

Dragana Grujić^{1*}, Aleksandar Savić¹,
Ljiljana Topalić -Trivunović,¹ Ana Velimir¹,
Maja Čiča¹, Mladen Stancić¹, Mitja Kolar²

¹Univerzitet u Banjoj Luci, Tehnološki fakultet, Banja Luka, RS, BiH

²Univerza v Ljubljani, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo,
Ljubljana, Slovenija

Naučni rad

ISSN 0351-9465, E-ISSN 2466-2585

UDC:677.027.625.3

doi: 10.5937/ZasMat1703283G



Zastita Materijala 58 (3)
283 - 292 (2017)

Uticaj obrade enzimima na antimikrobna svojstva pletenina bojenih ekstraktima lekovitih biljaka

IZVOD

U ovom radu je istraživana uticaj upotrebe različitih vrsta predtretmana (vodonik-peroksidom i enzimima) na antimikrobna svojstva pletenina bojenih alkoholnim ekstraktom biljke *Achillea millefolium* L. Za istraživanja su korištene tri pamučne pletenine različitih konstrukcijskih karakteristika i površinskih masa. Bojenje pletenina metanolnim ekstraktom biljke *Achillea millefolium* konc. 25 mg/mL rađeno je koristeći metodu iscrpljenja kupatila uz naknadnu obradu alginatom. Antimikrobno dejstvo pletenina obrađenih ekstraktima biljke *Achillea millefolium* L. na bakterije *Staphylococcus aureus* i *Escherichia coli* određivano je metodom paralelnih linija (AATCC TM 147).

Pored ispitivanja antimikrobnih svojstava određivan je gubitak mase predtretiranih pletenina, sposobnost zadržavanja vode i razlika boje predtretiranih i bojenih pletenina, a sve u zavisnosti od vrste primijenjene predobrade pletenina.

Ustanovljeno je da pletenine, nakon bojenja metanolnim ekstraktom biljke *Achillea millefolium* konc. 25 mg/mL uz naknadnu obradu alginatom, koje su prethodno tretirane enzimima pokazuju bolje antimikrobno dejstvo na bakteriju *Escherichia coli* u odnosu na pletenine tretirane H₂O₂.

Ključne riječi: bojenje, enzimi, ekstrakti biljaka, antimikrobna svojstva.

1. UVOD

Usljed česte povezanosti pojave alergijskih reakcija i toksičnosti sa upotrebom sintetičkih boja, poslednjih godina mnoge zemlje nameću stroge ekološke standarde. To je znatno povećalo interesovanje za razvoj tehnologija bojenja odjeće prirodnim bojama kompatibilnim sa okolinom i sa dobrim dezodorirajućim svojstvima [1]. Prirodne boje za bojenje tekstila su najčešće vodeni ili alkoholni ekstrakti raznih biljaka [2].

Intenzitet i postojanost obojenja, kao i druge karakteristike bojenog tekstila, zavise od tipa predobrade i vrste upotrebljenog ekstrakta prirodnog bojila. Za postizanje boljeg vezivanja antimikrobnih komponenti iz ekstrakata ljekovitih biljaka, za pripremu tekstila koriste se različite vrste ekološki prihvatljivih predobrada, kao što su obrade vodonik-peroksidom, enzimima, ozonom i plazmom [3,4].

Vodonik-peroksid (H₂O₂) je stekao dominantan položaj kao ekološki neškodljivo sredstvo za izbjeljivanje zbog svestrane primjene i mogućnosti dobijanja na različite načine [5]. Neki autori tvrde da ovom metodom bijeljenja nije moguće u potpunosti ukloniti žutilo [6,7]. Kabir i dr. [7] su istraživali i poredili učinak 35 %-tnog peroksida za bijeljenje i različitih optičkih bjelila na stepen bjeline pamučnih tkanina. Oni su pronašli da stepen bjeline zavisi od strukture tkanine i raste sa povećanjem koncentracije H₂O₂ do određene granice (5 g/l), a nakon toga ne dolazi do značajnog poboljšanja bjeline.

Pletenine kompaktne strukture (interlock i fajnrip) pokazuju veći stepen bjeline u odnosu na pletenine labave strukture. Povećanje koncentracije H₂O₂ utiče na povećanje stepena bjeline, istovremeno raste i stepen oštećenja strukture pamučnih vlakana, što se pokazuje kao pad prekidne jačine [8].

Upotreba enzima u tekstilnoj industriji je primjer industrijske biotehnologije, koja omogućava razvoj ekološki prihvatljivih tehnologija u preradi vlakana i strategiju za poboljšanje konačnog kvaliteta proizvoda. Potrošnja energije i sirovina, kao i povećanje svijesti o problemima životne sredine koji se odnose na korišćene hemikalije, njihovo raspadanje u

*Autor za korespondenciju: Dragana Grujić

E-mail: dragana.grujic@tf.unibl.org

Rad primljen: 22. 05. 2017.

Rad prihvaćen: 19. 06. 2017.

Rad je dostupan na sajtu: www.idk.org.rs/casopis

deponijama, vodi ili oslobađanje u vazduh tokom hemijske obrade tekstila su glavni razlozi za primjenu enzima u završnoj obradi tekstilnih materijala [9,10].

Upotreba enzima u proizvodnji tekstila je u velikoj mjeri uticala na kvalitet proizvoda i zaštitu životne sredine. Enzimi su biorazgradljivi pa ne zagađuju okolinu i predstavljaju ekonomičnu opciju s obzirom da podrazumjevaju kraće vrijeme obrade u odnosu na druga sredstva [10,11].

Celulaze su hidrolitički enzimi koji kataliziraju razgradnju celuloze na manje oligosaharide i konačno glukozu. Za obrade pamučnih i drugih celuloznih materijala najpogodniji su enzimi iz grupe celulaza. Celulaze su bile upotrijebljene za uklanjanje fibrila i kratkih vlakana koristeći enzimatsku razgradnja, te su takođe uspješno uvedeni u pamučnu tekstilnu industriju [10].

Esteraze su uspješno proučavane za djelomičnu hidrolizu sintetičke površine vlakana, poboljšanje njihove hidrofilnosti i unapređenje daljnjih faza dorade. Pored hidrolitičkih enzima, oksidoreduktaze su takođe korištene kao moćni alati u različitim fazama obrade tekstila. Katalaze su korištene za uklanjanje H₂O₂ nakon izbjeljivanja, smanjujući potrošnju vode [12].

Primjena enzima omogućava zamjenu toksičnih hemijskih tretmana sa ekološko prihvatljivim enzimatskim tretmanima, koji smanjuju troškove povezane s procesom proizvodnje i potrošnje prirodnih resursa (voda, struja, gorivo), a istovremeno poboljšavaju kvalitet gotovog tekstilnog proizvoda [13]. Dostignuća u enzimologiji, molekularnoj biologiji i srodnim tehnologijama pružaju mogućnosti za razvoj novih tehnologija na bazi enzima za ekološki prihvatljiviji pristup u tekstilnoj industriji [11].

Antimikrobna završna obrada se, u zavisnosti od vrste tekstilnog materijala, zasniva na nanošenju antimikrobnog sredstva na tekstilni materijal adsorpcijom, hemijskim vezivanjem ili njegovom mikro-inkapsulacijom na površini tekstilnog materijala [14]. Zbog činjenice da biološki aktivne materije iz biljaka mogu usporiti ili spriječiti rast mikro-

organizama raste interesovanje i za proučavanje njihove primjene u obradi tekstila [15,16].

Mnogi istraživači su izučavali antibakterijska svojstva biljnih ekstrakata, kao i mogućnosti njihove primjene za bojenje tekstila [17-21]. Boja biljnog ekstrakta i njihov antimikrobni efekat potiče od materija različitog hemijskog sastava. To mogu biti antocijanini, antrahinoni, indikani, flavonoidi i sl. [22].

Pletenine obojene alkoholnim ekstraktom u pravilu pokazuju značajnije antimikrobno djelovanje u odnosu na one koje su obojene vodenim ekstraktom [23,3]. Antimikrobno djelovanje je izraženije prema grampozitivnim bakterijama (npr. *Staphylococcus aureus*) naročito nakon obrade plazmom i uz dodatak Glauberove soli [23]. Inhibicija gramnegativnih bakterija (npr. *Escherichia coli*) je slabo ispoljena samo kod nekih tipova obrade [24].

U ovom radu biće prikazan uticaj vrste predtretmana (klasično bijeljenje H₂O₂ i ekološki prihvatljiva obrada pektinazom) na antimikrobna svojstva pletenina s obzirom na bakterije *Staphylococcus aureus* i *Escherichia coli*, kao i na stepen obojenja antimikrobno obrađenih pletenina metanolnim ekstraktom biljke *Achillea millefolium* L. koncentracije 25 mg/mL.

2. EKSPERIMENTALNI DIO

Za istraživanje uticaja predtretmana pletenina (vodonik-peroksidom i pektinazom) na antimikrobna svojstva pletenina obrađenih metanolnim ekstraktom biljke *Achillea millefolium* L. konc. 25 mg/mL uz naknadnu obradu alginatom, korištene su tri vrste pamučnih pletenina različitih konstrukcijskih karakteristika i površinskih masa. Pletenine su izrađene od 100 %-tne pamučne pređe podužne mase 25 tex proizvedene u preduzeću "Dubicotton" iz Kozarske Dubice.

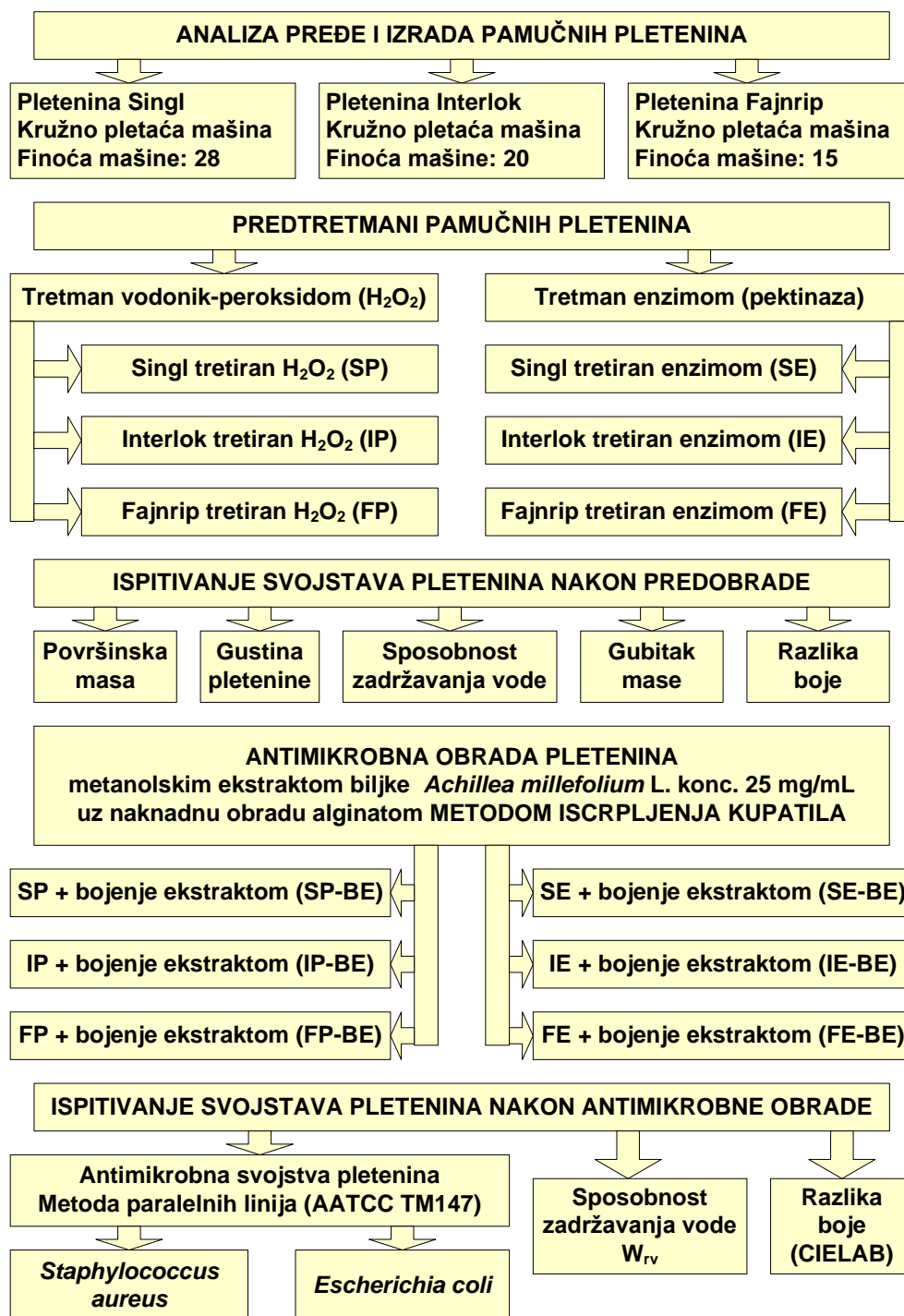
Osnovne karakteristike sirovih pamučnih pletenina, na kojima su vršeni predtretmani H₂O₂ i pektinazom, a nakon toga i antimikrobne obrade alkoholnim ekstraktima biljke *Achillea millefolium* L., date su u tabeli 1.

Tabela 1. Osnovne karakteristike sirovih pletenina

Table 1. Basic characteristics of raw knitted fabrics

Oznaka pletenine	Vrsta prepletaja	Površinska masa (g/m ²)	Gustina (cm ⁻¹)		Sirovinski sastav
			Gv	Gh	
SS	singl	135	17	13	100 % pamuk
IS	interlok	167	14	10	100 % pamuk
FS	fajnrip	222	13	12	100 % pamuk

Na slici 1 je dat šematski prikaz toka istraživanja, koji obuhvata faze od ispitivanja osnovnih karakteristika pređe, izradu pletenina, predtretmane pletenina i ispitivanja njihovih svojstava, bojenje ekstraktima biljke *Achillea millefolium* L. metodom iscrpljenja kupatila, do određivanja antimikrobnog dejstva i stepena obojenja obrađenih pletenina.



Slika 1. Plan istraživanja

Figure 1. Research model

2.1. Postupci predtretmana pletenina

Predtretman pletenina vodonik-peroksidom (H_2O_2)

Bijeljenje pletenina 4 % - tnim H_2O_2 (Zorka Pharma-Hemija, Srbija, 30 %) uz dodatak 10 g/l Na_2SiO_3 (Lach:Ner, Czech Republic) i 0,3 g/l $MgSO_4$ (Lach:Ner, Czech Republic) je vršeno 30 minuta na temperaturi 100 °C, pri pH = 10 i uz omjer flote 1:30. Komponente kupatila se posebno ra-

stvore u manjoj količini vode i zatim pomiješaju uz dodatak tvrde vode (dH=12,5) do potrebne zapremine. Nakon toga se doda uzorak pletenine, podese pH-vrijednost kupatila, kupatilo se zagrije do odgovarajuće temperature i uzorak obrađuje 30 minuta. Nakon obrade uzorci se ispiraju vrućom vodom (80 °C) i hladnom vodom, neutrališu sa 1 % - tnom rastvorom HCl i ponovo ispiraju destilovanom vodom, do gubitka alkalne reakcije na lakmus papiru.

Uzorci se zatim cijede i suše na 105 °C do konstantne mase. Prije i poslije obrade mjerena je masa pletenina, kako bi se odredio gubitak mase.

Predtretman pletenina enzimima

U acetani pufer rastvor potrebne zapremine se dodaje pektinaza 8 g/l Rohapect (AB Enzymes, Germany) i 1 g/l neionogenog sredstva Leonil FW (Hoechst AG, Germany). Nakon toga se doda uzorak pletenine, kupatilo zagrije do odgovarajuće temperature (45°C) i uzorak obrađuje 45 minuta. Nakon obrade uzorci se ispiraju vrućom vodom (80°C) uz dodatak 1 g/l NaH₂PO₄ (Lach:Ner, Czech Republic), hladnom vodom i destilovanom vodom. Uzorci se zatim cijede i suše na 105 °C do konstantne mase. Prije i poslije obrade mjeri se masa pletenina, kako bi se odredio gubitak mase pletenina.

2.2. Antimikrobna obrada pletenina

U metanolski rastvor ekstrakta biljke *Achillea millefolium* konc. 25 mg/mL se dodaje 8 g/l Limunske kiseline (Lach:Ner, Czech Republic) i uzorak pletenine. Vodeno kupatilo se zagrije do odgovarajuće temperature (45°C) i uzorak obrađuje 60 minuta. Nakon završene obrade uzorci se u sušioniku suše 30 min na temperaturi 40°C.

Na osnovu polazne mase uzorka pletenine se odredi potrebna količina destilovane vode (omjer flote 1:40) za pripremu rastvora 5 g/l Na-alginata (Acros Organics, China), uz dodatak 8 g/l Limunske kiseline. U laboratorijsku čašu u kojoj je rastvoren Na-alginat se dodaje rastvorena limunska kiselina i uzorak pletenine, prethodno obrađen u metanolskom ekstraktu biljke *A. millefolium* L. Tako pripremljen uzorak se u vodenom kupatilu zagrijava na temperaturu 45 °C obrađuje 20 minuta. Nakon završene obrade uzorci se u sušioniku suše 30 minuta na temperaturi 40 °C.

2.3. Metode ispitivanja svojstava pletenina

Da bi se utvrdio uticaj vrste predtretmana na promjenu strukture materijala, stepen obojenja, sorpcijska i antimikrobna svojstva pamučnih pletenina obrađenih metanolskim ekstraktom biljke *A. millefolium* ispitivani su sljedeći parametri:

- gubitak mase (%),
- sposobnosti zadržavanja vode W_{rv} (%),
- razlika boje (ΔE^*) i
- zona inhibicije (mm).

Određivanje sposobnosti zadržavanja vode

Određivanje sposobnosti zadržavanja vode u pleteninama W_{rv} metodom centrifugiranja izvedeno je prema standardu DIN 53 814 [25]. Sposobnost zadržavanja vode u pleteninama W_{rv} (%) se izračunava prema izrazu (1):

$$W_{rv} = \frac{m_c - m_{kl}}{m_{kl}} \cdot 100 \quad (1)$$

gdje je:

m_c – masa centrifugiranog uzorka [g],

m_{kl} – masa klimatizovanog uzorka [g].

Spektrofotometrijska analiza uzoraka

Razlika boje (ΔE^*) pletenina poslije predtretmana H₂O₂ i enzimima u odnosu na sirove, kao i stepen obojenja uzoraka pletenina poslije bojenja metanolskim ekstraktom biljke *Achillea millefolium* L. uz naknadnu obradu alginatom analiziran je pomoću spektrofotometra Konica Minolta CM-2600d (J). Parametri mjerenja su: geometrija d/8, mjerni otvor 8 mm, područje talasnih dužina 400-700 nm, a parametri računanja su D65/10. Određivanje razlike boje temelji se na određivanju razlika u koordinatama u prostoru boja (ΔL^* , Δa^* , Δb^*) [26, 27]. Na osnovu izmjerenih koordinata CIE L* a* b* sistema određivana je vrijednost razlike boje (ΔE^*), različito predtretiranih uzoraka pletenina u odnosu na sirove pletenine, kao i bojenih pletenina u odnosu na predtretirane, prema jednačini (2):

$$\Delta E^* = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}} \quad (2)$$

gdje je L* svjetlina boje, a a* i b* koordinate.

Ispitivanje antimikrobnih svojstava pletenina

Ispitivanje antimikrobnog dejstva uzoraka pletenina obrađenih metanolskim ekstraktom biljke *Achillea millefolium* L. konc. 25 mg/mL, s obzirom na bakterije *Staphylococcus aureus* i *Escherichia coli*, vršeno je metodom paralelnih linija (AATCC TM 147) [28].

Radna koncentracija bakterijskih vrsta bila je 0,5McFarland standarda. Nasijavanje kultura za testiranje odvijalo se sljedećim redoslijedom:

- Koristeći kalibrisanu ezu (10 µL) uronjenu u kulturu, nanešene su četiri paralelne linije sa kraja na kraj petrijevke sa izlivenim Mueller Hinton Agarom - MHA (Liofilchem, Italy).
- Antimikrobno obrađena pletenina je stavljena na površinu agarne ploče.
- Petrijevke su stavljene na inkubaciju 18-24 sata na 37°C.

Nakon inkubacije mjerena je zona inhibicije po formuli (3):

$$Z_i = (T-D) / 2 \text{ (mm)} \quad (3)$$

gdje je:

Z_i – širina zone inhibicije (mm),

T – totalna širina uzorka + zona inhibicije (mm),

D – širina uzorka (mm).

Ukoliko nema zone inhibicije, a nema rasta ispod uzoraka, onda se to definiše kao kontaktna inhibicija.

3. REZULTATI I DISKUSIJA

Istraživanje uticaja vrste predtretmana (H_2O_2 i pektinaza) na promjenu strukture pletenina je određivan mjerenjem mase uzoraka pletenina, prije i nakon obrade, te izračunavanjem parametra gubitak mase (%), Tabela 2.

Predtretmani H_2O_2 i pektinazom su uticali na smanjenje prekidne jačine i izduženja pletenina [8], što je vidljivo i na osnovu mjerenog gubitka mase (%).

Rezultati ispitivanja sposobnosti zadržavanja vode (W_v), kao parametra sorpcijskih svojstava

sirovih i predtretiranih pletenina, kao i pletenina obrađenih metanolskim ekstraktom biljke *Achillea millefolium* L. konc. 25 mg/mL uz naknadnu obradu alginatom, dati su u tabelema 3 i 4.

Tabela 2. Uticaj vrste predtretmana na gubitak mase

Table 2. Influence of pretreatment on loss of mass

Vrsta predtretmana pletenine	Gubitak mase (%)		
	Singl (S)	Interlok (I)	Fajnrip (F)
Tretiranje 30 min s 4 %-tnim H_2O_2	5,37	5,59	4,63
Tretiranje 45 min s pektinazom (8 g/l)	4,25	4,03	3,15

Tabela 3. Rezultati ispitivanja sposobnosti zadržavanja vode predtretiranih pletenina

Table 3. Results of testing water retention value of pretreated knitted fabrics

Ispitivano svojstvo	Vrste predtretmana pletenina								
	Sirova pletenina			Tretirana H_2O_2			Tretirana pektinazom		
	S	I	F	SP	IP	FP	SE	IE	FE
W_v (%)	35,57	34,55	31,59	34,95	32,55	33,62	35,24	32,08	30,01

Tabela 4. Rezultati ispitivanja sposobnosti zadržavanja vode bojenih pletenina

Table 4. Results of testing water retention value of colored knitted fabrics

Ispitivano svojstvo	Vrsta pletenine					
	Tretirana H_2O_2 + bojena ekstraktom <i>Achillea millefolium</i>			Tretirana pektinazom + bojena ekstraktom <i>Achillea millefolium</i>		
	SP-BE	IP-BE	FP-BE	SE-BE	IE-BE	FE-BE
W_v (%)	67,73	64,06	60,50	52,93	57,19	44,21

Iz rezultata ispitivanja sposobnosti zadržavanja vode (W_v) sirovih i predtretiranih pletenina, Tab. 3., se vidi da nema velikih odstupanja u vrijednostima ispitivanog parametra. Značajno povećanje sposobnosti zadržavanja vode se uočava kod uzoraka pletenina nakon obrade metanolskim ekstraktom biljke *Achillea millefolium* L. uz naknadnu obradu alginatom, tabela 4. Ovako visoke vrijednosti parametra W_v su rezultat naknadne obrade alginatom, koji ima izraženu sposobnost absorbovanja vode. Alginat u prisustvu vode bubri i pretvara se u želatin, te na taj način povećava postojanost antimikrobne obrade na pranje.

Na osnovu dobijenih vrijednosti za razliku boje (ΔE^*), tabela 5, utvrđivana je razlika u stepenu izbjeljivanja različito predtretiranih uzoraka pletenina (H_2O_2 i pektinaza) u odnosu na sirovu pleteninu. Uočeno je da razlika boje (ΔE^*), tabela 6., između pletenina bojenih metanolskim ekstraktom biljke *Achillea millefolium* L. konc. 25 mg/mL uz naknadnu obradu alginatom u odnosu na predtretirane uzorke pletenina pektinazom nije velika i da stepen

bjeline predtretiranih uzoraka nema uticaja na antimikrobna svojstva bojenih pletenina.

Upoređujući vrijednosti za razliku boje između sirovih i predtretiranih pletenina, tabela 5., može se vidjeti da se ΔE^* između sirovih i pletenina tretiranih pektinazom kreće od 1,476 do 2,72, dok su razlike u boji između sirovih i pletenina bijeljanih H_2O_2 dosta velike. Vrijednosti za ΔE^* se kreću od 11,46 do 12,55.

Na osnovu rezultata za razliku boje između predtretiranih i pletenina obrađenih metanolskim ekstraktom biljke *Achillea millefolium* L. konc. 25 mg/mL uz naknadnu obradu alginatom, tabela 6., vidi se da je postignuta značajna razlika u boji između predtretiranih i obojenih pletenina.

Na slikama 2, 3 i 4 su prikazana ispitivanja antimikrobnog dejstva pamučnih pletenina obrađenih metanolskim ekstraktom biljke *Achillea millefolium* L. konc. 25 mg/mL uz naknadnu obradu alginatom, koje su prethodno tretirane H_2O_2 i pektinazom, na bakterije *Staphylococcus aureus* i *Escherichia coli*.

Tabela 5. Razlika boje između sirovih i predtretiranih pletenina

Table 5. Color differences between raw and pretreated knitted fabrics

Vrsta bijeljene pletenine	L*	a*	b*	ΔE^*
SS	87,52	0,848	11,94	/
SP	94,13	-0,104	2,304	11,72
SE	89,33	0,774	9,912	2,72
IS	88,87	0,926	12,14	/
IP	94,82	-0,158	2,402	11,46
IE	89,18	0,990	10,70	1,476
FS	88,87	1,187	12,77	/
FP	95,56	-0,140	2,226	12,55
FE	89,74	0,914	10,31	2,618
SP	94,13	-0,104	2,304	/
SE	89,33	0,774	9,912	9,04
IP	94,82	-0,158	2,402	/
IE	89,18	0,990	10,70	10,10
FP	95,56	-0,140	2,226	/
FE	89,74	0,914	10,31	10,02

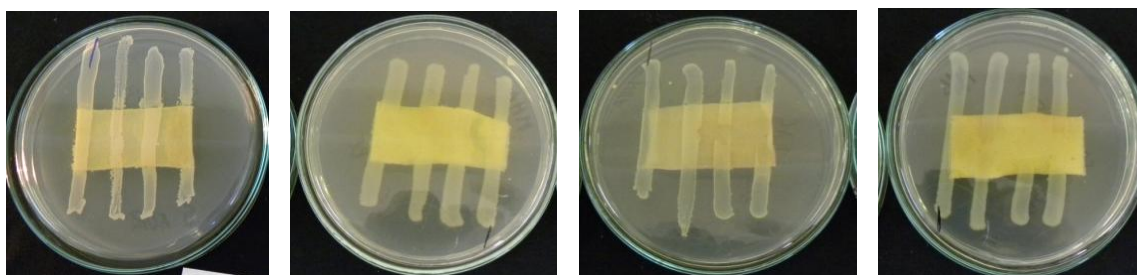
SS – Singl sirova pletenina; SP – Singl tretiran H₂O₂; SE – Singl tretiran enzimom;
 IS – Interlok sirova pletenina; IP – Interlok tretiran H₂O₂; IE – Interlok tretiran enzimom;
 FS – Fajnrip sirova pletenina; FP – Fajnrip tretiran H₂O₂; FE – Fajnrip tretiran enzimom.

Tabela 6. Razlika boje između predtretiranih i bojenih pletenina

Table 6. Color differences between pretreated and colored knitted fabrics

Vrsta obrađene pletenine	L*	a*	b*	ΔE^*
SP	94,13	-0,104	2,304	/
SP-BE	81,46	-3,120	20,02	21,99
IP	94,82	-0,158	2,402	/
IP-BE	83,90	0,166	21,27	21,80
FP	95,56	-0,140	2,226	/
FP-BE	82,12	0,666	25,90	27,24
SE	89,33	0,774	9,912	/
SE-BE	80,10	1,65	23,97	16,84
IE	89,18	0,990	10,70	/
IE-BE	78,01	1,564	23,67	17,13
FE	89,74	0,914	10,31	/
FE-BE	80,57	1,282	23,09	15,73
SP-BE	81,46	-3,120	20,02	/
SE-BE	80,10	1,65	23,97	6,340
IP-BE	83,90	0,166	21,27	/
IE-BE	78,01	1,564	23,67	6,513
FP-BE	82,12	0,666	25,90	/
FE-BE	80,57	1,282	23,09	3,273

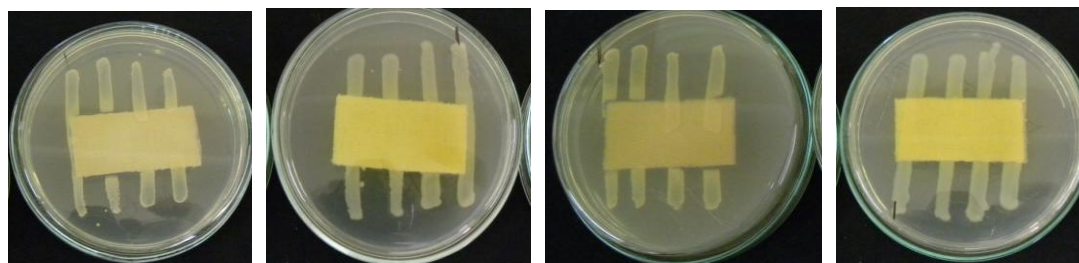
SP – Singl tretiran H₂O₂; IP – Interlok tretiran H₂O₂; FP – Fajnrip tretiran H₂O₂
 SP-BE – Singl tretiran H₂O₂ + bojen ekstraktom; IP-BE – Interlok tretiran H₂O₂ + bojen ekstraktom; FP-BE – Fajnrip tretiran H₂O₂ + bojen ekstraktom; SE – Singl tretiran enzimom; IE – Interlok tretiran enzimom; FE – Fajnrip tretiran enzimom; SE-BE – Singl tretiran enzimom + bojen ekstraktom; IE-BE – Interlok tretiran enzimom + bojen ekstraktom; FE-BE – Fajnrip tretiran enzimom + bojen ekstraktom



a) SP-BE *S. aureus* (KI) b) SP-BE *E. coli* (NA) c) SE-BE *S. aureus* (NA) d) SE-BE *E. coli* (NA)

Slika 2. Antimikrobno dejstvo pletenine Singl obrađene metanolskim ekstraktom biljke *Achillea millefolium* L. na bakterije *S. aureus* i *E. coli*

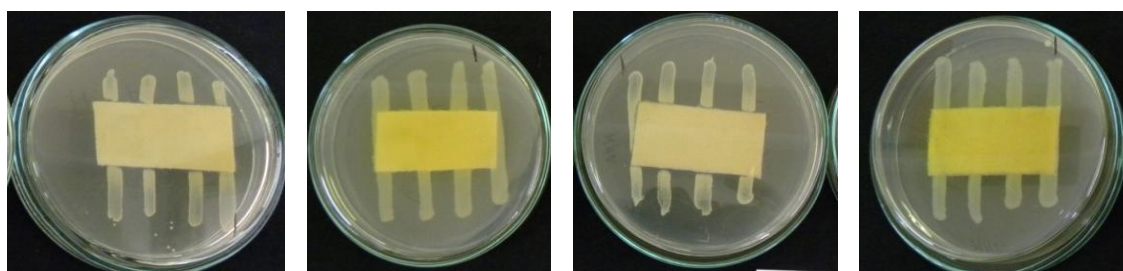
Figure 2. Antimicrobial activity of Single knitted fabrics treated with methanol herbal extract of *Achillea millefolium* L. on bacteria *S. aureus* and *E. coli*



a) IP-BE *S. aureus* (KI) b) IP-BE *E. coli* (NA) c) IE-BE *S. aureus* (KI) d) IE-BE *E. coli* (KI)

Slika 3. Antimikrobno dejstvo pletenine Inerlok obrađene metanolskim ekstraktom biljke *Achillea millefolium* L. na bakterije *S. aureus* i *E. coli*

Figure 3. Antimicrobial activity of Inerlok knitted fabrics treated with methanol herbal extract of *Achillea millefolium* L. on bacteria *S. aureus* and *E. coli*



a) FP-BE *S. aureus* (KI) b) FP-BE *E. coli* (NA) c) FE-BE *S. aureus* (KI) d) FE-BE *E. coli* (NA)

Slika 4. Antimikrobno dejstvo pletenine Fajnrip obrađene metanolskim ekstraktom biljke *Achillea millefolium* L. na bakterije *S. aureus* i *E. coli*

Figure 4. Antimicrobial activity of Fajnrip knitted fabrics treated with methanol herbal extract of *Achillea millefolium* L. on bacteria *S. aureus* and *E. coli*

Rezultati ispitivanja antimikrobnog dejstva pletenina obrađenih metanolskim ekstraktom biljke *A. millefolium* konc. 25 mg/mL uz naknadnu obradu alginatom, s obzirom na bakterije *Staphylococcus aureus* i *Escherichia coli* dati su u tabeli 7.

Tabela 7. Rezultati ispitivanja antimikrobnog dejstva pletenina

Table 7. Results of testing the antimicrobial activity of knitted fabrics

Mikroorganizam	Singl		Interlok		Fajnrip	
	SP-BE	SE-BE	IP-BE	IE-BE	FP-BE	FE-BE
<i>Staphylococcus aureus</i>	KI	NA	KI	KI	KI	KI
<i>Escherichia coli</i>	NA	NA	NA	KI	NA	NA

KI – kontaktna inhibicija; NA – nema aktivnosti

Iz rezultata ispitivanja antimikrobnog dejstva pletenina obrađenih metanolskim ekstraktom biljke *Achillea millefolium* L., tabela 7, se vidi da pokazuju određenu antimikrobnu aktivnost u vidu kontaktne inhibicije s obzirom na bakteriju *Staphylococcus aureus*, osim kod pletenine SE-BE prethodno obrađene pektinazom.

Koncentracija antimikrobnih materija u metanolskom ekstraktu, kao i količina ekstrakta koju je absorbirao tekstil u ovom eksperimentu, nije dovoljna da bi se pojavila jasna zona inhibicije. Različita istraživanja potvrđuju osjetljivost *S. aureus* i drugih gram pozitivnih bakterija na alkoholni ekstrakt *Achillea millefolium* [29, 30, 31].

Međutim, ispitivanja antimikrobnih svojstava pletenina obrađenih metanolskim ekstraktom biljke *A. millefolium* L. s obzirom na bakteriju *E. coli*, su pokazala da ovako obrađene pletenine ne pokazuju nikakvu antimikrobnu aktivnost, osim kod pletenine IE-BE gdje je uočena kontaktna inhibicija. Ovaj dobijeni rezultat je od velikog značaja s obzirom da su pletenine obrađivane sa niskom koncentracijom ekstrakta (25 mg/mL) i da je bakterija *E. coli* izrazito rezistentna na dejstvo ekstrakata ljekovitih biljaka.

4. ZAKLJUČAK

Na osnovu rezultata ispitivanja gubitka mase, sorpcijskih svojstava pletenina, stepena obojenja i antimikrobnog dejstva pletenina obrađenih metanolskim ekstraktom biljke *Achillea millefolium* L. konc. 25 mg/mL, koje su prethodno tretirane H₂O₂ i pektinazom, ustanovljeno je da:

- Predtretmani H₂O₂ i pektinazom su uticali na promjenu strukture pletenina, što je vidljivo na osnovu mjenog gubitka mase (%). S obzirom na postignuti stepen bjeline, posebno kod pletenina tretiranih H₂O₂, gubitak mase nije veliki i ne narušava konačni kvalitet pletenine.
- Značajno povećanje sposobnosti zadržavanja vode se uočava kod uzoraka pletenina nakon obrade metanolskim ekstraktom biljke *Achillea millefolium* L. uz naknadnu obradu alginatom. Ovako visoke vrijednosti parametra W_{IV} su rezultat naknadne obrade alginatom, koji ima izraženu sposobnost apsorbovanja vode. Alginat

u prisustvu vode bubri i pretvara se u želatin, te na taj način povećava postojanost antimikrobne obrade na pranje.

- Na osnovu izmjerenih parametara L*, a* i b* i izračunatih vrijednosti razlike boje (ΔE^*) ustanovljene su velike razlike u boji između sirovih i pletenina tretiranih H₂O₂, dok se vrijednosti za ΔE između sirovih i pletenina tretiranih pektinazom manje, te se kreću od 1,476 do 2,72. Na osnovu rezultata za razliku boje između predtretiranih i pletenina obrađenih metanolskim ekstraktom biljke *Achillea millefolium* L. konc. 25 mg/mL uz naknadnu obradu alginatom, vidi se da je postignuta značajna razlika u boji.
- Na osnovu rezultata ispitivanja antimikrobnog dejstva pletenina obrađenih metanolskim ekstraktom biljke *Achillea millefolium* L. uz naknadnu obradu alginatom, s obzirom na bakterije *Staphylococcus aureus* i *Escherichia coli*, može se reći da je kod većine ovako obrađenih pletenina (konc. ekstrakta 25 mg/mL) uočeno određeno antimikrobno dejstvo u vidu kontaktne inhibicije. Takođe je uočena antimikrobna aktivnost pletenine IE-BE, tj. pletenine koja je prethodno tretirana pektinazom, s obzirom na veoma rezistentnu bakteriju *Escherichia coli*.

Zahvalnost

Istraživanja su podržana od strane Ministarstva nauke i tehnologije Republike Srpske kroz projekte: "Research of effects of high performance textiles on comfort of sportswear" (19/06-020/961-12/13) i "Modifikacija površine tekstila plazmom i ozonom u cilju boljeg vezivanja antimikrobnih sredstava postupkom štampanja" (19/06-020/961-35/15).

5. LITERATURA

- [1] H.L.Young, E.K.Hwang, H.D.Kim (2009) Colorimetric assay and antimicrobial activity of cotton, silk and fabrics dyed with Peony, Pomegrante, Clove, Coptis chinensis and Gallnut Extracts, *Materials*, 2, 10-21.
- [2] D.Grujić, A.Savić, Lj.Topalić-Trivunović, S.Janjić, S. Jevšnik, D. Jokanović (2014) Istraživanje uticaja sirovinskog sastava i načina obrade tkanina na njihova antibakterijska svojstva, *Glasnik hemičara, tehnologa i ekologa Republike Srpske*, 10, 57-64.

- [3] D.Grujić, A.Savić, Lj.Topalić-Trivunović, S.Jevšnik, T.Rijavec, M.Gorjanc (2015) The influence of plasma pretreatment on the structure and antimicrobial properties of knitted fabrics treated with herbal extracts, *ACC Journal*, 21 (1), 30-42.
- [4] M.Gorjanc, A.Savić, Lj.Topalić-Trivunović, M.Mozetič, R.Zaplotnik, A.Vesel, D.Grujić (2016) Dyeing of plasma treated cotton and bamboo rayon with *Fallopia japonica* extract, *Cellulose*, 23(3), 2221-2228,
- [5] S.Karmakar (1999) Textile Science and Technology, Chemical Technology in the Pre-Treatment Processes of Textiles, New York, Elsevier.
- [6] M.N.Miljković, M.M.Purenović, M.K. Novaković, S.S. Ranđelović (2011) Influence of the fluorescent brightener Periblanc BA on the degree of whiteness of the knitted cotton fabric, *Hemijska industrija*, 65(1), 61-66.
- [7] F.S.M. Kabir, I.M. Iqbal, P.P. Sikdar, M.M. Rahman, S. Akhter (2014) Optimization of parameters of cotton fabric whiteness, *European Scientific Journal*, 10 (36), 200-210.
- [8] D. Grujić, A. Savić, Lj. Topalić-Trivunović, M. Čiča, Lj. Vasiljević, M. Kolar (2016) *The Influence of different Types of Pretreatment on Mechanical and Antimicrobial Properties of Knitted Fabrics*, XI Conference of Chemists, Technologists and Environmentalists of Republic of Srpska, 18 – 19.11.2016, Proceedings, p.498-507.
- [9] C.O'Neill, F.R.Hawkes, D.L.Hawkes, N.D. Lourenco, H.M. Pinheiro, W. Delee (1999) Colour in textile effluents-sources, measurement, discharge consents and simulation: a review, *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 74(11), 1009-1018.
- [10] R.Araujo, M.Casal, A.Cavako-Paulo (2008) Application of enzymes for textile fibres processing, *Biocatalysis and Biotransformation*, 26(5), 332-349.
- [11] K.Mojsov (2014) Industrial enzymes in textile processing and the healthy environment: A REVIEW, *Tekstilna industrija*, 61(1), 12-16.
- [12] H.B.M.Lenting (2007) Enzymes in textile production. In: Aehle W, editor. Enzymes in industry, production and applications. 3rdedn. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co., p. 218-230.
- [13] K.Mojsov (2012) Microbial cellulases and their applications in the textile processing, *International Journal of Marketing and Technology*, 2 (11), 12-29.
- [14] S.Pannu (2013) Investigation of Natural Variants for Antimicrobial Finishes in Innerwear - A Review Paper for Promotion of Natural Hygiene in Innerwear, *International Journal of Engineering Trends and Technology*, 4(5), 2168-2171.
- [15] M.Joshi, S.Wazed Ali, R.Purwar, S.Rajendran (2009) Ecofriendly antimicrobial finishing of textiles using bioactive agents on natural products, *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, 34, 295-304.
- [16] C.I.Gouveia (2010) *Nanobiotechnology: A new strategy to develop non-toxic antimicrobial textiles*, Current Research, Technology and education Topics in Applied Microbiology and Microbial Biotechnology, A. Mendez-Vilas (Ed), Formatex, p.407-414.
- [17] M.P. Sathianarayanan, N.V. Bhat, S.S. Kokate, V.E. Valunj (2010) Antibacterial finish for cotton fabric from herbal products, *Indian Journal of Fibre&Textile Research*, 35, 50-58.
- [18] M.Mingbo, L. Rongxia, D.Yangyang, T.Zhirong, Z. Wenlong (2013) Analysis of antibacterial properties of naturally colored cottons, *Textile Research Journal*, 83 (5), 462-470.
- [19] S.A.Kumaramanta, A.Priti (2009) Application of natural dyes on textiles, *Indian Journal of Fibre&Textile Research*, 34, 384-399.
- [20] K.M.Yousufi (2012) To study antibacterial activity of *Allium sativum*, *Zingiber officinale* and *Allium cepa* by Kirby-Bauer method, *IOSR Journal of Pharmacy and Biological Science*, 4(5), 6-8.
- [21] D.Grujić, A.Savić, Lj.Topalić-Trivunović, S. Janjić, S. Jevšnik (2014) Obrada tekstila ekstraktom biljke kunica (*Achillea millefolium* L.) u cilju ublažavanja alergija na znoj, Međunarodni naučni skup "Savremeni materijali", Zbornik radova, p.305-317.
- [22] H.K.Prabhu, A.S.Bhute (2012) Plant based natural dyes and mordants: A Review, *J. Nat. Prod. Plant Resour.*, 2 (6), 649-664.
- [23] D.Grujić, A.Savić, Lj.Topalić-Trivunović, S.Matoš, D. Jokanović, M.Gorjanc (2014) The influence of plasma pretreatment and procesing with herbal extracts of *Achillea millefolium* L. on antimicrobial properties of knitted fabrics, Scientific conference "Contemporary materials", Banja Luka, Book 24, 543-561.
- [24] D.Grujić, A.Savić, Lj.Topalić-Trivunović, S.Janjić, M. Čiča, M. Stančić, M. Gorjanc (2015) The influence of mordant usage in dyeing of knitted fabrics with plant extracts on its degree of coloration, *Zaštita materijala*, 56 (3), 304-314.
- [25] DIN 53814 (1997) Bestimmung des Wasserrückhaltevermögens von Fasern und Fadenabschnitten.
- [26] N.T.Kočevlar (2006) Kolorimetrijska analiza i vizuelna ocjena boja na dvobojnoj tkanini, *Tekstil*, 55 (3), 127-134.
- [27] I.Majnarić, S.Bolanča, K.Golubović (2010) Neke karakteristike transfernih folija načinjenih tehnikom mlaza tinte te njihov utjecaj na kvalitetu otisaka na pamučnoj tkanini, *Tekstil*, 59 (10), 456-462.
- [28] AATCC 147 (2004) Antimicrobial Activity Assessment of Textile Materials: Parallel Streak Method from American Association of Textile Chemists and Colorists.

- [29] N.R.Hasson (2011) Antibacterial activity of water and alcoholic crude extract of flower *Achillea millefolium*, *Rafidain Journal of Science*, 22 (3), 11-20.
- [30] H.Tajik, F.S.Sabet Jalali, A.Sobhani, Y.Shahbazi, M.S.Zadeh (2008) In vitro assessment of antimicrobial efficacy of alcoholic extract of *Achillea millefolium* in comparison with penicillin derivatives, *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 7 (4), 508-511.
- [31] L.Marghitas, D.Dezmirean, F.Chirila, N.Fit, O. Bobis (2011) Antibacterial activity of different plant extracts and phenolic phytochemicals tested on *Paenibacillus larvae* bacteria, *Animal Science and Biotechnologies*, 44 (2), 94-99.

ABSTRACT

THE INFLUENCE OF ENZYMATIC TREATMENT ON ANTIMICROBIAL PROPERTIES OF KNITTED FABRICS DYED WITH PLANT EXTRACTS

*In this paper the influence of different types of pretreatment (hydrogen peroxide and enzymes) on antimicrobial properties of knitted fabrics dyed with plant extracts of *Achillea millefolium* L. was examined. Three different cotton fabrics with different constructional characteristics and surface masses were used.*

*Knitted fabrics were treated with methanolic plant extract (concentration 25 mg/mL) by using bath exhaustion method and subsequently treated with alginate. Antimicrobial properties of knitted fabrics treated with plant extract of *Achillea millefolium* L. on *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* by using parallel streaking method (AATCC TM 147) were tested.*

In addition to antimicrobial properties testing, the mass loss of pretreated knitted fabrics, water retention value and color difference of pretreated and dyed knitted fabrics were also tested, depending on the type of applied pretreatment of knitted fabrics.

*It was found that the enzymatically treated knitted fabrics dyed with methanolic extract of the plant *Achillea millefolium* L. (concentration 25 mg/mL) and subsequently treated with alginate had better antimicrobial activity against *Escherichia coli*, compared to knitted fabrics treated with H₂O₂.*

Keywords: dyeing, enzymes, plant extracts, antimicrobial properties.

Scientific paper

Paper received: 22. 05. 2017.

Paper accepted: 19. 06. 2017.

Paper is available on the website: www.idk.org.rs/journal