

Utjecaj enzimske obrade i omekšavanja na estetska i uporabna svojstva pletiva od pamuka i mješavine pamuk/polipropilen

Izv. prof. dr. sc. **Anita Tarbuk**, dipl. ing.¹

Iva Ćurić, mag. ing. cheming.^{2,3}

Izv. prof. dr. sc. **Ana Sutlović**, dipl. ing.¹

Ivana Ćorak, mag. ing. technol. text.¹

¹Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet

Zagreb, Hrvatska

²Galeb dalmatinska trikotaža d.d.

Omiš, Hrvatska

³Sveučilište u Zagrebu Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije

Zagreb, Hrvatska

e-mail: anita.tarbuk@ ttf.unizg.hr

Prispjelo 10. 9. 2020.

UDK 677.016.075

Stručni rad

U radu je istražen utjecaj enzimske obrade protiv pilinga i za omekšavanje pletiva od pamuka i mješavine pamuk/polipropilen na estetska i uporabna svojstva, posebice na sposobnost upravljanja kapljevitom vlagom. U tu svrhu su pletiva od 100% pamuka i mješavine pamuk/polipropilen 50/50 % alkalno iskuhana, kemijski bijeljena i bojadisana konvencionalnim industrijskim postupcima. Jedan dio pletiva potom je omekšan, a drugi je enzimski obrađen protiv pilinga te dodatno omekšan. Nakon oplemenjivanja istražen je utjecaj postupaka na promjenu tona, sklonost pilingu i sposobnost upravljanja kapljevitom vlagom, budući da ta svojstva znatno utječu na kvalitetu odjeće izrađene od ovih pletiva. Pokazalo se da primjena celulaza dovodi do razlike u boji, ali znatno doprinosi smanjenju sklonosti stvaranja pilinga. Primjenom kombinacije, obradom celulozom i omekšivačem Tubingal RSK postižu izvrsna uporabna svojstva, a osim samim utjecajem polipropilenske komponente obradom se dodatno doprinosi sposobnosti upravljanja kapljevitom vlagom.

Ključne riječi: pamučno pletivo, pletivo od mješavine pamuk/polipropilen, omekšavanje, obrada protiv pilinga, sposobnost upravljanja kapljevitom vlagom, promjena tona obojenja

1. Uvod

Pletiva zauzimaju velik dio tržišta tekstilnih materijala zbog ekonomičnosti proizvodnje, te zbog svojih iznimnih svojstava, u prvom redu izražene savitljivosti, lakoće (manjih površinskih masa) i izvrsne elastičnosti. Njihova primjena pletiva je vrlo široka, od

primjene za klasične odjevne predmete do npr. primjene za medicinske, zaštitne, sportske i slične proizvode.

Pletena odjeća pruža izvrsnu udobnost no pojava stvaranja pilinga je jedan je od glavnih problema proizvođača i potrošača jer utječe na estetiku. Stvaranjem pilinga značajno se umanjuje upo-

rabna vrijednost, u prvom redu zbog narušenog estetskog izgleda, ali i zbog smanjenja trajnosti proizvoda. Zbog toga je važno umanjiti ili spriječiti nastajanje pilinga. Često se otpornost na stvaranje pilinga navodi kao važan parametar kvalitete pletiva, a koji se koristi i za ocjenu kvalitete pletene odjeće [1-11].

Piling je pojava mjestimičnih nakupina zamršenih vlakana u obliku kuglica na površini tkanine ili pletiva [3]. Do stvaranja pilinga dolazi zbog zamršivanja izvučenih stršećih vlakana na površini pletiva tijekom uporabe i njege proizvoda od različitih vrsta vlakana. Zbog sile trenja dolazi do izvlačenja vlakana iz pređe na površinu, njihova zamršivanja i stvaranja sfernih nakupina (kuglastih nakupina), koje se čvrsto drže podloge te se nazivaju “sidrenim vlaknima” (engl. Anchor fibres) [1-6].

Piling je složena pojava koja se sastoji od nekoliko faza i pod utjecajem raznih čimbenika. Ranija istraživanja su pokazala da se proces pilinga odvija u tri faze: 1. stvaranje dlačica (stršećih vlakana), 2. stvaranje (kuglastih nakupina) kuglice pilinga i 3. otpadanje stvorenih kuglastih nakupina (trošenje pilinga) [4]. Konstrukcija plošnog tekstila i pređe ima značajnu ulogu pri nastanku pilinga, jer kod tekstila čvršće konstrukcije i kompaktnijeg pređa manje dolazi do pojave pilinga nego kod labavijih konstrukcija (tkanine u odnosu na pletiva, pređa veće uvojitosti, manje dlakavosti i sl.) [5-8]. Pod stalnim mehaničkim djelovanjem, kao što su trljanje, procesi mokre dorade, pranje, sušenje, odnosno tijekom nošenja i održavanja, vlakna izlaze na površinu tekstila i tvore dlačice. Na pojavu pilinga utječu ne samo konstrukcija tekstila već i svojstva vlakana, primjerice vlačna čvrstoća, istezanje, savitljivost, (hrapavost površine, trenje, krutost savijanja, gustoća i finoća vlakana, oblik presjeka i te atmosferski uvjeti. Sintetska vlakna okruglog presjeka najviše se stvaraju piling, međutim bubrenjem u polarnom otapalu kao što je voda i celulozna vlakna, pređe i tekstilije se mijenjaju i mogu dovesti do pilinga. Na vunanim materijalima piling je najmanje uočljiv jer vunena vlakna odnosno pređe i proizvodi iako

skloni pilingu, zbog manje čvrstoće vlakana imaju jače izraženo otpadanje stvorenih sfernih (kuglastih) nakupina vlakana. Piling je izraženiji kod čvršćih vlakana kod kojih nakon trenja i zapetljavanja vlakana one ostaju čvrsto vezane za površinu tekstilnog plošnog proizvoda [2, 5-10].

Na smanjenje stvaranja pilinga na površini plošne tekstilije, pletiva ili tkanine utječe se procesima kemijskog i/ili mehaničkog oplemenjivanja. Smuđenje i šišanje, kalandriranje, toplinska stabilizacija, impregnacija i naslojavanje, antistatička obrada ili enzimska obrada samo su neki od procesa kojima se uklanjaju stršeća vlakna i zaglađuje površina [1, 12-18].

Korištenje enzima je već općepoznato zbog njihovih netoksičnih i ekološki prihvatljivih svojstava za proizvođače tekstila, koji su u skladu s visokim zahtjevima sa svrhom smanjenja zagađenja okoliša [12-21]. Obrada enzimima, još se naziva i biopoliranjem, a rezultira mekšim i sjajnijim pletivima/tkaninama. Za uklanjanje zamršenih (engl. Fuzz) celuloznih vrsta vlakana na površini ili anti-piling obrade koriste se celulaze [14-16]. Na istom načelu djeluju i neki enzimi u deterdžentima za pranje rublja, primjerice kutinaze i esterase za poliestar, amidaze za poliamid, proteaze za proteinske mrlje i proteinska vlakna, i dr. [12, 20].

Obrade kojima se zaglađuje površina vlakana, kao što su primjena omekšivača i enzima [14-16, 21, 22] za smanjenje pilinga, utječu na funkcionalnost i udobnost odjeće. Osnovna funkcija odjeće je zaštita od vanjskih uvjeta, povišene ili snižene temperature, vlažnosti ili mehaničkih ozljeda, a udobnost odjeće se često povezuje s prijenosom topline i vlage od tijela u vanjsko okruženje [23-25]. Međutim, udobnost odjeće može biti estetska, dodirna/mehanička i termo-fiziološka udobnost. Estetska udobnost je

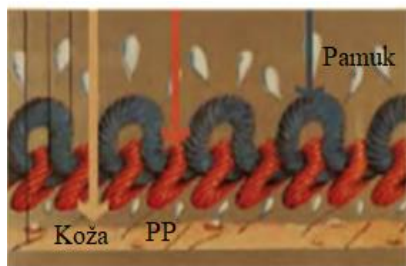
isključivo temeljena na subjektivnom osjećaju i modnim trendovima koji utječu na zahtjeve kupaca. Dodirna udobnost je povezana s mehaničkim interakcijama između odjevnih predmeta i ljudskog tijela, odnosno udobnost koja se očituje u slobodi kretanja tijela pri nošenju odjeće. Termo-fiziološka udobnost povezana s mogućnosti odjeće da održi toplinsku ravnotežu između ljudskog tijela i vanjskog okruženja i najčešće se očituje putem osjećaja “ugode” kada se odjeća nosi [23-27].

Ljudsko tijelo se ponaša kao savršeni klima uređaj održavajući temperaturu tijela konstantnom na 37 °C izlučivanjem vlage [28]. Propusnost vlage, topline i zraka kroz tekstil doprinose stanju termo-fiziološke udobnosti. Propusnost vlage kontrolira se pomoću dva procesa, vlaženje (engl. Wetting, kvašenje) i prodor kapljevine (engl. Wicking). Vlaženje je zamjena međupovršine vlakno-zrak (kruto-plinovito) s međupovršinom vlakno-kapljevine (kruto-kapljevito). Prodor kapljevine je spontani prijenos kapljevine u porozni supstrat, pokrenut kapilarnim silama [28-31].

Odjeća s velikom sposobnošću vlaženja (engl. High Wicking Properties) omogućava da se vlaga koja dolazi od kože rasprši po tekstilu (adsorbira na tekstil sprječavajući njeno kondenziranje i vlaženje tijela) dajući osjećaj suhoće, te omogućava prodor adsorbirane vlage i njen prijenos kroz tekstil od tijela prema vanjskoj strani odjeće a širenje kapljevine omogućuje da vlaga brzo i jednostavno ispari [28]. Proces upravljanja vlagom (engl. Moisture management) je kontrolirano kretanje kapljevine s površine kože u okoliš kroz tekstil. Uloga tekstila u upravljanju vlagom je dvojaka, očituje se kroz regulaciju topline tijela (održavanje temperature optimalnom) i

na taj način upravljanje vlagom, odnosno stvaranjem znoja te njegovog prijenosa od tijela prema van. Za pletenu odjeću funkcionalnost se može postići nanošenjem pomoćnih sredstava ili razvojem funkcionalnih pletiva. Pomoćna sredstva mogu promijeniti površinsku energiju lica i naličja pletiva i tako postići brži prijenos vlage. Vezano uz preplet, funkcionalna pletiva su najčešće dvostruka (dvostrana) pletiva poznata po pike (Pique) prepletu koje karakteriziraju različita svojstva na stranama pletiva. Postoji razlika u gustoća lica i naličja, pa uz svojstva dimenzijske stabilnosti pokazuje različita svojstva upravljanja vlagom, omogućava dobar protok zraka i upijanje znoja [26, 28, 31-42].

Kod razvoja funkcionalnih pletiva proizvode se dvije po strukturi različite strane, koje su često i od različitih vrsta vlakana, čime se dobivaju i različita svojstva hidrofiličnosti/hidrofobnosti na vanjskoj odnosno unutarnjoj strani pletiva (licu/naličju). Hidrofoban sloj se nalazi u kontaktu s kožom (naličje) dok je hidrofilan sloj s vanjske strane (lice) [38, 39]. Na sl.1 je funkcionalno pletivo (različitih svojstava lica i naličja) od polipropilena i pamuka [39].



Sl.1 Funkcionalno pletivo namijenjeno Austrijskom ženskom timu za zimske olimpijske igre u Lake Placidu [39]

Poznato je kako je pamučno vlakno je najraširenije vlakno na tržištu radi svojih svojstava a ponajprije udobnosti pri nošenju i lakoće održavanja.

Nakon postupaka iskuhavanja i kemijskog bijeljenja građeno je većinom iz celuloze i odlikuje se visokim upijanjem vlage dok repriza iznosi 8,5%. S druge strane, sintetska vlakna kao što su poliester, polipropilen i poliamid zbog hidrofobnosti imaju bolji prijenos kapljevine kapilarnim silama jer ne zadržavaju vodu niti stvaraju vezu s molekulama vode.

Polipropilenska vlakna (PP) imaju veliku primjenu kao tekstilna vlakna zbog jeftine proizvodnje. Polipropilen je oko 17 % bolji u održavanju topline od poliester i skoro 1,5 puta bolji od poliamida, a toplinska izolacija polipropilenskih vlakana je 30 % puta veća. Apsorpcija vlage polipropilena i njegovo bubrenje (repriza) u vodi blizu su nuli. Za usporedbu poliester obično apsorbira 0,3-0,5 % i nabubri za 5-6 %, poliamid apsorbira 4,5 % i nabubri 9-12 %, a vuna može apsorbirati do 1/3 svoje težine. Dodatno, za razliku od polipropilena, apsorpcija većine ovih vlakana značajno se povećava s porastom temperature (gotovo 2 puta s porastom od 20 °C do 33 °C). Zato polipropilenska vlakna ne apsorbiraju vlagu (znoj) koju izlučuje tijelo i usmjerava je u gornje slojeve odjeće. Istovremeno se održava optimalna ravnoteža između topline i relativne vlage, a koža ostaje suha i nema specifičan miris. Što se tiče brzine sušenja, polipropilenska vlakna također nadmašuju sva poznata prirodna i sintetska vlakna [12, 42-44].

U ovom radu se ispituje utjecaj funkcionalizacije pletiva promjenom sirovinskog sastava (pamuk i pamuk/PP) i obradama na estetska i uporabna svojstva. Budući da enzimska obrada protiv pilinga kao i omekšavanje pletiva utječu na sposobnost upravljanja kapljevom vlagom i mogu dovesti do promjene tona obojenja, ispitana su upravo ova svojstva primjenom normiranih metoda.

2. Eksperimentalni dio

U radu je ispitan utjecaj enzimske obrade protiv pilinga te omekšavanja na estetska i uporabna svojstva pletiva od pamuka i mješavine pamuk/polipropilen. U tu svrhu pletiva su alkalno iskuhana, kemijski bijeljena i bojadisa prema konvencionalnom industrijskom postupku. Jedan dio pletiva potom je omekšan s dva različita omekšivača, a drugi je enzimski obrađen protiv pilinga celulazom te potom omekšan.

2.1. Materijali

Ispitivanja su provedena na dvije vrste pletiva proizvedenih u tvrtki Galeb d.d. Omiš, karakteristika prikazanih u tab.1. Pletiva pike (Pique) prepleta su proizvedena na kružnopletaćem stroju finoće 28 E, promjera 1 m, tvrtke Mayer & Cie. Polipropilenska pređa za pletiva je teksturirana i antibakterijski obrađena kod dobavljača. Sredstva ALBAFLOW® JET, ekološko anionsko sredstvo za uklanjanje pjene s učinkom odzračivanja i pojačivača; INVATEX® AC, sredstvo za neutralizaciju alkalnih kupelji na bazi specijalnih organskih kiselina; INVAZYME® CAT, stabiliziran biorazgradiv enzim katalaza za uklanjanje vodikova peroksida; ALBATEX® DBS dispergator i sekvestrant stabilan u širokom području pH i temperatura tijekom procesa bojadisanja te NOVA-CRON® FN, reaktivna bojila za pamuk i mješavine, namijenjena za postizanje svijetlih nijansi s visokom postojanošću na svjetlo i znoj, nabavljena su od tvrtke Huntsman International LLC.

Sredstva Losin BOC-O, ekološko neionsko sredstvo za uklanjanje masnih mrlja, mješavina etoksilata masnih alkohola i biorazgradivih otapala za otapanje masti; Alvirol

Tab.1 Karakteristike ispitivanih pletiva pike (Pique) prepleta proizvedenih u tvrtki Galeb d.d. na kružnopletačem stroju finoće 28 E, promjera 1 m. tvrtke Mayer & Cie.

Oznaka pletiva	0	1
Preplet	Pique pletivo	podliježno Pique pletivo 1:1
Sirovinski sastav	100 % pamuk	osnovna pređa – pamuk podliježna pređa – polipropilen
Karakteristike pređa	Nm 50/1	osnovna pređa - Nm 70/1 podliježna pređa – 65/68 dtex x 1
Gustoća pletiva u smjeru nizova (Dh), Br. oč/cm	11,5	14
Gustoća pletiva u smjeru redova (Dv), Br. oč/cm	20	25
Površinska masa, g/m ²	180	161

AGK, anionski sekvestrant na bazi poliakrilata i derivata karboksilnih kiselina bez spojeva fosfora; TC-Stabilisator CRO, stabilizator kupelji za peroksidno bijeljenje niskog pjenjenja, mješavina anionskih i neionskih tenzida; Alvion FLD, specijalno sredstvo za dispergiranje i egaliziranje reaktivnih bojila, sprječava nastanak aglomerata bojila; Lavan DSR, anionsko sredstvo na bazi poliakrilata, za sapunanje nakon bojadisanja reaktivnim i redukcijskim bojilima; Biosoftal CEL, omekšivač po kemijskom sastavu mješavina posebnih površinski aktivnih modificiranih poliuretana i hidrofilnih polisiloksanskih spojeva, za trajno poboljšanje i održavanje hidrofilnosti na celuloznim vlaknima i njihovim mješavinama sa sintetskim vlaknima uz poboljšanje procesa upravljanja vlagom, nabavljena su od tvrtke Textilcolor AG, Švicarska.

Tubingal RSK, omekšivač po kemijskom sastavu silikonizirani kondenzacijski produkt viših masnih kiselina s dodatkom specijalnih aditiva, daje mekani, voluminozni opip, glatku površinu, poboljšava sjaj kod postupka kalandriranja i pomaže kod prošivljivosti; Beizym Spell, po kemijskom sastavu koncentrirana smjesa enzima celulaze koja smanjuje tendenciju stvaranja pilinga, zaglađuje površinu i daje

sjajan izgled; su nabavljena od tvrtke CHT Bezema, Švicarska. Natrijev hidroksid (NaOH), natrijev sulfat bezvodni (Galubero sol, Na₂SO₄), natrijev karbonat bezvodni (Kaustična soda, Na₂CO₃) nabavljeni su od tvrtke Velekem d.d. a vodikov peroksid 35 % i octena kiselina od tvrtke Inokem d.o.o.

2.2. Postupci obrade

Provedeno je jednokupeljno alkalno iskuhavanje i kemijsko bijeljenje metodom iscrpljenja u Jet uređaju uz omjer kupelji OK 1:15 u kupelji sastava: 2 g/L Losin BOC-O, 0,2 g/L Albaflow Jet, 1 g/L Alvirol AGK, 2 g/L TC-Stabilisator CRO, 2,5 g/L NaOH 49%, 5 g/L H₂O₂ 35 %. Proces je započeo na 40°C uz podizanje temperature 2 °C/min do 98 °C i obradu 60 minuta. Slijedi ispiranje 10 min na 98 °C, 10 min na 50 °C te neutralizacija 10 min na 50 °C uz dodatak 1,5 g/L INVATEX® AC. Potom se dodaje 0,2 g/L INVAZYME® CAT za uklanjanje ostatka vodikova peroksida i ispire 30 min. Nakon procesa alkalnog iskuhavanja i kemijskog bijeljenja, u novu kupelj su dodana pomoćna sredstva za dispergiranje i egaliziranje, 1,5 g/L Albatex DBS i 1 g/L Alvion FLD te elektrolit, 30 g/L Na₂SO₄ uz zagrijavanje do 98°C kroz 30 min.

Bojadisanje je provedeno preporučenom kombinacijom triju reaktivnih bojila NOVACRON® - Novacron Blue FN-R, Novacron Red FN-R-01, Novacron Yellow FN-2R, pri čemu je postotak bojila poslovna tajna tvrtke Galeb d.d. Nakon dodatka bojila, dodano je 4 g/L Na₂CO₃ i bojadisano 45 min. Potom se kupelj ispušta, slijedi hladno ispiranje 2 puta te sapunanje uz 0,7 g/L Lavan DSR na temperaturi od 98 °C 10 minuta. Nakon procesa bojadisanja je neutralizirana 10 min na 40 °C u kupelji s 1 ml/L octene kiseline. Jedna serija uzoraka pletiva omekšana je s 4 % na m.m. Tubingal RSK bez ispuštanja kupelji nakon neutralizacije. Pletivo je obrađeno 20 min na 40 °C uz isti OK 1:15. Druga serija omekšana je s 4 % Biosoftal CEL na isti način kao i s Tubingal RSK. Treća i četvrta serija pletiva najprije su obrađena sredstvom za smanjenje pilinga Beizym Spell, a potom omekšana na prethodno opisani način. 2% na m.m. Beizym SPELL je dodano u kupelj podešene vrijednosti pH 5,5-6 i obrađivano 30 min na 50 °C. Kako bi se zaustavila enzim-ska reakcija temperatura je povišena na 80 °C i obrađivano je još 10 min. Nakon jednog ispiranja na 25 °C pletiva su omekšana s Tubingal RSK ili Biosoftal CEL. Nakon oplemenjivanja u Jet uređaju, pletiva su cijedena i sušena kontinuirano. Pletiva koja imaju u svom sastavu polipropilen su sušena na temperaturi od 100 °C, brzina sušenja je 8-9 m/min. Pamučna pletiva su sušena na temperature od 150 °C pri istoj brzini. Nakon sušenja pletiva su ostavljeni 24 sata te je uslijedilo kalandriranje. Pletiva koja imaju u svom sastavu polipropilen su kalandrirana na 80 °C, a pamučna na 120 °C, oba pri brzini kalandriranja 15 m/min. Oznake i obrade uzoraka u ovom radu su prikazani u tab.2.

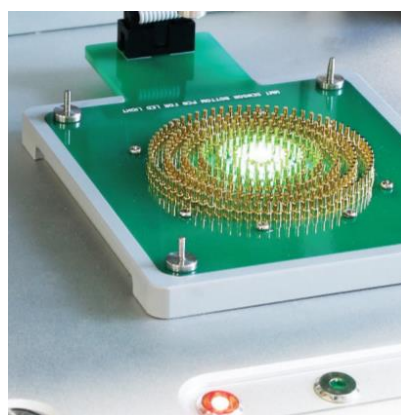
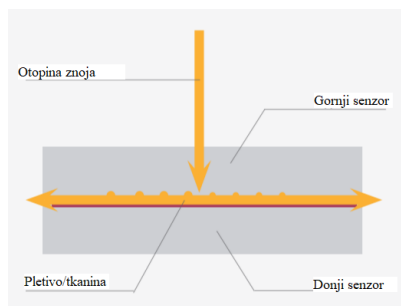
Tab.2 Oznake uzoraka za ispitivanje obrađenih različitim postupcima

Oznaka	Opis/obrada
0	Pamučno pletivo
1	Pletivo od mješavine pamuk/polipropilen
A1	Jednokupeljno alkalno iskuhavanje i peroksidno bijeljenje, te bojadisanje mješavinom reaktivnih bojila
A2	A1 + omekšavanje s Biosoftal CEL
A3	A1 + omekšavanje s Tubingal RSK
AB2	A1 + enzimska obrada protiv pilinga s Beizym SPELL i omekšavanje Biosoftal CEL
AB3	A1 + enzimska obrada protiv pilinga s Beizym SPELL i omekšavanje Tubingal RSK

2.3. Metode ispitivanja

Remisijski spektrofotometar SF 300 (Datacolor) korišten je za mjerenje spektralne remisije pletiva. Spektralni parametri boje L^* (svjetlina), C^* (zasićenost), h (ton boje) i kromatičke koordinate a^* (žuto-plavo) i b^* (crveno-zele-no) izračunati su iz remisije, te je izračunata je ukupna razlika u boji ΔE [44, 45]. Kao referenti uzorak (standard) za izračunavanje ukupne razlike u boji uzet je uzorak A1. Na pletivu je određena sklonost površinskom stvaranju dlačica i pilingu prema HRN EN ISO 12945-2:2003 *Tekstil – Određivanje sklonosti površinskom stvaranju dlačica i pilingu na plošnom tekstu* - 2. dio: *Preinačena metoda po Martindaleu* na uređaju Martindale abrasion and pilling tester - Code 2561E tvrtke MESDAN-LAB. Mjerenje je provedeno na 3 paralelna uzorka uz 125, 500, 1000, 2000, 5000 i 7000 habajućih ciklusa. Prema normi ocjene su sljedeće: 5 – nema promjena na površini; 4 – pojava dlačica na površini i djelomično oblikovane kuglice pilinga; 3 – zamršene dlačice na površini i/ili srednji piling različite veličine i gustoće djelomično pokriva površinu; 2 – značajna količina zamršenih dlačica na površini i/ili značajan piling koji pokriva velik dio površine; 1 – potpuno zamršene dlačice na površini i/ili piling koji pokriva cijelu površinu uzorka [3].

Ispitivanje sposobnosti upravljanja vlagom provedeno je prema AATCC TM 195-2017: *Liquid Moisture Management Properties of Textile Fabrics* na uređaju Moisture Management Tester (MMT), M290 MMT, tvrtke SDL Atlas [46]. Uzorak se postavlja na donje koncentrične senzore naličjem okrenutim prema gornjim koncentričnim senzorima (sl.2). Otopina NaCl (0,22 ml/L) koja imitira znoj kapa se u središte materijala koji se ispituje, te se 120 s prati širenje otopine po uzorku pomoću promjena u električnoj otpornosti [44].



Sl.2 Dijelovi MMT uređaja [44]

Mjerena su sljedeća svojstva/parametri: vrijeme vlaženja (Wetting time, WT), prirast apsorpcije (Absorption rate, AR); maksimalni promjer vlaženja (Maximum wetted radius, MWR), brzina razlijevanja (Spreading speed, SS), sve za gornju (top surface, T) i donju (bottom surface, B) površinu; akumulativna sposobnost jednosmjernog prijenosa (Accumulative One-way Transport Capability, R) i ukupna sposobnost upravljanja (kapljevitom) vlagom (Overall (liquid) Moisture Management Capability, OMMC). Formule za izračun navedene su u AATCC TM 195-2017. Na temelju srednjih vrijednosti dodjeljuju se ocjene, a prema ocjenama MMT omogućava svrstavanje plošnih tekstilija u jedan od 7 tipova, a to su:

1. Vodonepropusna t. (engl. Water Proof Fabric)
2. Vodoodbojna t. (engl. Water Repellent Fabric)
3. Sporo apsorbirajuća i sporo sušuća t. (engl. Slow Absorbing and Slow Drying Fabric)
4. Brzo apsorbirajuća i sporo sušuća t. (engl. Fast Absorbing and Slow Drying Fabric)
5. Brzo apsorbirajuća i brzo sušuća t. (engl. Fast Absorbing and Quick Drying Fabric)
6. T. sa sposobnošću prodiranja vode (engl. Water Penetration Fabric)
7. T. sa sposobnošću upravljanja vlagom (engl. Moisture Management Fabric) [40, 46].

Prije ispitivanja sklonosti pilingu i sposobnosti provođenja kapljevite vlage, svi uzorci za ispitivanje su oprani prema HRN ISO 6330:2012. Proces pranja proveden je u stroju Wascator FOM 71 CLS, prema HRN ISO 6330:2012, program 2A pri temperaturi od 60 °C. Korišten je standardni deterdžent ECE (bez fosfata) uz natrijev perborat i TAED (tetraacetil-etilendiamin). Potom su osušeni na zraku.

Svi uzorci su kondicionirani u stabiliziranoj klimi komori 24 h pri uvjetima temperature 21 ± 2 °C i vlažnosti 65 ± 5 % RH.

3. Rezultati s raspravom

U radu je istražen utjecaj funkcionalizacije pletiva dodatkom polipropilena pamuku te enzimske obrade protiv pilinga i omekšavanja pletiva na sposobnost upravljanja kapljevitošću vlagom. U tu svrhu pletiva od 100 % pamučne pređe i mješavine 50 % pamuk i 50 % polipropilen su alkalno iskuhana, kemijski bijeljena i bojadisa prema konvencionalnom industrijskom postupku (A1). Jedan dio pletiva potom je omekšan s dva tekstilna pomoćna sredstva Tubingal RSK i Biosoftal CEL, dok je drugi prethodno enzimski obrađen protiv pilinga celulozom Beizym SPELL te potom omekšan na isti način. Nakon oplemenjivanja određena je i analizirana ukupna razlika u boji, sklonost stvaranju pilinga i sposobnost upravljanja kapljevitošću vlagom. Rezultati spektrofotometrijske analize promjene boje prikazani su u tab.3-4 i na sl.3-4. Rezultati određivanja sklonosti površinskom stvaranju dlačica i pilingu prikazani su na sl.5 i 6. Rezultati sposobnosti upravljanja kapljevitošću vlagom prikazani su u tab.5 i 6.

Iz rezultata spektrofotometrijske analize boje prikazane u tab.3 i 4 te na sl.3 i 4 vidljiva je razlika između lica i naličja pletiva. Kod pamučnog pletiva (0) vidljivo je kako primjena omekšivača Tubingal RSK (A2) i Biosoftal CEL (A3) najmanje utječe na ukupnu razliku u boji (sl.3). Oba omekšivača povećavaju svjetlinu na licu pletiva, dok je na naličju neznatno smanjuju, odnosno pletivo je nešto tamnije. Omekšavanjem se povećava kromatičnost i plavi ton. Ukupna razlika u boji je u dozvoljenim granicama $\Delta E^* < 2$, odnosno nije u detekciji ljudskoga

Tab.3 Spektralni parametri boje L^* (svjetlina), C^* (zasićenost), h (ton boje), kromatičke koordinate a^* (žuto-plavo) i b^* (crveno-zeleno) pamučnog pletiva

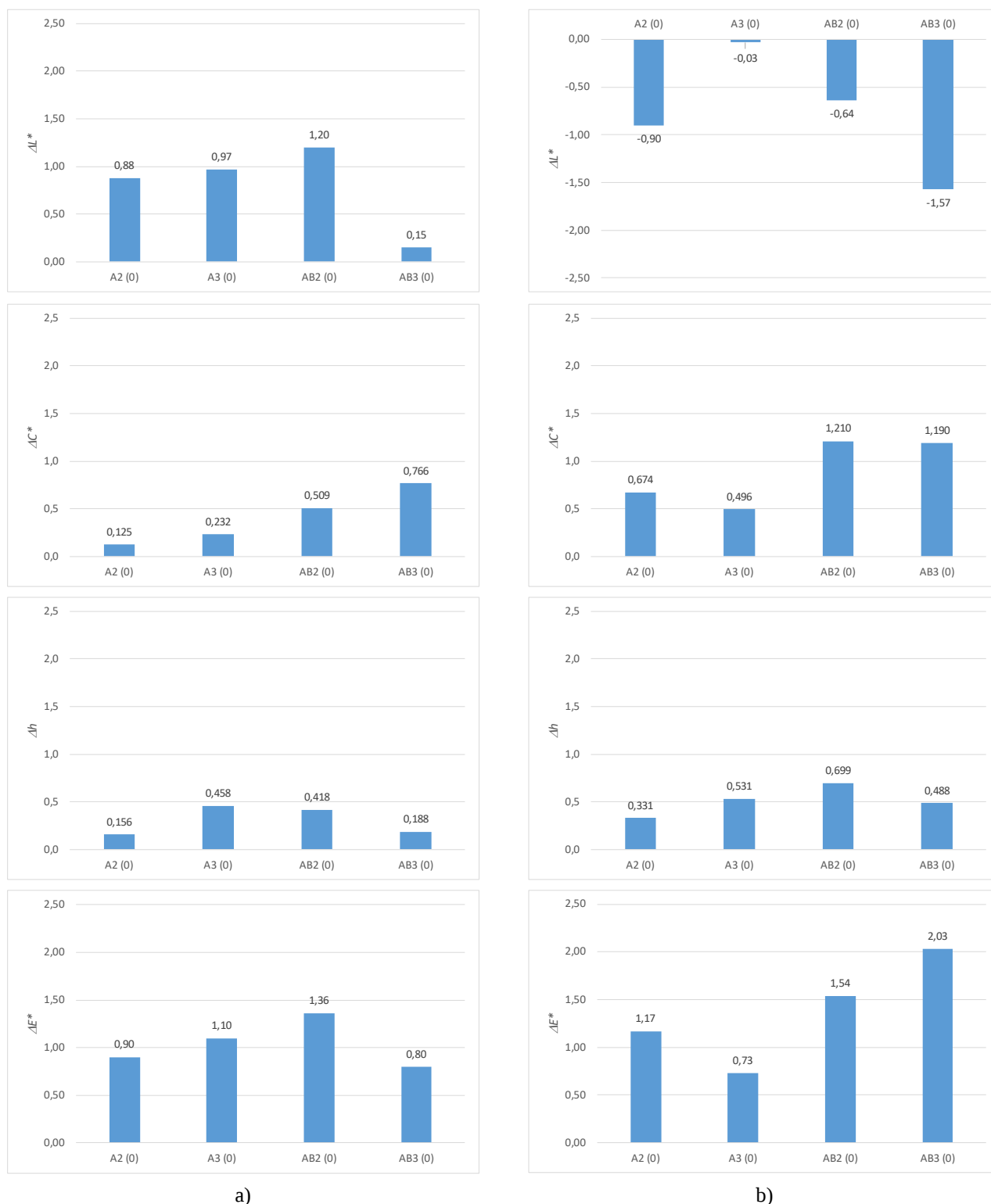
obrada	L^*	a^*	b^*	C^*	h
lice					
A1 (0)	55,33	-3,84	-20,00	20,36	259,14
A2 (0)	56,21	-3,71	-20,15	20,49	259,58
A3 (0)	56,31	-3,43	-20,31	20,60	260,42
AB2 (0)	56,53	-3,52	-20,58	20,87	260,30
AB3 (0)	55,48	-3,79	-20,79	21,13	259,46
naličje					
A1 (0)	57,30	-3,99	-19,62	20,02	258,51
A2 (0)	56,40	-3,79	-20,35	20,70	259,44
A3 (0)	57,27	-3,56	-20,21	20,52	260,01
AB2 (0)	56,66	-3,52	-20,94	21,23	260,45
AB3 (0)	55,73	-3,73	-20,88	21,21	259,86

Tab.4 Spektralni parametri boje L^* (svjetlina), C^* (zasićenost), h (ton boje), kromatičke koordinate a^* (žuto-plavo) i b^* (crveno-zeleno) pletiva od mješavine pamuk/polipropilen

obrada	L^*	a^*	b^*	C^*	h
lice					
A1 (1)	56,18	-4,17	-19,29	19,74	257,79
A2 (1)	56,05	-3,92	-20,05	20,43	258,94
A3 (1)	56,47	-3,78	-19,68	20,04	259,11
AB2 (1)	54,88	-3,58	-20,13	20,44	259,90
AB3 (1)	54,79	-3,97	-19,13	19,54	258,28
naličje					
A1 (1)	53,22	-2,57	-9,49	9,83	254,82
A2 (1)	53,42	-1,84	-8,23	8,43	257,37
A3 (1)	53,83	-1,74	-8,50	8,68	258,42
AB2 (1)	51,69	-1,93	-8,87	9,08	257,72
AB3 (1)	51,73	-1,94	-7,40	7,64	255,33

oka [45]. Razlike u boji su značajnije kada omekšavanju prethodi enzimska obrada celulozom Beizym SPELL. Celulaze su primijenjene nakon procesa bijadisanja a prije omekšivača, te su uklonile stršeća vlakanca s pletiva i zagladile površinu, ali su uklonile i dio bojila te su pletiva plavija i tamnija, posebno gledajući s naličja. Vidljiva je i razlika između omekšivača. Tubingal RSK na bazi silikona manje mijenja ton i ukupna razlika u boji je $\Delta E^* < 2$, dok primjena omekšivača iz modificiranih poliuretana i hidrofilnih polisilokanskih spojeva Biosoftal

CEL, značajnije utječe na promjenu svjetline na naličju te je ukupna razlika u boji graničnih $\Delta E^* = 2$. Kod pletiva od mješavine pamuk/polipropilen jasno je vidljiva razlika između lica i naličja pletiva. Polipropilen je poznat kao vlakno koje nema aktivnih skupina i moguće ga je jedino bojadisati u masi. Celulaza Beizym Spell djeluje samo na stršeća vlakna celuloze i nema utjecaja na polipropilen. Na licu pletiva vidljive su slične promjene kao i kod pamučnog pletiva jer je pamuk na licu. Kod naličja su vidljive značajnije razlike, posebno u svjetlini (L^*).



SL.3 Ukupna razlika u boji ΔE^* te razlike u svjetlini ΔL^* , odstupanje od crveno-zelene osi Δa^* i žuto-plave osi Δb^* pamučna pletiva nakon oplemenjivanja u odnosu na obradu A1, a) lice, b) naličje

Primjenom omekšivača pletiva su nešto svjetlija, dok primjenom celulaza i omekšivača postaju tamnija. Jednako je uočljivo da se na licu povećava kromatičnost (C^*) i pletiva su plavija, dok sve obrade na naličju pletiva rezultiraju ma-

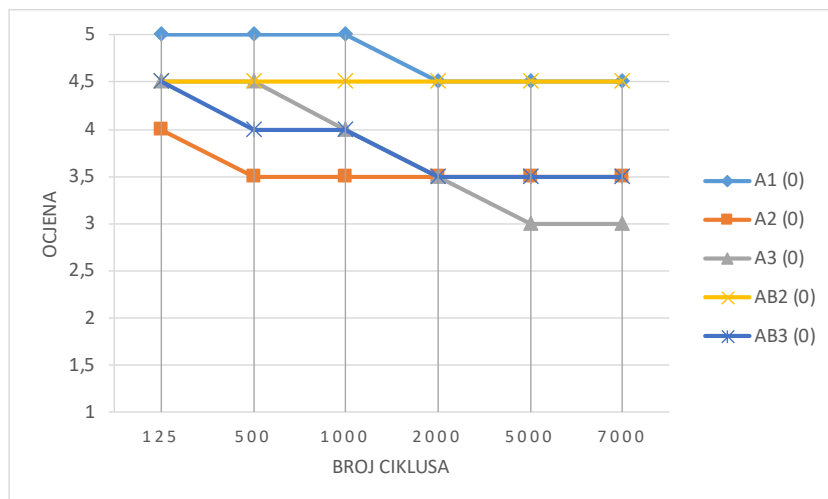
njom kromatičnošću te je pletivo svjetlije i nmanje plavo. Hidrofobne veze polipropilena uzrokuju naslojavanje omekšivača i promjenu tona. Valja istaknuti kako je reakcija između modificiranog poliuretana jača nego kod silikon-

skih spojeva te poliuretanska komponenta uzrokuje značajniju promjenu tona, a time i ukupnu razliku u boji na naličju pletiva od mješavine pamuk/polipropilen. Sve obrade zadovoljavaju ukupnu razliku u boji je $\Delta E^* < 2$, osim

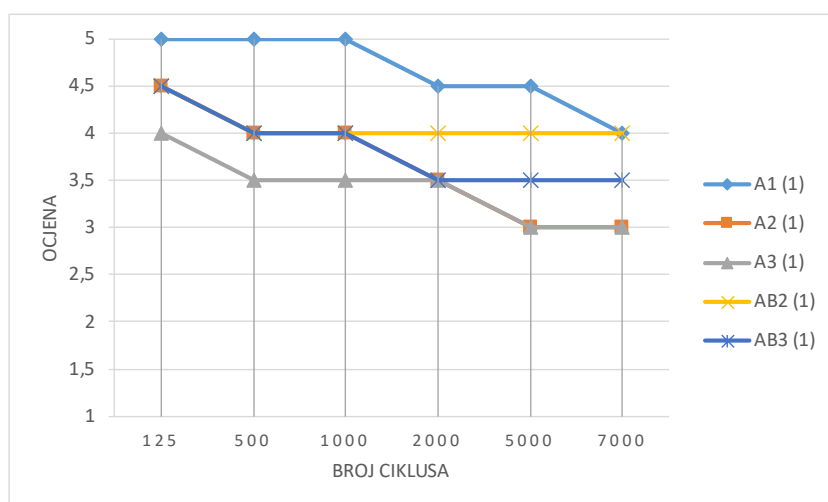
navedene na naličju koja je $\Delta E^* = 2,64$. Valja istaknuti kako se uvijek traži spektrofotometrijska analiza na licu proizvoda, tako da sve obrade zadovoljavaju tražene uvjete ukupna razlika u boji je $\Delta E^* < 2$.

Sklonost površinskom stvaranju dlačica i pilingu određena je na uređaju Martindale abrasion and pilling tester - Code 2561E prema HRN EN ISO 12945-2:2003. Ocjene dobivene nakon 125, 500, 1000, 2000, 5000 i 7000 ciklusa pilinga pamučnog pletiva prikazane su na sl.5 a pletiva od mješavine pamuk/polipropilen na sl.6. Iz rezultata je vidljivo kako najbolje ocjene imaju pletiva koja su iskuhana, bijeljena i bojadisana (A1), bez dorada omekšivačima i celulazom. Ocjena izgleda površine pamučnog pletiva (0) predobrađenog i bojadisana (A1) nakon 7000 ciklusa pilinga je 4,5 odnosno uočljiva je pojava dlačica na površini, bez pilinga, dok je kod pletiva od mješavine pamuk/polipropilen ocjena 4 jer su na površini uočene zamršene dlačice. Za pretpostaviti je kako je adhezija među pamučnim vlaknima veća nego li kod mješavine između pamuka i polipropilena pa prilikom habanja više dlačica izlazi iz pređe na površinu.

Djelovanjem omekšivača na bazi silikona, površina se zaglađuje, no gibanje očica je olakšano pa ocjena pada na 3,5 kod pamučnoga, odnosno na 3 kod pletiva od mješavine, što znači da dolazi do pojave pilinga koji djelomično pokriva površinu. Može se reći da se primjenom omekšivača povećava sklonost površinskom stvaranju dlačica i pilingu. Uspoređujući djelovanje omekšivača, primjenom Tubingal RSK (A2) postižu se bolje ocjene nego primjenom Biosoftal CEL (A3) što znači da poliuretanska komponenta povećava sklonost prema pilingu. Međutim, primjenom celuleze Beizym SPELL prije omekšavanja djeluje



Sl.5 Ocjene dobivene nakon 125, 500, 1000, 2000, 5000 i 7000 ciklusa pilinga pamučnog pletiva



Sl.6 Ocjene dobivene nakon 125, 500, 1000, 2000, 5000 i 7000 ciklusa pilinga pletiva od mješavine pamuk/polipropilen

se na stršuća vlakna celuloze (dlačice) te su ocjene znatno bolje. Također se mogu uočiti bolje ocjene primjenom omekšivača Tubingal RSK (AB2) kojim se postiže visoka ocjena 4,5 za pamučno pletivo i 4 za pletivo od mješavine pamuk/polipropilen. Uzevši u obzir sve ocjene izgleda površine pletiva nakon 7000 ciklusa pilinga one su dosta dobre jer najlošija je ocjena 3 što znači da se javljaju zamršene dlačice na površini uz srednji piling koji djelomično pokriva površinu. U slučaju primjene kombinacije celuleze i omekšivača Tubingal RSK ocjena je izvrsna.

Sposobnost upravljanja (kapljevitom) vlagom oplemenjenog pletiva od pamuka i mješavine pamuk/polipropilen izmjerena na MMT prema AATCC TM 195-2017. Rezultati su izraženi srednjom vrijednosti parametra i ocjenom pri čemu su određeni vrijeme vlaženja (Wetting time, WT), prirast apsorpcije (Absorption rate, AR); maksimalni promjer vlaženja (Maximum wetted radius, MWR), brzina razlijevanja (Spreading speed, SS), sve za gornju (top surface, T) i donju (bottom surface, B) površinu; akumulativna sposobnost jednospajnog prijenosa (Accumulative

Tab.5 Sposobnost upravljanja (kapljevitom) vlagom oplemenjenog pamučnog pletiva izmjerena na MMT prema AATCC TM 195-2017 izražena srednjom vrijednosti parametra i ocjenom

Parametar/ ocjena	A1 (0)		A2 (0)		A3 (0)		AB2 (0)		AB3 (0)	
WT-T [s]	5,38	3 srednje	3,88	4 brzo	3,86	4 brzo	3,54	4 brzo	3,95	4 brzo
WT-B [s]	5,43	3 srednje	4,06	4 brzo	4,02	4 brzo	3,71	4 brzo	4,14	4 brzo
AR-T [%/s]	66,63	4 brzo	69,47	4 brzo	51,10	4 brzo	51,17	4 brzo	58,29	4 brzo
AR-B [%/s]	67,06	4 brzo	53,56	4 brzo	46,54	3 srednje	46,30	3 srednje	55,60	4 brzo
MWR-T [mm]	15,00	3 srednje	20,00	4 brzo	20,00	4 brzo	20,00	4 brzo	20,00	4 brzo
MWR-B [mm]	15,00	3 srednje	19,00	4 brzo	20,00	4 brzo	20,00	4 brzo	20,00	4 brzo
SS-T [mm/s]	2,30	3 srednje	2,70	3 srednje	3,02	4 brzo	3,44	4 brzo	2,93	3 srednje
SS-B [mm/s]	2,22	3 srednje	2,60	3 srednje	2,95	3 srednje	3,32	4 Brzo	2,87	3 srednje
R [%]	-45,16	2 slabo	-88,96	1 jako slabo	-43,29	2 slabo	-49,32	2 slabo	-26,27	2 slabo
OMMC	0,27	2 slabo	0,25	2 slabo	0,27	2 slabo	0,30	2 slabo	0,31	2 slabo
Ocjena/ klasifikacija	Brzo apsorbirajuća i sporo sušuća tekstilija		Brzo apsorbirajuća i brzo sušuća tekstilija		Brzo apsorbirajuća i brzo sušuća tekstilija		Brzo apsorbirajuća i brzo sušuća tekstilija		Brzo apsorbirajuća i brzo sušuća tekstilija	

*vrijeme vlaženja (Wetting Time, WT), prirast apsorpcije (Absorption rate, AR); maksimalni promjer vlaženja (Maximum wetted radius, MWR), brzina razlijevanja (Spreading speed, SS), sve za gornju (top surface, T) i donju (bottom surface, B) površinu; akumulativna sposobnost jednosmjernog prijenosa (Accumulative One-way Transport Capability, R) i ukupna sposobnost upravljanja (kapljevitom) vlagom (Overall (liquid) Moisture Management Capability, OMMC)

One-way Transport Capability, R) i ukupna sposobnost upravljanja (kapljevitom) vlagom (Overall (liquid) Moisture Management Capability, OMMC). Vrijednosti parametara određenih na pamučnom pletivu prikazani su u tab.5, a pletivu od mješavine pamuk/polipropilen u tab.6.

Kod pamučnog pletiva (0) nakon iskuhavanja, bijeljenja i bojadisanja (A1) vrijeme potrebno da se gornja i donja površina počnu vlažiti, odnosno vrijeme vlaženja (WT) iznosi 5,4 s. Postignut je maksimalan promjer vlaženja (MWR) od 15 mm za gornju i za donju površinu. Brzina razlijevanja, koja predstavlja akumulativnu brzinu razlijevanja iz središta do maksimalnog promjera vlaženja, iznosi 2,2 mm/s. Pamučno vlakno posjeduje polarne skupine za vezivanje molekula vode i može apsorbirati veliku količinu kapljavine, te ima visok prirast apsorpcije

(AR) 67%/s. S obzirom na malo područje razlijevanja i relativno sporo razlijevanje rado adsorpcije te slabi prijenos, ovo pletivo se ocjenjuje kao „Brzo apsorbirajuća i sporo sušuća tekstilija”. Svi navedeni rezultati potvrđuju izvrsnu hidrofilnost ove tkanine. Sva pamučna pletiva koja su obrađena kationskim omekšivačima, bez obzira je li prethodila enzimski obrada ili ne, brže se vlaže, $WT < 4$ s, imaju manju apsorpciju (AR je manji) i veći radius vlaženja (MWR) što ukazuje na bolju kapilarnost nakon obrade. Silikonska obrada hidrofobizira pamučno pletivo čime dolazi do smanjenja kapaciteta pamuka za zadržavanje vode zbog vezanja vodika s vodom, čime se povećava kapilarno djelovanje [24]. Iz tog razloga brzina razlijevanja je znatno veća (od 2,2 mm/s za A1 do 3,4 mm/s za AB2). S obzirom na brzo vlaženje i slabu

apsorpciju, veliko područje razlijevanja i brzo razlijevanje te slabi jednosmjerni prijenos ova pletiva su ocjenjena kao „Brzo apsorbirajuća i brzo sušuća tekstilija”. Kod pletiva od mješavine pamuk/polipropilen (1) vidljivo je nešto drugačije ponašanje zahvaljujući polipropilenskoj komponenti. Obzirom na izrazitu hidrofobnost polipropilena ovo se pletivo (A1) odlikuje velikom kapilarnošću ($R = -129,89\%$) a manjom apsorpcijom. Vrijeme vlaženja je nešto sporije ($WT > 4$ s ali još uvijek brzo. Brzina razlijevanja i MWR su znatno viši nego kod pamučnog pletiva što također ukazuje na kapilarnost i brzi prijenos kapljavine (znoja) s kože na vanjsku površinu. Omekšavanjem se brzina nešto usporava, jer se poboljšava hidrofilnost (kraće vrijeme vlaženja, veća apsorpcija), no i dalje ostaje visoka kapilarnost.

Tab.6 Sposobnost upravljanja (kapljevitom) vlagom oplemenjenog pletiva iz mješavine pamuk/polipropilen izmjerena na MMT prema AATCC TM 195-2017 izražena srednjom vrijednosti parametra i ocjenom

Parametar/ ocjena	A1 (1)		A2 (1)		A3 (1)		AB2 (1)		AB3 (1)	
WT-T [s]	4,09	4 brzo	3,88	4 brzo	3,35	4 brzo	3,46	4 brzo	3,97	4 brzo
WT-B [s]	4,12	4 brzo	3,88	4 brzo	3,33	4 brzo	3,54	4 brzo	3,89	4 brzo
AR-T [%/s]	49,81	3 srednje	60,98	4 brzo	53,70	4 brzo	53,83	4 brzo	59,01	4 brzo
AR-B [%/s]	41,67	3 srednje	58,15	4 brzo	53,24	4 brzo	51,92	4 brzo	61,30	4 brzo
MWR-T [mm]	21,67	4 brzo	19,00	4 brzo	20,00	4 brzo	20,00	4 brzo	20,00	4 brzo
MWR-B [mm]	20,00	4 brzo	18,00	4 brzo	21,00	4 brzo	20,00	4 brzo	20,00	4 brzo
SS-T [mm/s]	4,08	5 vrlo brzo	2,89	3 srednje	3,74	4 brzo	3,55	4 brzo	3,05	4 brzo
SS-B [mm/s]	3,83	4 brzo	2,83	3 srednje	3,74	4 brzo	3,51	4 brzo	3,11	4 brzo
R [%]	-129,89	1 jako slabo	-37,26	2 slabo	38,08	2 slabo	5,99	2 slabo	40,59	2 slabo
OMMC	0,31	2 slabo	0,33	2 slabo	0,45	3 dobro	0,39	2 slabo	0,42	3 dobro
Ocjena/ klasifikacija	Brzo apsorbira- juća i brzo sušeća tekstilija		Brzo apsorbira- juća i brzo sušeća tekstilija		Brzo apsorbira- juća i brzo sušeća tekstilija		Brzo apsorbira- juća i brzo sušeća tekstilija		Brzo apsorbira- juća i brzo sušeća tekstilija	

*vrijeme vlaženja (Wetting Time, WT), prirast apsorpcije (Absorption rate, AR); maksimalni promjer vlaženja (Maximum wetted radius, MWR), brzina razlijevanja (Spreading speed, SS), sve za gornju (top surface, T) i donju (bottom surface, B) površinu; akumulativna sposobnost jednosmjernog prijenosa (Accumulative One-way Transport Capability, R) i ukupna sposobnost upravljanja (kapljevitom) vlagom (Overall (liquid) Moisture Management Capability, OMMC)

Usporedbom djelovanja omekšivača iz rezultata za akumulativnu sposobnost jednosmjernog prijenosa (R) i ukupnu sposobnost upravljanja (kapljevitom) vlagom (OMMC), vidljivo je da omekšivač Biosoftal CEL doprinosi poboljšanju procesa upravljanja vlagom i održavanju hidrofilitnosti pamuku u mješavini s polipropilenskim vlaknima. S obzirom na brzo vlaženje i slabu apsorpciju, veliko područje razlijevanja i brzo razlijevanje te slabi jednosmjerni prijenos ova pletiva su ocijenjena kao „Brzo apsorbirajuća i brzo sušeća tekstilija”.

Valja istaknuti kako je ocjena „Brzo apsorbirajuća i brzo sušeća tekstilija” izvrsna jer se funkcionalizacijom upravo željelo povećati prijenos kapljevine (znoja) s kože na vanjsku površinu.

4. Zaključak

U radu je ispitan utjecaj enzimske obrade protiv pilinga te omekšavanja na estetska svojstva i udobnost pletiva od pamuka i mješavine pamuk/polipropilen.

Spektrofotometrijskom analizom razlike u boji je utvrđeno kako omekšivači ne mijenjaju značajno ton. Primjena celulaze Beizym Spell značajno utječe na promjenu ponajprije svjetline, jer s uklanjanjem dlačica se uklanja i dio obojenja, te su veća odstupanja u ΔE^* . Hidrofobne veze polipropilena uzrokuju naslojavanje omekšivača te je ukupna razlika u boji na naličju pletiva od mješavine pamuk/polipropilen nešto veća od dozvoljene, $\Delta E^* = 2,64$. S obzirom da se spektrofotometrijska analiza uvijek provodi na licu proizvoda, sve

obrade su u granicama dozvoljenog odstupanja. Iako celulaza dovodi do razlike u boji, znatno doprinosi smanjenju sklonosti stvaranja pilinga.

Sva omekšana pletiva imaju brzo vlaženje i slabu apsorpciju, veliko područje razlijevanja i brzo razlijevanje te su ocijenjena kao „Brzo apsorbirajuća i brzo sušeća tekstilija”. Ova ocjena je izvrsna jer se funkcionalizacijom željelo povećati prijenos kapljevine (znoja) s kože na vanjsku površinu. Treba istaknuti kako je ova pojava jače naglašena za pletivo od mješavine pamuk/polipropilen. Ovo pletivo ima dobra svojstva koja pomažu u odvođenju vlage od tijela te je za preporučiti za izradu odjeće za provođenje sportskih i dnevnih aktivnosti.

Literatura:

- [1] Dalbaşı E.S., G. Özçelik Kayseri: A research about the effect of the anti-pilling treatments on different structured cotton knitted fabrics, *Tekstil ve Konfeksiyon* 25 (2015.) 1, 54-60
- [2] Haque M., K. Elias: Pilling Propensity of Various Types of Knit Fabrics, *Journal of Textile Engineering* 1 (2013.), 5-17
- [3] HRN EN ISO 12945-2:2003 *Tekstil - Određivanje sklonosti površinskom stvaranju dlačica i pilingu na plošnom tekstu - 2. dio: Preinačena metoda po Martindaleu*, Hrvatski zavod za norme, 2003.
- [4] Cooke W.D.: Pilling Attrition and Fatigue, *Textile Research Journal* 55 (1985) 7, 409-141
- [5] Okubayashi S. et al: A pilling mechanism for cellulosic knit fabrics – effects of wet processing, *Journal of The Textile Institute*, 96 (2005) 1, 37-41
- [6] Okubayashi S, T. Bechtold: A Pilling Mechanism of Man-Made Cellulosic Fabrics—Effects of Fibrillation. *Textile Research Journal*. 75 (2005) 4, 288-292
- [7] Candan C., L. Onal: Dimensional, Pilling, and Abrasion Properties of Weft Knits Made from Open-End and Ring Spun Yarns, *Textile Research Journal* 72 (2002) 164-169
- [8] Abdel-Fattah S.H., E.M. El-Katib: Improvement of Pilling Properties of Polyester/Wool Blended Fabrics, *Journal of Applied Sciences Research* 3 (2007) 1206-1209
- [9] Montazer, M. et al: Application of Resins and Crosslinking Agents on Fiber Blend Fabric to Reduce Pilling Performance, Optimized by Response Surface Methodology, *Journal of Vinyl & Additive Technology* 17 (2011) 3, 213-221
- [10] Busilienė, G. et al.: Pilling Resistance of Knitted Fabrics, *Materials science (Medžiagotyra)*, 17 (2011) 3, 297-301
- [11] Fan J., L. Hunter: *Engineering Apparel Fabrics and Garments*, Woodhead Publishing, Boca Raton Boston New York Washington DC 2009., e-ISBN: 9781845696443
- [12] Roy Choudhury A.S: *Principles of Textile Finishing*, Elsevier, United Kingdom (2017) ISBN: 9780081006467
- [13] Cavaco-Paulo A., G. Gübitz: *Textile processing with enzymes*, Woodhead Publishing; 1st edition (2003) ISBN 978-1855736108
- [14] Cavaco-Paulo A: Mechanism of cellulase action in textile processes, *Carbohydrate Polymers* 37 (1998.) 273-277
- [15] Shah S.R.: Chemistry and Applications of Cellulase in Textile Wet Processing, *Research Journal of Engineering Sciences* 3 (2014) 2, 1-5
- [16] Šimić K. et al.: Application of Cellulases in the Process of Finishing, *Tekstilec* 58 (2015) 1, 47-56
- [17] Sheikh J., I. Bramhecha: Enzymes for green chemical processing of cotton, Chapter 6 in *The Impact and Prospects of Green Chemistry for Textile Technology*, The Textile Institute Book Series, (Eds. Shahid-ul-Islam, B.S. Butola), Woodhead Publishing (2019), 135-160, ISBN 9780081024911
- [18] Aehle W: *Enzymes in Industry: Production and Applications*, Wiley, Weinheim (2007) 233
- [19] Bischof-Vukušić S. i sur.: Enzimi u oplemenjivanju i pranju tekstila; *Tekstil* 43 (1994) 3, 136-143
- [20] Peran J., T. Pušić: Enzimi - bioinovatori u pranju rublja, *Tekstil* 62 (2013.), 329-337
- [21] Grancarić A. M. et al.: Enzymatic Scouring of Cotton Knitted Fabric with Neutral Pectinase - the Influence to Sewability, *Tekstil* 58 (2009) 11, 529-536
- [22] İlleez A.A. et al.: Improving of Sewability Properties of Various Knitted Fabrics with the Softeners, *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 195 (2015), 2786-2795
- [23] Skenderi Z. i sur: Termofiziološka udobnost nošenja obuće, *Koža i obuća* 66 (2017.), 12-21
- [24] Nazir A. et al: Improving Thermo-Physiological Comfort of Polyester/Cotton Knits by Caustic and Cellulases Treatments, *AUTEX Research Journal* 14 (2014.), 200-204
- [25] Jhanji Y. et al: Moisture management properties of plated knit structures with varying fiber types, *The Journal of The Textile Institute* 106 (2014.), 1-11
- [26] Čortoševa S. i sur: Termofiziološki komfor dvoslojnih pletenina, *Tekstilna industrija* 4 (2012.) 11-19
- [27] Raj S., S. Sreenivasan: Total Wear Comfort Index as an Objective Parameter for Characterization of Overall Wearability of Cotton Fabrics, *Journal of Engineered Fibers and Fabrics* 4 (2009) 29-41
- [28] Chinta S.K., P.D. Gujar: Significance of Moisture Management for High Performance Textile Fabrics, *International Journal of*

- Innovative Research in Science, Engineering and Technology 2 (2013) 814-819
- [29] Grancarić A.M. i sur.: Slobodna površinska energija tekstila, *Tekstil* 57 (2008.), 28-39
- [30] Kissa E: Wetting and Wicking, *Textil Research Journal* 66 (1996.) 10, 660-668
- [31] Tarbuk A. et al.: Wetting and Wicking of Hospital Protective Textiles. *Advanced technologies* 8 (2019) 2, 5-15
- [32] Das B. et al.: Moisture Transmission through Textiles, Part I: Processes involved in moisture transmission, *AUTEX Research Journal* 7 (2007) 2, 100-110
- [33] Das B. et al.: Moisture Transmission through Textiles, Part II: Evaluation Methods and Mathematical Modelling, *AUTEX Research Journal* 7 (2007) 3, 194-216
- [34] Das B. et al.: Moisture Flow through Blended Fabrics – Effect of Hydrophilicity, *Journal of Engineered Fibers and Fabrics* 4 (2009) 4, 20-28
- [35] McLoughin J., T. Sabir: *High-Performance Apparel: Materials, Development, and Applications*, Elsevier, United Kingdom 2018., 14
- [36] Hu J: *Active Coatings for Smart Textiles*, Woodhead Publishing 1st Edition, United Kingdom (2016), ISBN 9780081002636
- [37] Mohamed A.L., A.G. Hassabo: Review of silicon-based materials for cellulosic fabrics with functional applications. *J. Text. Coloration Polym. Sci.* 16 (2019) 2, 139-157
- [38] Gerald M. J. et al: *Engineering Design of the Thermal Properties in Smart and Adaptive Knitting Structures*, *AUTEX Research Journal* 8 (2008.), 30-34
- [39] de Vasconcelos F.B. et al.: Moisture Management Evaluation in Double Face Knitted Fabrics with Different Kind of Constructions and Fibers, *J Fashion Technol Textile Eng* (2017) S3:009, 1-5
- [40] Dekanić T. i sur.: Određivanje sposobnosti upravljanja vlagom vodoodbojne pamučne tkanine kondenzirane pri niskoj temperature, *Tekstil* 67 (2018.) 7-8, 176-188
- [41] Patil U. J. et al: Wickability behaviour of single-knit structures, *The Journal of The Textile Institute*, 100 (2009) 5, 457-465
- [42] Stojanović S., J. Geršak: Tekstilne strukture namijenjene za sportsku odjeću, *Tekstil* 68 (2019.) 4-6, 55-71
- [43] Čunko R., M. Andrassy: *Vlakna*, Zrinski d.d., Zagreb (2005.) 257-261
- [44] Parac-Osterman Đ., B. Karaman: *Osnove teorije bojenja tekstila*, *Tekstilno-tehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu*, Zagreb (2012.) 427-429
- [45] Parac-Osterman Đ., M. Joanelli: Računalno određivanje razlike u boji i tolerancije u tekstu, *Tekstil* 53 (2004.) 1, 10-17
- [46] M290 Moisture Management Tester, Instruction Manual, Rev. 1.4 (06/18), https://admin.sdlatlas.com/public/content/resources/SDL_MMT_BROCHURE_WEBv%5bCURRENT%5d102615.pdf, pristupljeno: 14. 2. 2020.

SUMMARY

The influence of enzymatic antipilling and softening treatment of knitted cotton fabrics and cotton/polypropylene blends on their aesthetic and functional properties

A. Tarbuk¹, I. Čurić^{2,3}, A. Sutlović¹, I. Čorak¹

In this work, the effect of enzymatic antipilling and softening treatment of knitted cotton fabrics and cotton/polypropylene blends on their aesthetic and functional properties, especially moisture management ability was investigated. For this purpose, knitted fabrics of 100% cotton and 50/50% cotton/polypropylene were alkaline washed, chemically bleached and dyed using conventional industrial methods. Subsequently, one part of the knitted fabric was softened, the other part was enzymatically treated against peeling and additionally softened. After finishing, the influence of the processes on colour tone change, tendency to peel, and ability to withstand dripping wetness was studied, as these properties significantly affect the quality of garments made from these knitted fabrics. It has been shown that the use of cellulase results in a colour difference, but contributes significantly to the reduction of the tendency to peel. Through the combination of cellulase and softener, Tubingal RSK achieves excellent performance properties and contributes to moisture management in addition to the influence of the polypropylene component.

Keywords: cotton knit, cotton/polypropylene blend, softening, anti-pilling treatment, moisture management, color difference

¹*University of Zagreb Faculty of Textile Technology, Zagreb, Croatia*

²*Galeb d.d., Omiš, Croatia*

³*University of Zagreb Faculty of Chemical Engineering and Technology, Zagreb, Croatia*
e-mail: anita.tarbuk@ttf.unizg.hr

Received September 10, 2020

Der Einfluss enzymatischer Behandlung und Weichmachung auf die ästhetischen und funktionellen Eigenschaften von Strickwaren aus Baumwolle und Baumwolle/Polypropylen-Mischungen

In dieser Arbeit wurde die Auswirkung einer enzymatischen Antipilling- und Weichmachungsbehandlung von Baumwollgewirken und Baumwoll/Polypropylen-Mischungen auf ihre ästhetischen und funktionellen Eigenschaften, insbesondere auf ihre Fähigkeit zur Feuchtigkeitsregulierung, untersucht. Zu diesem Zweck wurden Gewirke aus 100% Baumwolle und 50%/50% Baumwolle/Polypropylen-Mischung mit herkömmlichen industriellen Methoden alkalisch gewaschen, chemisch gebleicht und gefärbt. Dann wird ein Teil der Maschenware weich gemacht, der andere Teil wird enzymatisch gegen Pilling behandelt und zusätzlich weich gemacht. Nach der Veredelung wurde der Einfluss der Verfahren auf die Farbveränderung, die Pillingneigung und die Fähigkeit, mit abtropfender Feuchtigkeit umzugehen, untersucht, da diese Eigenschaften die Qualität der aus diesen Maschenwaen hergestellten Kleidungsstücke erheblich beeinflussen. Nach der Behandlung wurde der Einfluss der Verfahren auf die Veränderung des Farbtons, die Pilling-Neigung und die Fähigkeit, Tropfnässe zu widerstehen, untersucht, da diese Eigenschaften die Qualität der aus diesen Maschenwaren hergestellten Kleidungsstücke erheblich beeinflussen. Es hat sich gezeigt, dass der Einsatz von Cellulase zwar zu einem Farbunterschied führt, aber wesentlich zur Verringerung der Pilling-Neigung beiträgt. Durch die Kombination von Cellulase und Weichmacher erreicht Tubingal RSK hervorragende Gebrauchseigenschaften und trägt zusätzlich zum Einfluss der Polypropylen-Komponente auf das Feuchtigkeitsmanagement bei.