UKLANJANJE HIDROLIZOVANE REAKTIVNE BOJE SA PAMUČNE TKANINE NAKON BOJENJA

Nebojša Ristić^{1*}, Ivanka Ristić¹, Dragana Marković Nikolić¹,
Aleksandra Mičić¹, Aleksandar Zdravković¹

¹ Visoka tehnološko umetnička strukovna škola, Leskovac

* e- mail: bojana1998@ptt.rs

Naučni rad

UDC: 677.027.26:677.21

DOI: 10.5937/tekstind1901025R

Apstrakt: Uklanjanje hidrolizovane reaktivne boje važna je faza rada u bojenju pamuka jer utiče na eksploataciona i higijenska svojstva tekstilnih proizvoda. Kao veliki potrošač vode i hemikalija ovaj radni proces proučava se sa aspekta uštede prirodnih resursa i zaštite životne sredine. U ovom radu proučavan je učinak sredstava za pranje na bazi tenzida različitog jonogeniteta kao i čiste vode na uklanjanje hidrolizovanih reaktivnih boja različitih funkcionalnih grupa. Dobijeni rezultati upućuju na zaključak da čista voda pri većem odnosu kupatila (1:30) i vremenu pranja 30 min može biti efikasno sredstvo za uklanjanje hidrolizovane monoreaktivne boje. Kod uklanjanja hidrolizovane bifunkcionalne boje pored odnosa kupatila i vremena pranja i koncentracija tenzida može da ima značajan uticaj na učinak procesa.

Ključne reči: reaktivne boje, hidroliza boje, intenzitet obojenja, pranje tkanine.

REMOVAL OF HYDROLIZED REACTIVE DYES FROM COTTON FABRIC AFTER DYEING

Abstract: Removal of hydrolysed reactive dye is an important stage in cotton dyeing as it affects the exploitation and hygienic properties of textile products. As a major consumer of water and chemicals, this work process is being studied from the point of view of saving natural resources and environmental protection. In this paper, studied was the effect of washing agents on the basis of surfactants with different ionogenicity as well as pure water on the removal of hydrolyzed reactive dyes having different functional groups. The obtained results suggest that clean water with a larger bath ratio (1:30) and a washing time of 30 min can be an effective remover for hydrolysed monoreactive dye. In the removal of the hydrolysed bifunctional dye, beside the bath ratio and washing times, the concentration of surfactants can also have a significant effect on the process efficiency.

Key words: reactive dyes, dye hydrolysis, color intensity, washing fabric.

1. UVOD

Od različitih klasa boja koje se mogu primeniti za bojenje pamuka i drugih celuloznih vlakana reaktivne boje uživaju najveću popularnost zbog jednostavne upotrebe, širokog asortimana nijansi, brilijantnosti obojenja kao i visokih upotrebni postojanosti. Međutim, primena reaktivnih boja ima nekoliko nedostataka koji imaju negativni uticaj na životnu sredinu, u smislu iskorišćenja boje iz tehnološkog rastvora,

upotrebe velike količine elektrolita i alkalno indukovane hidrolize boja tokom formiranja kovalentne veze boja-vlakno. Iako je reakcija sa vlaknom višestruko brža u završnoj raspodeli boje između vlakna i rastvora 10-40% boje se ne fiksira, već jedan deo zaostaje u rastvoru a drugi prelazi na vlakno kao supstantivna boja koji ukoliko zaostane na kraju bojenja ugrožava postojanost obojenja [1,2] (Slika 1).

Slika 1: Reakcije boje sa pamukom i vodom

Mnoga istraživanja su usmerena na proučavanje faktora koji utiču na hidrolizu reaktivnih boja i supstantivnost hidrolizovanog oblika [3-5], kao i na proučavanje efikasnosti sredstava za pranje kod uklanjanja hidrolizovane boje (slika 2) [6-8]. Faktori koji regulišu proces pranja su: vreme, temperatura, tip sredstva za pranje i koncentracija sredstva za pranje.

Slika 2: Uklanjanje hidrolizovane reaktivne boje

Potrošnja vode u ispiranju i pranju je 75% ukupne potrošnje vode, a naknadni tretman otpadnih voda čini 50% troškova reaktivnog bojenja pamuka, zbog čega se intenzivno sprovode nova istraživanja radi optimizacije procesa pranja korišćenjem tehnologije koja uključuje:

- uštedu vode, energije i vremena,
- primenu pametnog procesa sa brzim pranjem u malom odnosu kupatila,
- standardizaciju sistema kontrole i smanjenje troškova proizvodnje i
- kontrolu i smanjenje otpadnih voda, sa ciljem zaštite životne sredine.

Burkinshaw i Negrou su ispitivali mogućnost korišćenja poliamidnih perli kao ekološku zamenu za konvencionalno bojenje poliamida, poliestra i pamuka odgovarajućim bojama [9]. Obim uklanjanja boje je veoma sličan rezultatima postignutim korišćenjem odgovarajućeg konvencionalnog procesa pranja za svaki sistem boja-vlakno, što je ustanovljeno određivanjem intenziteta obojenja nakon pranja. Autori u

zaključku konstatuju da su slični efekti u pranju postignuti korišćenjem poliamidnih perli na 60 i 70 °C i potrošnjom značajno manje količine vode jer odnos kupatila 1:1, dok je u konvencionalnom pranju odnos kupatila 1:20. Primenom postupka sa perlama značajno se smanjuje količina boja u proizvedenim otpadnim vodama, jer se manje troši voda i deo boje se veže za poliamidne perle. Primena najlonskih perli u sapunskoj obradi pamuka nakon bojenja reaktivnim bojama pokazala se efikasnom sa ekološkog i ekonomskog aspekta [10]. Prikazani rezultati pokazuju da je moguće smanjiti broj upotrebljenih faza ispiranja i istovremeno zameniti veliki deo vode koja se troši za vreme pranja, korišćenjem poliamidnih perli. Proračuni su pokazali da se znatno manje toplotne energije troši jer se konvencionalni šestostepeni proces ispiranja zamenjuje trostepenim i odnos kupatila 1:10 smanjuje se na 1:2. Kumbasar i saradnici uporedili su efikasnost b-ciklodekstrina sa anjonskim i nejonogenim tenzidom u uklanjanju hidrolizovanih reaktivnih boja različite reaktivnosti i supstantivnosti [11]. Na osnovu rezultata zaključili su da ekološko pranje primenom b-ciklodekstrina može se uspešno primeniti kod uklanjanja boja niske supstantivnosti, dok uklanjanje hidrolizovanih boja visoke supstantivnosti je slabije u odnosu na tenzide, zato što b-ciklodekstrin nema izražena svojstva kvašenja i dispergovanja. Hang i He su u nedavno objavljenoj studiji preporučili sistem etanol-voda kao efikasnu ekološku alternativu za konvencionalno pranje pamuka nakon bojenja reaktivnim bojama [12]. Oni su ispitivali faktore koji utiču na desorpciju hidrolizovanih boja iz pamučnih tkanina u sistemu rastvarača koji se sastojao od etanola i vode, uključujući odnos zapremine etanola i vode, pH, i temperaturu. Maksimalna desorpcija je postignuta kada je odnos etanola i vode optimizovan na 4:6. Desorpcija je rasla sa povećanjem pH vrednosti i temperature. Sposobnost desorpcije boje na 60 °C u sistemu rastvarača etanol-voda je slična onoj koja je primećena pri konvencionalnoj metodi pranja u vodi u prisustvu deterdženta, na 95 °C. U skoro objavljenom radu grupa autora proučavala je mogućnost upotrebe koagulanata radi simultnog uklanjanja nefiksiranih reaktivnih boja sa pamučne tkanine i iz kupatila za pranje [13]. Učinak uklanjanja nefiksirane boje upoređen je sa konvencionalnim pranjem. Nova metoda pranja smanjuje do 87% boje u otpadnoj vodi i pri niskim koncentracijama koagulanata učinak pranja je sličan konvencionalnom pranju. Predložena je primena korišćenog izbeljivača H_2O_2 za uklanjanje hidrolizovanih reaktivnih boja sa pamučnih tkanina [14], jer je utvrđeno da su postojanosti obojenja i konačna nijansa obojenih uzoraka uporedljivi sa uzorcima kod kojih

je pranje sprovedeno na konvencionalan način. Udin i saradnici su ispitivali efikasnost komecijalnih sredstava za pranje i fiksiranje na postojanost obojenja pamučnih tkanina koja su obojena vinilsulfonskom reaktivnom bojom [15]. Utvrdili su da pranje izabranim sredstvima poboljšava postojanost obojenja već pri koncentraciji sredstava od 0,5 g/dm³.

U ovom radu ispitivana je efikasnost različitih sredstava za pranje u uklanjanju hidrolizovanih reaktivnih boja sa pamučne tkanine nakon bojenja. Pranje uzoraka tkanina impregniranih hidrolizovanom bojom izvedeno je rastvorima tri različita sredstva za pranje, sa različitim koncentracijama sredstva za pranje, različitim vremenima pranja i razmerom kupatila. Efikasnost upotrebljenih sredstava procenjana je na osnovu izračunatog intenziteta obojenja (K/S) nakon pranja spektrofotometrijskim merenjem refleksije i merenjem apsorpcije (A) uklonjene boje u rastvoru kolorimetrijskom metodom.

2. EKSPERIMENTALNI DEO

2.1 Materijal i metode rada

Za obradu je upotrebljena pamučna tkanina površinske mase 206,7 g/m², predhodno industrijski pripremljena za bojenje. U radu su korišćene hemikalije:

- ▶ Drimaren brilliant red KBG – monofunkcionalna reaktivna boja (DFCP) za celulozna vlakna (Clariant – Švajcarska)
- ▶ Bezaktiv blue S-FR_{150%} – bifunkcionalna reaktivna boja (VS/MCT) za celulozna vlakna (Bezema – Švajcarska)
- ▶ Jugopon 50 – anjonski tenzid (Na- so alkilbenzen sulfonata), sredstvo za pranje (Chromos, Hrvatska)
- ▶ Etopon LSP – anjonski tenzid (Laurilpoliglikoletar sulfat), sredstvo za pranje (Teol, Ljubljana)
- ▶ FN-10 – nejonogeni tenzid (Nonilfenoletilen oksid), sredstvo za pranje (Henkel, Srbija)
- ▶ Na₂CO₃ – so, sredstvo za regulaciju pH (Kemika, Hrvatska)

Rastvor boje sastavljen od 3 g/dm³ boje i 10 g/dm³ Na₂CO₃ je ključao 4 h na 95 °C u hermetički zatvorenim metalnim kivetama Ahiba aparata (TYP G7B) da bi se dobila hidrolizovana boja a zatim ohlađen do sobne temperature. Rastvor hidrolizovane boje nanešen je na tkaninu metodom imregnacije sa upijanjem tečno-

sti 80% na laboratorijskom fulardu. Osnovna tkanina je dobijena sušenjem tkanine 5 minuta na 120 °C.

Pranje tkanina (uzorci 15x15 cm) vršeno je na 95°C u dve faze pranja od po 15 minuta u Ahiba aparatu sa vertikalnim pokretanjem materijala. Sredstva za pranje su korišćena sa dve koncentracije (0,6 i 2 g/dm³) i dva odnosa kupatila – R (1:10 i 1:30). Pored toga, uzorci su prani i samo sa vodom pod istim uslovima, da bi se odredila efikasnost uklanjanja hidrolizovane boje. Nakon pranja uzorci su isprani destilovanom vodom i osušeni na sobnoj temperaturi.

Merenjem refleksije na refleksionom spektrofotometru Spectraflash SF600X (Datacolor – SAD) na talasnoj dužini maksimuma apsorpcije za Drimaren brilliant red KBG - 510 nm i Bezaktiv blue S-FR_{150%} - 630 nm određen je intenzitet obojenja (K/S) za svaki uzorak prema Kubelka-Munk jednačini:

$$K/S = (1 - R)^2 / 2R \dots\dots\dots (1)$$

Gde je: K – koeficijent apsorpcije, S – koeficijent rasipanja, R – refleksija za svetlost D65/10.

Apsorbancija rastvora boje merena je na kolorimetru CO7500 (WPA Engleska) na talasnim dužinama maksimalne apsorpcije. Vrednosti K/S za tkaninu kao i apsorbancija rastvora boje posle pranja, su mera efikasnosti uklanjanja hidrolizovane boje sa pamučne tkanine. Što je manja vrednost intenziteta boje na tkanini, tj. što je veća apsorbancija boje u rastvoru posle pranja korišćeno sredstvo efikasnije uklanja hidrolizovanu boju sa tkanine.

3. REZULTATI I DISKUSIJA

Na slici 3 prikazan je intenzitet obojenja na uzorcima pamučnih tkanina nakon dva ciklusa pranja uzoraka pri različitom odnosu kupatila i koncentraciji tenzida 0,6 g/dm³, predhodno obojenih sa Drimaren brilliant red KBG. Kao što se iz grafičkih prikaza vidi primenjena sredstva nakon svakog ciklusa pranja uklanjaju značajnu količinu hidrolizovane boje sa pamučne tkanine i pri tom odnos kupatila ima važnost za količinu uklonjene boje. Pranjem pamučne tkanine u čistoj vodi na 90°C uklanja se velika količina hidrolizovane boje, i dobijeni rezultati za intenzitet obojenja (K/S) na uzorcima obrađenim vodom mogu se uporediti sa rezultatima dobijenim pranjem uzoraka u rastvoru tenzida. Vrednosti K/S izračunate posle pranja u većem odnosu kupatila (1:30) su niže nego vrednosti za postupke pranja izvedenih sa nižim odnosom kupatila, što znači da je veća količina hidroli-

zovane boje uklonjena sa tkanine. U ovom radu sprovedena su dva postupka pranja jer prema literaturnim podacima treći ciklus pranja ne doprinosi značajno uklanjanju hidrolizovane reaktivne boje sa pamučne tkanine. Nakon prvog pranja pri odnosu kupatila (R) 1:10 razlike u intenzitetu obojenja su veće u odnosu na razliku intenziteta obojenja nakon drugog pranja (slika 3a). Najveća efikasnost uklanjanja hidrolizovane boje Drimaren brilliant red KBG najveća je posle prvog pranja pri R1:10 upotrebom nejonogenog tenzida FN-10 a najmanja upotrebom čiste vode. Nakon prvog pranja intenzitet obojenja na uzorcima pranim rastvorom Etopona LSP i rastvorom Jugopona 50 su 19% i 41% veći u odnosu na intenzitet obojenja uzorka čije pranje je sprovedeno u rastvoru FN-10. Intenzitet obojenja uzoraka opranog čistom vodom je za 143% veći. Međutim, interesantno je da posle drugog pranja vrednosti K/S na uzorcima opranim u rastvoru tenzida su približne, dok je K/S uzorka opranog u čistoj vodi veći za 75-90%. Ovi rezultati pokazuju da vreme pranja ima veliki uticaj na efikasnost uklanjanja hidrolizovane boje pri niskom tečnom odnosu.

Rezultati za intenzitet obojenja monofunkcionalne boje na uzorcima koji su oprani u kupatilu razmera 1:30 razlikuju se u pogledu upoređenja efikasnosti tenzida u odnosu na niski tečni odnos. Kod većeg tečnog odnosa nakon prvog pranja razlike u intenzitetu zaostale hidrolizovane boje su minimalne (slika 3b). Razlika za uzorak kada se koristi čista voda za pranje manji je od 9% u odnosu na bilo koji primenjeni tenzid. Nakon drugog pranja razlike u intenzitetu boje bile su minimalne. Dobijeni rezultati pokazuju da čista voda pri većem razmeru kupatila i vremenu pranja 30 min može biti efikasno sredstvo za uklanjanje hidrolizovane monoreaktivne boje. Rezultati koji su dobijeni čistom vodom za K/S pri R1:30 posle oba ciklusa pranja bolji su od rezultata za bilo koji tenzid koji se primenjuje pri R1:10.

Ovo pokazuje da se efikasnije pranje može sprovesti koristeći više vode (R1:30), umesto korišćenja sredstva za pranje ($c=0,6 \text{ g/dm}^3$, R1:10).

Povećanjem koncentracije sredstava za pranje od 2 g/dm^3 (slika 4) efikasnost uklanjanja hidrolizovane boje Drimaren brilliant red KBG se povećava za oko 30% nakon prvog pranja i za oko 20% nakon drugog pranja pri R1:10, u poređenju sa rezultatima za $0,6 \text{ g/dm}^3$ tenzida. Kada je odnos kupatila 1:30 intenzitet obojenja je nakon prvog pranja manji za 20-30% i 5-15% nakon drugog pranja u poređenju sa rezultatima za $0,6 \text{ g/dm}^3$ tenzida. Dobijeni rezultati ukazuju da su za efikasnost uklanjanja hidrolizovane monofunkcionalne reaktivne boje najvažniji parametri pranja - odnos kupatila i vreme pranja, jer povećanje koncentracije tenzida nije značajnije doprinelo smanjenju intenziteta boje na uzorcima koji su prani pri uslovima R1:30 i vremenu pranja 30 min.

Na slici 5 prikazani su intenziteti obojenja uzoraka obojenih hidrolizovanom bojom Bezaktiv blue S-FR_{150%} nakon oba stepena pranja različitim sredstvima, za koncentraciju $0,6 \text{ g/dm}^3$ tenzida i različit odnos kupatila. Na uzorcima koji su sadržali hidrolizovanu bifunkcionalnu reaktivnu boju intenzitet boje bio je progresivno manji sa stepenom pranja i većim odnosom kupatila za pranje primenom bilo kog sredstva ili vode. Veću efikasnost uklanjanja hidrolizovane boje Bezaktiv blue S-FR_{150%} imaju anjonski tenzidi, u odnosu na nejonogeni tenzid i vodu. Nakon drugog pranja pri R1:10 intenzitet obojenja na pamučnoj tkanini koja je oprana u rastvoru FN-10 bio je veći za 20% a vodom oprane tkanine za 37% u odnosu na uzorke koji su oprani anjonskim tenzidima. Kada se uzorci obrađuju u kupatilu odnosa 1:30 efikasnost sredstva se povećava za 13-25%, jer je za toliko bio manji intenzitet obojenja nakon prvog pranja. Nakon dru-

(a)

(b)

Slika 3: Intenzitet obojenja pamučne tkanine obojene hidrolizovanom bojom Drimaren brilliant red KBG posle pranja u zavisnosti od sredstva za pranje R1:10 (a), R1:30 (b) ($c=0,6 \text{ g/dm}^3$; K/S osnovne tkanine 4,72)

gog pranja intenzitet obojenja hidrolizovanom bojom bio je manji za 5-30% u odnosu na kupatilo sa manjim tečnim odnosom. I u slučaju bifunkcionalne boje pranjem vodom dobijeni su zapaženi rezultati, jer pri oba odnosa kupatila drugo pranje vodom je efikasnije u uklanjanju hidrolizovane boje od tenzida sa jednim pranjem, što potvrđuje predhodno izneto zapažanje da razmer kupatila i vreme pranja imaju veliki značaj za učinak pranja.

Pri upotrebi tenzida u koncentraciji od 2 g/dm³ (slika 6) efikasnost uklanjanja hidrolizovane Bezaktiv

sa rezultatima za 0,6 g/dm³ tenzida. Dobijene vrednosti upućuju na zaključak da kod uklanjanja hidrolizovane bifunkcionalne boje pored odnosa kupatila i vremena pranja i koncentracija tenzida može da ima značajan uticaj na ishod procesa, jer kod primene nejonogenog tenzida ($c=2\text{g/dm}^3$) pri oba odnosa kupatila i stepena pranja vrednost intenziteta se smanjivala u opsegu 32-55% u odnosu na $c=0,6\text{g/dm}^3$. Ova razlika u odnosu na hidrolizovanu monofunkcionalnu boju može se objasniti činjenicom da bifunkcionalna boja ima veći afinitet usled veće glomaznosti molekula i samim tim i afinitet hidrolizovanog oblika boje

(a)

(b)

Slika 4: Intenzitet obojenja pamučne tkanine obojene hidrolizovanom bojom Drimaren brilliant red KBG posle pranja u zavisnosti od sredstva za pranje R1:10 (a) i R1:30 (b) ($c=2\text{ g/dm}^3$; K/S osnovne tkanine 4,72)

blue S-FR_{150%} se povećava od 2% (Etopon LSP) do 32% (FN-10) nakon prvog pranja i od 2% (Etopon LSP) do 55% nakon drugog pranja pri R1:10, u poređenju sa rezultatima za 0,6 g/dm³ tenzida. Kada je odnos kupatila 1:30 intenzitet obojenja je nakon prvog pranja manji za 18-40% i 10-38% nakon drugog pranja u poređenju

je veći i zbog toga i koncentracija tenzida ima važnost u formulaciji tehnoloških parametara pranja bojenog pamučnog materijala.

Pored izračunavanja intenziteta obojenja tkanine (K/S) vršena su i merenja apsorpcija kupatila nakon pranja, posle svake faze pranja. Vrednost ap-

(a)

(b)

Slika 5: Intenzitet obojenja pamučne tkanine obojene hidrolizovanom bojom Bezaktiv blue S-FR_{150%} posle pranja u zavisnosti od sredstva za pranje R1:10 (a) i R1:30 (b) ($c=0,6\text{ g/dm}^3$; K/S osnovne tkanine 3,93)

(a)

(b)

Slika 6: Intenzitet obojenja pamučne tkanine obojene hidrolizovanom bojom Bezaktiv blue S-FR_{150%} posle pranja u zavisnosti od sredstva za pranje R1:10 (a) i R1:30 (b) ($c=2 \text{ g/dm}^3$; K/S osnovne tkanine 3,93)

sorbancije kupatila za pranje može se uzeti kao indikator efikasnosti uklanjanja boje, u smislu da veća apsorbancija znači više uklonjene boje sa tkanine. Vrednosti apsorbancije za boju Drimaren brilliant red KBG prikazane su na slikama 7 i 8. Na osnovu grafičkih prikaza uočljivo je da vrednost apsorbancije rastvora za pranje zavisi od upotrebljenog sredstva, koncentracije sredstva, vremena pranja i odnosa kupatila. Sa

povećanjem odnosa kupatila i koncentracije sredstva povećava se apsorbancija rastvora. Međutim, količina boje koja pređe u rastvor posle prvog pranja mnogo je veća nego količina koja pređe u rastvor posle drugog pranja. Ovo pokazuje da se glavni efekat postiže u prvih 15 minuta. Najmanja vrednost apsorbancije rastvora registrovana je kod upotrebe čiste vode.

(a)

(b)

Slika 7. Apsorbancija rastvora boje Drimaren brilliant red KBG u zavisnosti od tipa sredstva za pranje za $c=0,6 \text{ g/dm}^3$ i razmer kupatila 1:10(a), 1:30(b)

(a)

(b)

Slika 8: Apsorbancija rastvora boje Drimaren brilliant red KBG u zavisnosti od tipa sredstva za pranje za $c=2 \text{ g/dm}^3$ i razmer kupatila 1:10(a) i 1:30(b)

(a)

(b)

Slika 10: Apsorbancija rastvora boje Bezaktiv blue S-FR_{150%} u zavisnosti od tipa sredstva za pranje za $c=0,6 \text{ g/dm}^3$ i razmer kupatila 1:10(a) i 1:30(b)

(a)

(b)

Slika 11: Apsorbancija rastvora boje Bezaktiv blue S-FR_{150%} u zavisnosti od tipa sredstva za pranje za $c=2 \text{ g/dm}^3$ i razmer kupatila 1:10(a) i 1:30(b)

Apsorbancija rastvora nakon pranja uzoraka koji su sadržali hidrolizovanu boju Bezaktiv blue S-FR_{150%} takođe se povećava sa povećanjem zapremine kupatila za pranje i koncentracije tenzida. Kao kod monofunkcionalne boje vrednosti apsorbancije za drugo pranje su dramatično manje u odnosu na prvo pranje, tj. i kod uklanjanja hidrolizovane bifunkcionalne boje prvih 15 minuta pranja su ključni za željeni efekat, a anjonski tenzidi su minimalno efikasniji u odnosu na nejonogeni tenzid. Voda je imala najmanju efikasnost (slike 10 i 11).

4. ZAKLJUČAK

U ovom radu istražena je efikasnost anjonskih i nejonogenog tenzida i čiste vode u uklanjanju hidrolizovanih reaktivnih boja različitog hemijskog sastava i reaktivnosti. Efikasnost pranja procenjena je na osnovu intenziteta obojenja na tkanini i apsorbanci-

je rastvora za pranje nakon oba stepena pranja. Kod monofunkcionalne boje Drimaren brilliant red KBG rezultati pokazuju da vreme pranja ima veliki uticaj na efikasnost uklanjanja hidrolizovane boje pri tečnom odnosu 1:10. Međutim, čista voda pri većem razmeru kupatila (1:30) i vremenu pranja 30 min može biti efikasno sredstvo za uklanjanje hidrolizovane monoreaktivne boje. Rezultati koji su dobijeni čistom vodom pri R 1:30 posle oba ciklusa pranja bolji su od rezultata za bilo koji tenzid koji se primenjuje pri R 1:10. Ovo pokazuje da se efikasnije pranje može sprovesti koristeći više vode (R 1:30), umesto korišćenja sredstva za pranje ($c=0,6 \text{ g/dm}^3$ i R 1:10). Na uzorcima koji su sadržali hidrolizovanu bifunkcionalnu reaktivnu boju Bezaktiv blue S-FR_{150%} intenzitet obojenja bio je progresivno manji sa stepenom pranja i većim odnosom kupatila za pranje kod primene bilo kog tenzida ili vode. Dobijene vrednosti za K/S upućuju na zaključak da kod uklanjanja hidrolizovane bifunkcionalne boje pored odnosa kupatila i vremena pranja i kon-

centracija tenzida može da ima značajan uticaj na ishod procesa, jer kod primene nejonogenog tenzida ($c=2 \text{ g/dm}^3$) pri oba odnosa kupatila i stepena pranja vrednost intenziteta obojenja se smanjivao u opsegu 32-55% u odnosu na $c=0,6 \text{ g/dm}^3$. Na osnovu vrednosti apsorbanije rastvora za pranje količina boje koja pređe u rastvor posle 15 minuta pranja mnogo je veća nego količina koja pređe u rastvor posle drugog pranja, kod obe korišćene boje. Ovo pokazuje da se glavni efekat postiže u prvih 15 minuta, i da često preporučeno vreme u praksi od 20 minuta treba da bude dovoljno za visok učinak ukoliko je odnos kupatila odgovarajuće veliki i primenjeno efikasno sredstvo za sapunsku obradu.

REFERENCE

- [1] Lewis, D. M. (2014). Developments in the chemistry of reactive dyes and their application processes, *Coloration Technology*, 130(6), 382-412.
- [2] Devi, A.R., Akshaya, N., Rengaraja Selva, V.G., Subrata, D. (2017). Uticaj različitih koncentracija alkali-ja na bojenje tkanih pamučnih materijala sa reaktivnim bojama, *Tekstilna industrija*, 65(1), 36-43.
- [3] Javoršek, D., Kovač, F., Gorenšek, M. (2014). HPLC analysis of monofluoro-s-triazine dye during the dyeing process, *American Journal of Analytical Chemistry*, 5(4), 215-224.
- [4] Cai, G., Sun, L., Wu, J., Wang, J. (2015). Influence of nonionic surfactant on hydrolysis of vinyl sulfone reactive dye, *Journal of Surfactants and Detergents*, 18 (6), 1127-1135.
- [5] Ristić, N., Ristić, I., Marković Nikolić D., Mičić, A. (2018). Supstantivnost hidrolizovanih reaktivnih boja, *Tekstilna industrija*, 66 (1), 35-41.
- [6] Stanescu, I., Berteau, A., Butnaru, A., Manea L.R., Berteau, A.P. (2017). Determination of influential factors in reactive dye wash-off process using plackett-burman experimental design, *Cellulose Chemistry and Technology*, Vol 51, No 5-6, pp. 569-577.
- [7] Lau, E., Sapunjanje kod postupaka bojadisanja reaktivnim bojama (2001). *Tekstil*, 50(3), 130-133.
- [8] Akcakoca, E.P., Ozguney, A.T., Atav, R.(2007). The efficiency of washing agents in the post-dyeing removal of hydrolyzed reactive dye, *Dyes and Pigments*, 72(1), 23-27.
- [9] Burkinshaw, S.M., Negrou, A.M. (2011). The wash-off of dyeings using interstitial water part 1: Initial studies *Dyes and Pigments*, 90(2), 177-190.
- [10] Burkinshaw, M., Howroyd, J., Kumar, N., Kabambe, O. (2011), The wash-off of dyeings using interstitial water part 2: Bis(aminochlorotriazine) reactive dyes on cotton, *Dyes and Pigments*, 91 (2), 134-144.
- [11] Akcakoca Kumbasar E. P., Atav, R., Ozkaya, K., Yurdakul, A. (2013). The efficiency of β -cyclodextrin in the post-dyeing removal of hydrolyzed reactive dyes, *Tekstil*, 62 (5-6), 235-241.
- [12] Hang, C., He, J.(2013). Study of the desorption of hydrolysed reactive dyes from cotton fabrics in an ethanol-water solvent system, *Coloration Technology*, 130 (2), 81-85.
- [13] Shaikh, I A., Muqddas, A., Jamil, N., Qadir, A. (2016). Environment friendly approach to simultaneously remove unfixed dyes from textile fabric and wash-off liquor, *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe*, 24 (3), 124-129.
- [14] Shaikh, I A., Munir, S., Suhail, E., Jamil, N., Qadir, A. (2015). Removal of hydrolyzed reactive dyes from cotton fabric using spent H_2O_2 : A green approach, *Asian Journal of chemistry*, 27(6), 2129-2132.
- [15] Gias Uddin, M., Islam, M. (2015). Effects of Different Soaping and Fixing Agents on Washing Fastness of Reactive Dyed Cotton Fabric, *Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology*, 2(1), 57-61.

Rad primljen: 23.01.2019.

Rad prihvaćen: 28.02.2019.