gmail.com

Aleksandra Mičić

Academy of Professional studies South Serbia, Department of Technology and Art studies, Republic of Serbia, micic.aleksandra86@gmail.com

Aleksandar Zdravković

Academy of Professional studies South Serbia, Department of Technology and Art studies, Republic of Serbia, zdravkovic.aleksandar87@gmail.com

Miodrag Šmelcerović

Academy of Professional studies South Serbia, Department of Technology and Art studies, Republic of Serbia, msmelcerovic@yahoo.com

Nebojša Ristić

Academy of Professional studies South Serbia, Department of Technology and Art studies, Republic of Serbia, bojana1998@ptt.rs

Abstract: Cotton is the most important natural fiber. Cotton products are widely used, primarily as garments and home textiles. Although the first associations with cotton are the comfort and gentle touch that cotton provides, as well as the naturalness of the textile itself, it is also distinguished by many other characteristics that have made it irreplaceable in the lives of people worldwide. Cotton fabric usually has a very soft feel, and depending on the thickness of the cotton, transparency as well, which further contributes to comfort. When it comes to the practicality of this natural material, it is reflected not only in the widespread use of cotton for a variety of needs, but also in its other key properties. Various mechanical and chemical treatments that are routinely applied in the processing of cotton materials are very important because they improve the properties of fabrics and knitwear. Among various chemical treatments, mercerization is one of the main processes in improving the properties of cotton products. Mercerization is the oldest known process of continuous refining of cotton. By mercerization, cotton acquired refined properties that are resistant to chemical and mechanical treatments, as well as durability in use and care procedures. The importance of mercerization has recently increased, especially after the processes of high refining of cotton and its mixtures had been introduced and after the requirements for dimensional stability of fabrics and knitwear had increased. During mercerization, changes in the microstructure, morphology, and conformation of cellulose chains occur. These changes affect the hydrophilic and dyeing properties, breaking strength, gloss, and dimensional stability of the refined product. In this paper, the influence of mercerization procedure on hydrophilic and dyeing properties of cotton fabric was investigated. In the experiment, the cotton fabric was treated at room temperature (20 °C) for 90 s in a taut state in a solution of NaOH with a concentration of 260 g/dm³, 300 g/dm³, and 340 g/dm³. After rinsing and neutralization in diluted CH₃COOH solution, the samples were air-dried at room temperature, which corresponds to the technological process in real conditions. On the samples, changes in hydrophilic properties, as well as cotton dyeing properties with anionic dyes were determined: Cuprophenyl Red 3BL₁₄₀%, Cibacron F-3R, and Cibacron F-3R. On mercerized fabric, the wetting speed increases by 17-40% and capillary water transport by 20-30% as well, which is very important for the processing and exploitation properties of cotton. Colors of mercerized samples have a stronger tone 138-155% for light tone and 81-91% for a dark tone, for samples dyed with direct dye Cuprophenyl Red 3BL₁₄₀%. Samples dyed by reactive dye also have higher color intensity than the original fabric. For the light tone, the increase in color intensity has values of 110-269% and the dark tone 116-170%, for the dye Cibacron yellow F-3R and 91-111% for the lighter tone and 141-180% for the darker tone for the dye Cibacron F-3R. The increase in wetting and dyeing ability can be explained by microstructural and morphological changes of cotton fiber and fabric during the mercerization process.

Keywords: cotton, mercerization, wetting, dyeing

UTICAJ KONCENTRACIJE NAOH NA EFEKTE MERCERIZACIJE PAMUČNE TKANINE

Ivanka Ristić

Akademija strukovnih studija Južna Srbija, Odsek za tehnološko umetničke studije, Republika Srbija,
ivankaristic66@gmail.com

Aleksandra Mičić

Akademija strukovnih studija Južna Srbija, Odsek za tehnološko umetničke studije, Republika Srbija,
micic.aleksandra86@gmail.com

Aleksandar Zdravković

Akademija strukovnih studija Južna Srbija, Odsek za tehnološko umetničke studije, Republika Srbija,
zdravkovic.aleksandar87@gmail.com

Miodrag Šmelcerović

Akademija strukovnih studija Južna Srbija, Odsek za tehnološko umetničke studije, Republika Srbija,
msmelcerovic@yahoo.com

Nebojša Ristić

Akademija strukovnih studija Južna Srbija, Odsek za tehnološko umetničke studije, Republika Srbija,
bojana1998@ptt.rs

Rezime: Pamuk je najvažnije prirodno vlakno. Pamučni proizvodi imaju široku upotrebu, prvenstveno kao odevni proizvodi i kućni tekstil. Iako su prve asocijacije na pamuk udobnost i nežan dodir koje pamuk pruža, kao i prirodnost samog tekstila, on se odlikuje i mnogim drugim karakteristikama koje su ga učinile nezamenjivim u životima ljudi iz celog sveta. Pamučna tkanina najčešće ima vrlo mekan opip, a zavisno od debljine pamuka i prozračnost, koja dodatno doprinosi komforu. Kada je reč o praktičnosti ovog prirodnog materijala, ona se ne ogleda samo u širokoj upotrebi pamuka za najrazličitije potrebe, već i drugim njegovim ključnim osobinama. Razni mehanički i hemijski tretmani koji se rutinski primenjuju pri obradi pamučnih materijala su veoma važni jer unapređuju svojstva tkanina i pletenina. Među raznim hemijskim tretmanima, mercerizacija je jedan od glavnih procesa u poboljšanju svojstava pamučnih proizvoda. Mercerizacija je najstariji poznati proces postojanog oplemenjivanja pamuka. Mercerizacijom pamuk dobija plemenita svojstva koja su postojana na hemijske i mehaničke obrade, kao i postojanost u upotrebi i postupcima nege. Značenje mercerizacije je u poslednje vreme i poraslo, posebno nakon što su uvedeni procesi visokog oplemenjivanja pamuka i njegovih mešavina i nakon što su porasli zahtevi za dimenzionalnom stabilnošću tkanina i pletenina. Tokom mercerizacije javljaju se promene u mikrostrukтури, morfologiji i konformaciji celuloznih lanaca. Ove promene utiču na hidrofilita i svojstva bojenja, prekidnu jačinu, sjaj i dimenzionalnu stabilnost oplemenjenog proizvoda. U ovom radu je ispitan uticaj postupka mercerizacije na hidrofilita i svojstva bojenja pamučne tkanine. U eksperimentu je vršena obrada pamučne tkanine pri sobnoj temperaturi (20 °C) u toku 90 s u zategnutom stanju u rastvoru NaOH koncentracije 260 g/dm³, 300 g/dm³ i 340 g/dm³. Nakon ispiranja i neutralizacije u razblaženom rastvoru CH₃COOH uzorci su vazdušno sušeni na sobnoj temperaturi, što odgovara tehnološkom procesu u realnim uslovima. Na uzorcima su određene promene u hidrofilitnim svojstvima kao i svojstva bojenja pamuka anjonskim bojama: Cuprophenyl Red 3BL_{140%}, Cibacron F-3R i Cibacron F-3R. Na mercerizovanoj tkanini povećava se brzina kvašenja za 17-40% i kapilarni transport vode za 20-30%, što je veoma važno za prerađivačka i eksploataciona svojstva pamuka. Obojenja mercerizovanih uzoraka imaju jači ton 138-155% za svetli ton i 81-91% za tamni ton, za uzorke bojene direktnom bojom Cuprophenyl Red 3BL_{140%}. Uzorci bojani reaktivnim bojama takođe imaju veći intenzitet obojenja u odnosu na prvobitnu tkaninu. Za svetli ton povećanje intenziteta obojenja ima vrednosti 110-269% i tamni ton 116-170%, za boju Cibacron yellow F-3R i 91-111% za svetliji ton i 141-180% za tamniji ton za boju Cibacron F-3R. Povećanje kvašljivosti i sposobnosti bojenja mogu se objasniti mikrostrukturnim i morfološkim promenama pamučnog vlakna i tkanine tokom procesa mercerizacije.

Ključne reči: pamuk, mercerizacija, kvašenje, bojenje

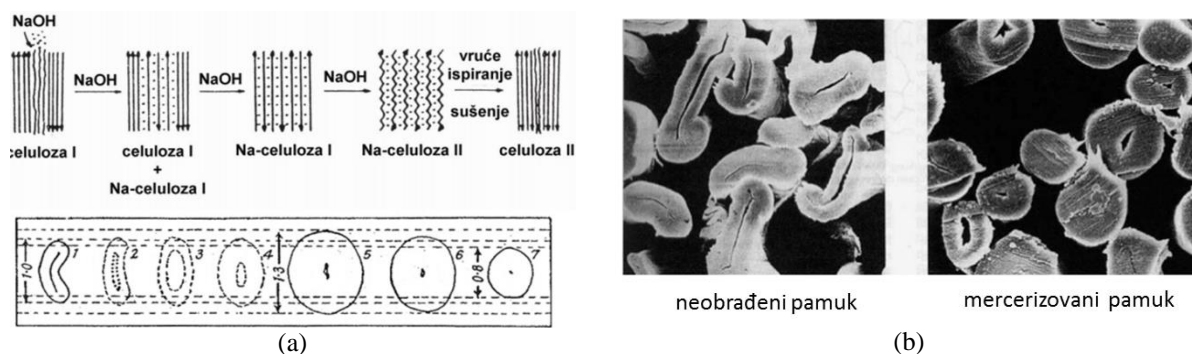
1. UVOD

Mercerizacija je najstariji poznati proces postojanog oplemenjivanja pamuka i ostalih prirodnih celuloznih vlakana. Mercerizacijom pamuk dobija plemenita svojstva koja su postojana na hemijske i mehaničke operacije, kao i postojanost u upotrebi i postupcima nege [1-5]. Značenje mercerizacije je u poslednje vreme još i poraslo, pogotovo nakon što su uvedeni procesi visokog oplemenjivanja pamuka i njegovih mešavina i nakon što su porasli zahtevi za

dimenzionalnom stabilnošću i visokom kvalitetom odevnih proizvoda. Razrađeni su procesi vruće mercerizacije i mercerizacije u tečnom amonijaku koji bi trebali zameniti proces klasične mercerizacije. Glavna poboljšanja koja se postižu u mercerizaciji su: povećanje sjaja, poboljšanje adsorptivnosti boja, povećana otpornost na habanje i gužvanje, povećana prekidna sila, povećanje stabilnosti dimenzija i poboljšanje svojstava visokog oplemenjenih materijala [6-10].

Mercerizacija se obavlja delovanjem koncentrovanog NaOH, najčešće 24%. Delovanjem koncentrovanog NaOH vlakna jako bubre, što uzrokuje promene u kristalnoj strukturi pamučnog vlakna (slika 1a). Zbog promene kristalne rešetke i povećanja amorfnog udela u vlaknu povećava se broj adsorpcionih mesta u vlaknu, što povećava adsorptivnost za vlagu i boje. Iscrpljenje boje se povećava čime se postižu znatne uštede boje, ako se boji do iste dubine tona kao i nemercerizirano vlakno. Kod mercerizacije menja se i morfologija pamučnog vlakna, vlakno prelazi iz uvijenog u okrugli štapičasti oblik, a poprečni presek iz bubrežastog u okrugli (slika 1b). Ako se mercerizacija izvodi uz istezanje, tada se struktura unutar vlakna zbija, dolazi do povećanja čvrstoće zbog novih povezivanja među lancima, a povećava se i sjaj kao rezultat usmerene refleksije svetlosti. Mercerizacija je specijalna faza olemenjivanja pamučnih pređa, tkanina i pletenina a zasniva se na promeni fizičko-mehaničkih osobina pamučnih vlakna.

Slika 1. Promene u pamučnom vlaknu za vreme mercerizacije: kristalne strukture (a) i poprečnog preseka (b)



U ovom radu ispitana su hidrofilna i svojstva bojenja pamučne tkanine nakon mercerizacije u zategnutom stanju na 20 °C u rastvoru različite koncentracije NaOH.

2. MATERIJALI I METODE

U eksperimentu je korišćena tkanina 100% pamuk, površinske mase 207 g/m². Mercerizacija je izvedena u zategnutom stanju uzoraka tkanine (dimenzije 15x10 cm i 25x3 cm) na temperaturi 20°C u toku 90 s u rastvorima NaOH (Kemika, Zagreb) sledeće koncentracije: 260 g/dm³; 300 g/dm³ i 340 g/dm³. Prema AATCC 39-1980 test metodu vreme kvašenja određeno je stavljanjem jedne kapi vode na zategnuti uzorak tkanine iz birete sa odstojanja od 1 cm od tkanine. Vreme potrebno za nestajanje vodenog ogledala sa površine uzorka (tj. vreme koje je potrebno da kapljica vode izgubi snagu refleksije) izmereno je kao vreme kvašenja (u sekundama). Rezultati su prosek od najmanje 5 merenja. Kapilarna metoda je takođe korišćena za ocenu poboljšanja upijanja vode. Trake dimenzije 25x3 cm donjim krajem dodirivale su razblažen rastvor kalijum dihidromata (1 g/dm³), radi lakšeg merenja visine kapilarnog podizanja. U toku eksperimenta meri se visina kapilarnog podizanja tečnosti u zavisnosti od vremena (10, 20, 30, 60, 120, 180, 240 i 300 sekunde). U eksperimentu su bojeni predhodno mercerizovani uzorci tkanina sa dve koncentracije boje 1% i 3% na masu materijala. Masa uzoraka iznosila je 4 g a odnos kupatila 1:45. Za bojenje uzoraka korićene su komercijalne boje: Cuprophenyl Red 3BL_{140%} (direktna boja, Ciba-Geigy, Švajcarska), Cibacron Yellow F-3R (reaktivna boja, Ciba-Geigy, Švajcarska), Drimaren Blue Z-BH, (reaktivna boja, Clarinat, Švajcarska). Intenziteti boja (K/S) određeni su na talasnim dužinama maksimuma apsorpcije za korišćene boje (C.I. Direct Red 80 - 540 nm, C.I. Reactive Red 3 - 550 nm i C.I. Acid Orange 19 - 500 nm) prema Kubelka-Munk jednačini:

$$\frac{K}{S} = \frac{(1-R)^2}{2R} \dots\dots\dots (1) \text{ Gde je: } K - \text{koeficijent apsorpcije, } S - \text{koeficijent rasipanja, } R - \text{refleksija za svetlost } D_{65}/10.$$

Procenat povećanja intenziteta boje (I) na mercerizovanim uzorcima u odnosu na prvobitni uzorak određen je pomoću sledeće jednačine: $I = \frac{(K/S)_m - (K/S)_o}{(K/S)_o} \cdot 100[\%]$ (2) Gde se subscript *m* odnosi

na uzorke mercerizovane tkanine, a subscript *o* na uzorke neobrađene tkanine. Tabela 1 sadrži oznake obojenih uzoraka.

Tabela 1. Oznake obojenih uzoraka

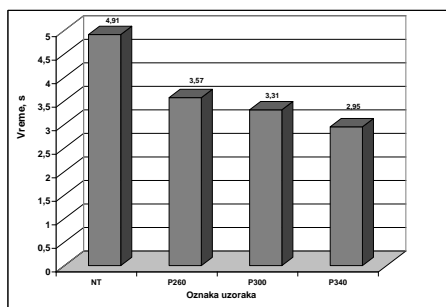
Oznaka	Uslovi mercerizacije
1	Netretirani uzorak - standard
1.1	Mercerizovani sa 260 g/dm ³ i bojeni sa 1% boje
1.2	Mercerizovani sa 300 g/dm ³ i bojeni sa 1% boje
1.3	Mercerizovani sa 340 g/dm ³ i bojeni sa 1% boje
3.1	Mercerizovani sa 260 g/dm ³ i bojeni sa 3% boje
3.2	Mercerizovani sa 300 g/dm ³ i bojeni sa 3% boje
3.3	Mercerizovani sa 340 g/dm ³ i bojeni sa 3% boje

3. REZULTATI I DISKUSIJA

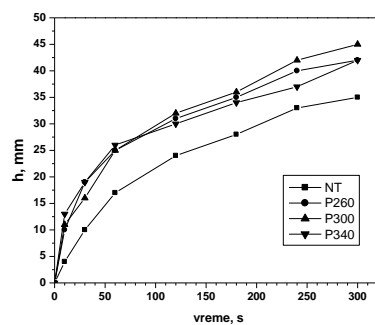
Kvašenje i upijanje tečnosti su suštinski važni u mnogim industrijskim procesima kao i za funkcionalne osobine vlaknastih materijala. Da bi se kretala u vlaknastoj sredini, tečnost mora da nakvasi površinu vlakana pre nego što se transportuje kroz međuvlaknaste pore pomoću kapilarnog dejstva. Privlačna sila na kontaktnoj površini vlakno-tečnost izaziva da tečnost kvasi vlakna i određena je osobinama površine vlakna i osobinama tečnosti. Način na koji se tečnost transportuje kroz pore zavisi od kapilarnih sila u poroznim strukturama tkanine. U strukturama tkanina prenos tečnosti ostvaruje se kroz mikroporozni sistem koji se nalazi u unutrašnjosti vlakana, duž njihove površine i makroporozni sistem kapilara između vlakana u pređi i između niti u tkanini. Prenos tečnosti se može pojačati povećanjem hidrofilitnosti površine vlakana i smanjenjem prečnika kapilara.

Na slici 2a grafički su prikazane vrednosti za brzinu upijanja vodene kapi pamučne tkanine za različite koncentracije NaOH rastvora za mercerizaciju. Neobrađena pamučna tkanina ima najmanju kvašljivost jer najsporije upija vodenu kap. Na uzorcima koji su mercerizovani poboljšava se kvašljivost, tako da se vreme upijanja vodene kapi monotono smanjuje sa povećanjem koncentracije rastvora za mercerizaciju, i to za 17 do 40%. Značajno povećanje brzine kvašenja pamučne tkanine ukazuje na promene u površinskom sloju pamučnog vlakna, jer je kvašljivost dominantno zavisna od svojstva površine tekstilnog materijala. Kapilarni transport vode obrađenih tkanina značajno je veći u odnosu na prvobitnu tkaninu (slika 2b).

Slika 2. Kvašljivost (a) i kapilarno podizanje (b) mercerizovane tkanine



(a)

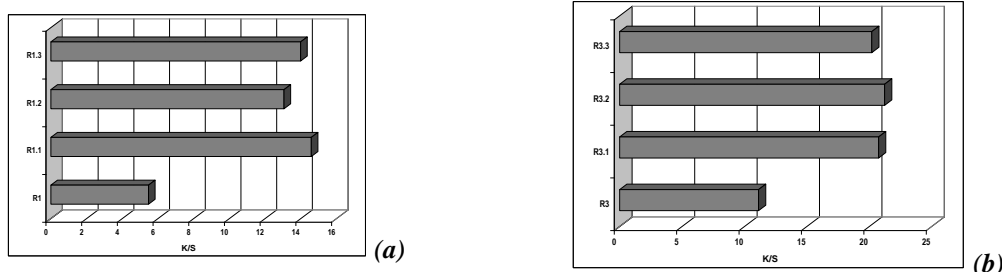


(b)

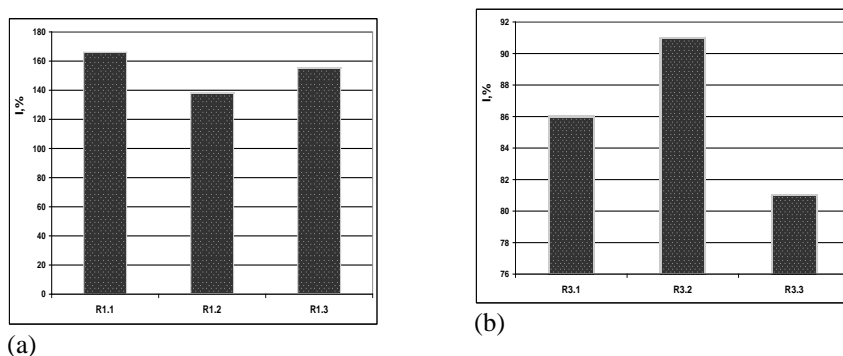
Visina vodenog stuba nakon 10 s kod mercerizovanih uzoraka je 2-3 puta veća u odnosu na neobrađenu tkaninu. Nakon 300 s visina vodenog stuba mercerizovanih tkanina je 20-30% veća, i sasvim je očigledno poboljšanje hidrofilitnih karakteristika pamučne tkanine mercerizacijom. Povećanje kvašljivosti i kapilarnog transporta vode mogu se objasniti mikrosrktturnim i morfološkim promenama pamučnog vlakna i tkanine tokom procesa mercerizacije. Smanjuje se udeo kristalnolne faze a povećava udeo amorfne faze za oko 15%, mikrofibrili se orijentišu u aksijalnom pravcu vlakna i povećava se dostupnost hidroksilnih (-OH) grupa što rezultira bržim kvašenjem tkanine.

Intenzitet obojenja zavisi od koncentracije i izdašnosti boje i karakteristika tekstilnog materijala. Na slici 3 prikazane su vrednosti intenziteta obojenja pamučne tkanine obojene direktnom bojom Cuprophenyl Red 3BL_{140%}. Uzorci bojeni u kupatilu sa 3% boje imaju veći intenzitet jer je veća količina boje vezana za pamučnu tkaninu. Mercerizovani uzorci imaju veći intenzitet obojenja u odnosu na početne uzorke, za obe dubine nijanse. Povećanje intenziteta obojenja mercerizovanih uzoraka prikazani su na slici 4. Kao što je prikazano povećanje intenziteta kreće se od 138-155% za svetli ton i 81-91% za tamni ton.

Slika 3. Intenzitet obojenja uzoraka bojenih sa Cuprophenyl Red 3BL_{140%}, 1% -levo i 3% -desno

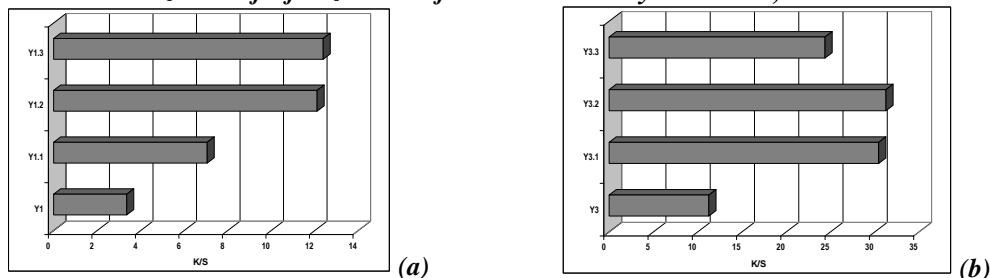


Slika 4. Povećanje intenziteta obojenja uzoraka bojenih sa Cuprophenyl Red 3BL_{140%}, 1% -levo i 3% -desno

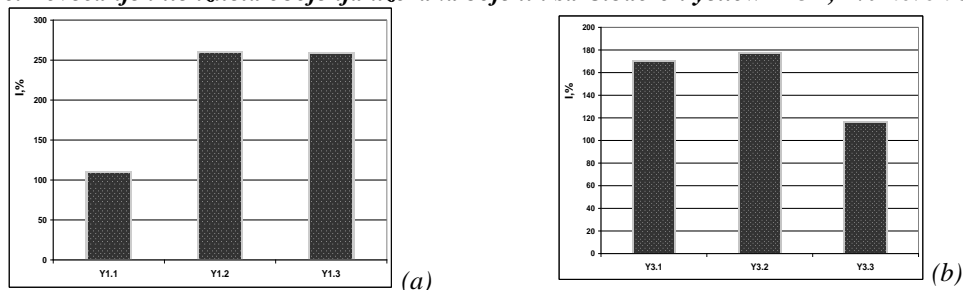


Uzorci bojeni reaktivnim bojama takođe imaju veći intenzitet u odnosu na prvobitnu tkaninu. Vrednosti inteziteta obojenja i povećanje intenziteta za boju Cibacron yellow F-3R prikazane su na slikama 5 i 6. Svi mercerizovani uzorci imaju višestruko veću vrednost intenziteta obojenja u odnosu na neobrađene uzorke, tj. povećanje intenziteta obojenja je veće u odnosu na direktnu boju. Za svetli ton povećanje intenziteta ima vrednosti 110-269% i tamni ton 116-170%. Vrednosti inteziteta obojenja i povećanje intenziteta za uzorke obojene bojom Drimaren Blue Z-BH prikazane su na slikama 7 i 8. Uočljivo je da ova boja ima najmanju izdašnost u odnosu na predhodne boje jer su vrednosti K/S (intenzitet obojenja) za iste koncentracije manje za 6-10 puta za svetliji ton i 7 puta za tamni ton. Mercerizacijom se značajno povećava intenzitet obojenja uzorka i to za 91-111% za svetliji ton i 141-180% za tamniji ton. Kod ove boje veće je povećanje intenziteta obojenja u tamnoj nijansi.

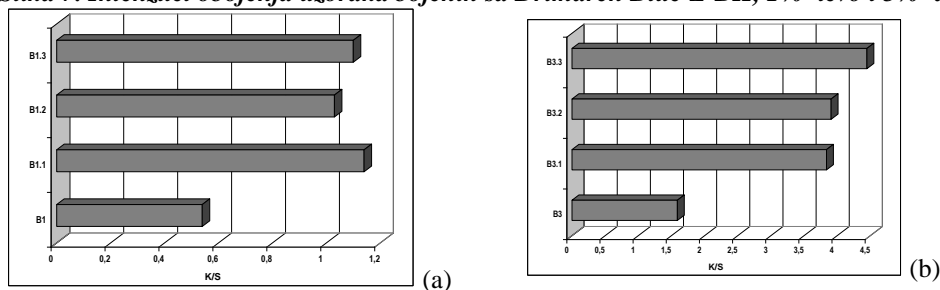
Slika 5. Intenzitet obojenja uzoraka bojenih sa Cibacron yellow F-3R, 1% -levo i 3% -desno



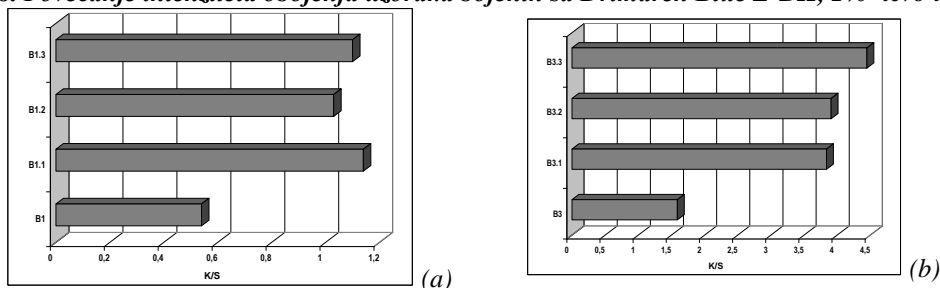
Slika 6. Povećanje intenziteta obojenja uzoraka bojenih sa Cibacron yellow F-3R, 1% -levo i 3% -desno



Slika 7. Intenzitet obojenja uzoraka bojenih sa Drimaren Blue Z-BH, 1% -levo i 3% -desno



Slika 8. Povećanje intenziteta obojenja uzoraka bojenih sa Drimaren Blue Z-BH, 1% -levo i 3% -desno



4. ZAKLJUČAK

Mercerizacija pamuka je najstariji hemijski proces za poboljšanje fizičko-mehaničkih i hemijskih karakteristika pamučnog materijala koji se vrlo često primenjuje u industrijskoj praksi. Mercerizovani pamuk ima veću trgovačku vrednost na bazi unapređenih karakteristika koja su rezultat reakcije celuloze sa NaOH i permanentnih promena koje se dešavaju na molekularnom i nadmolekularnom nivou u vlaknu. Na uzorcima koji su mercerizovani poboljšava se kvašljivost, tako da se vreme upijanja vodene kapi smanjuje sa povećanjem koncentracije NaOH u tehnološkom rastvoru za 17 do 40%. Značajno povećanje brzine kvašenja pamučne tkanine ukazuje na promene u površinskom sloju pamučnog vlakna, jer je kvašljivost dominantno zavisna od svojstva površine tekstilnog materija. Mercerizovani uzorci imaju veći intenzitet obojenja (K/S) u odnosu na prvobitne uzorke, za obe dubine nijanse. Procenat povećanja intenziteta boja ima vrednosti 81-135% za direktnu boju i 110-269% za reaktivne boje. Procenat povećanja intenziteta boje zavisi od dubine tona obojenja.

REFERENCE

- Brahma, S., Islam Md. R., & Dina, R. B. (2018). Role of mercerizing condition on physical and dyeing properties of cotton knit fabric dyed with reactive dyes. *International Journal of Current Engineering and Technology*, 8(4), 1-6
- El-Badry, Kh., Salah M. & Shereen O. (2013). *Journal of Applied Sciences Research*, Effect of mercerization techniques on cotton towels properties. 1, 1-8.
- Jordanov, I., Mangovska, B., & Tavčer, F. P. (2010). Mechanical and structural properties of mercerized cotton yarns, bio-scoured with pectinases., *Tekstil*, 59(10), 439-446.
- Jordanov, I., & Mangovska, B. (2009). Characterization on Surface of Mercerized and Enzymatic Scoured Cotton after Different Temperature of Drying. *The Open Textile Journal*, 2(1), 39-47.

- Remzi Gemci, R. (2010). Examining the effects of mercerization process applied under different conditions to dimensional stability. *Scientific Research and Essays*, 5(6), 560-571.
- Ramratan Kumar, A., & Kumar, R. (2020). To study the influence of mercerizing variation on the absorbency and whiteness test for the cotton woven fabrics. *Journal of Textile Engineering & Fashion Technology*, 6(2), 40-48.
- Solovov, R., Perevoznikova, A., Seliverstov, A., Shapagin, A., Fedoseev, A., Milyutin V., □ Ershov, B. (2021). Physicochemical and Sorptive Properties of a Phosphorylated Mercerized Cotton Fabric. *Polymers*, 13, 3756
- Md Shamim, A. (2016). Analysis of depth of shade on mercerized and unmercerized fabric among different woven fabric structures. *Hindawi Publishing Corporation Journal of Materials*, Volume 2016, Article ID 9739380.
- Patil, S., Mahapatra, A., Gotmare, V. D., Patil, P. G., Bharimalla A. K., & Arputharaj, A. (2019). Effect of different mercerization techniques on tactile comfort of cotton fabric. *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, 44(2), 217-222.
- Tiwari, A., & Jain, R. (2017). Effect of mercerization under tension on the drapability and strength of cotton khadi fabric. *International Journal of Research in Applied*, 5(4), 19-26.