

Karakterizacija i učinkovitost medicinskih obloga za kronične rane

Doc.dr.sc. **Maja Somogyi Škoc**, dipl. ing.
Prof.dr.sc. **Emira Pezelj**, dipl.ing. u mirovini
Darinka Ležaić, mag. ing. teks. teh.¹
Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet
Zavod za materijale, vlakna i ispitivanje tekstila, Zagreb
¹Ministarstvo zaštite okoliša i prirode,
Zagreb, Hrvatska
e-mail: maja.somogyi@ttf.hr
Prispjelo 12.1.2014.

UDK 677.014:615.46
Izvorni znanstveni rad

Istraživane su medicinske obloge za dijabetičko stopalo, koje pripada skupini kroničnih rana. Kronične rane od pamtivijeka su bile velik problem, kako kod određivanja uzroka nastanka, tako i u liječenju. U njihovom liječenju vrlo su učinkovite medicinske obloge koje su izrađene najsuvremenijim tekstilnim prerađivačkim procesima uz dodatak antimikrobnih i sličnih sredstava, ovisno o namjeni. Za liječenje dijabetičkog stopala koristi se velik broj medicinskih obloga različitih konstrukcijskih karakteristika i mehanizama djelovanja. U radu su korištene četiri vrste obloga koje su pomogle u liječenju jednog od najtežih oblika dijabetičkog stopala, a što je potkrijepljeno slikama od početnog do zadnjeg stadija bolesti. Ispitivanim oblogama određene su osnovne konstrukcijske karakteristike, sirovinski sastav i sposobnost otapanja. Budući da su obloge izrađene od visokoučinkovitih vlakana, korištena je spektroskopija Fourierovom transformacijom u infracrvenom području uz dodatak za površinsku analizu (FTIR-ATR). Djelotvornost uzoraka ispitana je na konkretnom primjeru, tj. na bolesniku s dijabetičkim stopalom, a u suradnji s prim. dr. sc. Dubravkom Huljevom, dr. med., Kliničkom bolnicom sv. Duh i Poliklinikom za baromedicinu OXY – Podružnica Zagreb, KB Dubrava koji su za potrebe ovog rada ustupili slike snimljene tijekom liječenja.

ključne riječi: tekstil, medicinski tekstil, medicinske obloge, obloge za rane, dijabetičko stopalo

1. Uvod

Medicinski tekstil je jedna od najvažnijih podskupina tehničkog tekstila s godišnjom stopom rasta od oko 4,3% za koju se predviđa da bi do 2017. mogla doseći 8% [1, 2]. Sve veća potrošnja medicinskog tekstila ne iznenađuje s obzirom na predviđanja da će se do 2050. broj stanovnika starijih od 65 godina utrostručiti, a time i potrošnja medicinskog tekstila koji ima široko područje primjene u

medicini, zdravstvu i području higijene. Životni vijek čovjeka se produžuje, a samim time i izdvajanja za njegov zdrav, dug i što ugodniji život.

Može se reći da u razvoju medicinskog tekstila nema krize budući da je čovjek oduvijek imao potrebu pomoći sebi i bližnjima pri različitim ozljedama, bolestima i sl., a s razvojem umjetnih materijala njegovoj primjeni i daljnjem napretku gotovo da nema ograničenja. S obzirom na primjenu, medicinski tekstil se dijeli na:

- materijale za vanjsku primjenu, tj. materijale koji se ne ugrađuju odn. služe kao zaštita od infekcija, sredstvo za apsorpciju krvi i eksudata, podloga za apliciranje lijekova i pospješivanje zacjeljivanja (komprese, zavoji, flasteri i sl.),
- materijale za izvantjelesnu primjenu koji su sastavni dio složenih aparata tzv. mehanički organi kao što su umjetni bubreg (uklanja otpadne produkte iz krvi), jetra (odvaja plazmu pacijenta i nadomješta je svje-

žom), pluća (uklanja CO₂ iz krvi i nadomješta svježim O₂),

- *ugradbene materijale* odn. implantate kao što su kirurški konac, umjetne krvne žile, zglobovi, ligamenti, koža i sl.,
- *područje brige o zdravlju i higijeni* bolničkog osoblja i pacijenata (kirurška odjeća, posteljina, različiti brisači i dr.) [3].

Tekstilni materijali koji se primjenjuju za medicinski tekstil, obuhvaćaju vlakna, mono- i multifilamentne pređe, tkanine, pletiva, netkani tekstil, kompozitne strukture i dr. Da bi se osigurala njihova mogućnost uporabe u vrlo zahtjevnom području kao što su medicina i zdravstvo, tekstilni materijali moraju imati optimalnu kombinaciju svojstava koja su relevantna za određenu specifičnu primjenu poput biokompatibilnosti, čvrstoće, savitljivosti, propusnosti vlage i zraka, biorazgradljivosti i dr.

Prilikom „dizajniranja“ tekstilnog materijala ili proizvoda za medicinski tekstil u prvom planu su svojstva i učinkovitost, a potom eventualno estetske i dekoracijske karakteristike.

2. Kronične rane

Kronične rane su od pamtvijeka bile velik problem, kako kod određivanja uzroka nastanka, tako i kod liječenja. Najraniji zapis o ranama je prethistorijski crtež pronađen u špilji u Španjolskoj, star oko 20 do 30 000 godina [4]. Prvi pisani podaci koji se odnose na kronične rane nalaze se u zapisima Asiraca u kojima su opisane upute za kirurški tretman rane, te zapisima Egipćana u Edwin Smithovom papiirusu 1700 g. pr. K. gdje se opisuju načini liječenja rane šivanjem [4].

Cijeljenje rane, tj. zarastanje je sposobnost organizma da zamijeni oštećene ili mrtve stanice te da „popravi“ tkiva nakon oštećenja i zapravo znači uobičajen odgovor tkiva na:

- ranu (obično na koži),
- inflamatorni proces u unutrašnjim tkivima i organima ili

- staničnu nekrozu u organima nespo- sobnim za regeneraciju [5].

Cilj procesa cijeljenja rane je obnova tkiva do originalnog morfološkog i funkcionalnog stanja, koja počinje vrlo rano, ponekad već unutar 24 h nakon povrede. Prilikom zarastanja rane može doći do komplikacija kao posljedica poremećaja neke od temeljnih komponenata reparativnog procesa, a jedna od takvih komplikacija je dijabetičko stopalo (sl.1).



Sl.1 Dijabetičko stopalo [6]

Kod sindroma dijabetičkog stopala poremećaj cijeljenja rane uzrokovan je nizom različitih čimbenika. Cilj liječenja je dovesti ranu u fazu granulacije, dakle odstraniti nekrotično tkivo i fibrinske naslage, te na taj način omogućiti epitelizaciju rane, budući da se proces epitelizacije može odvijati samo ako u podlozi postoji uredno granulacijsko tkivo.

Danas postoji nekoliko definicija kroničnih rana. Neke se definicije temelje na vremenskom periodu, pa se tako u definiciji kronične rane navodi da su to rane koje ne zacjeljuju u roku od 6 tjedana, do definicije da se o kroničnim ranama može govoriti ukoliko ne zacijele u vremenu od 8 pa do 13 tjedana. Smatra se da je najpri- mjerena definicija kronične rane ta da se kroničnom ranom može nazvati svaka rana koja ne zacijeli u predviđenom vremenskom periodu za taj tip i lokalizaciju rane, a da vremenski period mora biti najmanje 6 tjedana [4].

Kronične rane nerijetko iziskuju učestalo previjanje, i po nekoliko puta dnevno. Takvi bolesnici iziskuju dugotrajno i neizvjesno liječenje koje je povezano s visokim troškovima

liječenja. Troškovi liječenja bolesnika s kroničnim ranama u Velikoj Britaniji iznose oko mlrd. GBP godišnje, a na liječenje dekubitusa troši se oko 2.473 mil. eura [4, 5]. U Europi preko 2 mil. bolesnika ima dekubitus, te se troškovi njihovog liječenja procjenjuju na oko 8 mlrd. eura godišnje [4]. Kako bi se smanjili troškovi liječenja, prestano se radi na razvoju novih tekstilnih obloga za rane koje više nemaju samo klasičnu funkciju zatvaranja rane već sadrže različite čestice npr. srebra, lijekove, npr. antibiotike, antifungicide i sl. koji pospješuju cijeljenje rane, a izrađene su najsuvremenijim tehnikama tekstilno-kemijske tehnologije.

2.3. Liječenje rana – obloge za rane

Liječenje rana se može podijeliti u dvije odvojene, ali ujedno i usko vezane, skupine. Jedno je sustavno liječenje, a drugo lokalni postupci s ranom. U lokalne postupke pripada liječenje pomoću obloga za rane.

Medicinske obloge koje se koriste za kronične rane poput dijabetičkog stopala, a prema prethodno navedenoj podjeli pripadaju u prvu skupinu tekstilnih materijala i služe za vanjsku primjenu, tj. za pospješivanje zacjeljivanja rana. Danas na tržištu postoji veliki broj komercijalno dostupnih obloga od kojih su najpoznatije sljedeće:

- Acticoat silcryst (Smith and Nephew),
- Allevyn compression (Smith and Nephew),
- Actisorb Silver 220 (Johnson and Johnson),
- Vivamel (Tosama),
- Arglaes – Unomedical/Medline,
- Aquacel Ag (ConvaTec),
- Caligitrol (Biomedical Technologies Inc.),
- Contreet Foam (Coloplast),
- Contreet Hydrocolloid (Coloplast),
- Silverlon (Argentum Medical),
- SilvaSorb (Medline),
- Urgotul SSD (Laboratories Urgo, Parema) [7].

Tab.1 Udio srebra u medicinskim oblogama [8-10].

Medicinska obloga	Udio Ag (mg/100 cm ²)
Silverlon (Argentum Medical)	546
Caligitrol (Biomedical Technologies Inc.)	141
Acticoat silcryst (Smith and Nephew)	105
Contreet Foam (Coloplast)	85
Contreet Hydrocolloid (Coloplast)	32
Aquacel Ag (ConvaTec)	8,3
SilvaSorb (Medline)	5,3
Actisorb Silver 220 (Johnson and Johnson)	2,7
Arglaes powder (Unomedical/Medline)	6,87 mg/g

Udio srebra za neke od navedenih obloga prikazan je u tab.1.

Opće načelo djelovanja većine navedenih obloga je da se one u vremenu od 48 h na otvorenoj rani otapaju zbog interakcije s mikroorganizmima i drugim tijelima. Na taj način uklanjaju nekroze i pospješuju stvaranje „mlade kože“.

Neke od navedenih obloga sadrže apsorber ili superupijače, odnosno superapsorber (engl. superabsorber) koji imaju vrlo važnu ulogu u suvremenoj vlažnoj obradi rana gdje je dokazano da se u vlažnoj ali ne mokroj okolini postiže brže zacjeljivanje rane. Sposobnost primanja tekućine apsorberi postižu zbog ugradnje tekućine u molekularnu strukturu. Ako kod primanja vode ili vodene otopine tvore gelove nazivaju se hidrogelovi, a ako se radi o fino raspodijeljenim materijalima koristi se pojam hidrokolid [11].

Danas se najčešće upotrebljavaju sljedeći superapsorberi: alginati, hitosani, karboksimetilceluloze (CMC), poliakrilati, i dr.

Neke od navedenih obloga su na bazi deriviranih biopolimera i hidrogelova, a oni su na bazi kolagena i alginata. Kolagen pripada skupini više-funkcionalnih proteina koji se najčešće nalaze u kostima, koži, tetivama i ligamentima. Kolagen je biorazgradljiv i biokompatibilan, odnosno rijetko izaziva imunološke reakcije organizma. Zato je pogodan za primjenu u biomedicini za implantate, a u raznim modifikacijama kao nosač biomase ili aktivne supstancije lijeka.

Alginati pripadaju skupini polisaharida. Dobivaju se iz smeđih algi *lat. Ascophyllum nodosum* i vrlo često se koriste za dobivanje hidrogelova koji imaju veliku primjenu u medicini zbog svoje biokompatibilnosti. Za primjenu alginatnog hidrogela u medicini neophodno je poboljšanje njegovih mehaničkih svojstava tako da se umjesto ionski umreženih hidrogelova primjenjuju kovalentno umreženi alginatni hidrogelovi, nastali miješanjem alginata s odgovarajućim biokompatibilnim i biorazgradljivim polimerima prirodnog ili umjetnog porijekla, čiji su lanci znatno fleksibilniji u odnosu na krute lance polisaharida kakav je alginat [4]. Općenito struktura umjetnog materijala je pogodnija za primjenu budući da se može specifično podesiti za bolju potporu tjelesnih funkcija.

Od vlakana, za medicinske svrhe najčešće se upotrebljava pamuk. Pojedinačni promjer vlakna iznosi od 10 do 20 μm i zato ima otprilike istu veličinu kao ljudska stanica od 10 do 30 μm . Celuloza je osnovni materijal za karboksimetil celulozu (CMC). Kemijski umrežena CMC može djelovati kao apsorber koji može primiti do 300% vode [7].

Druga skupina obuhvaća suvremene materijale od umjetnih vlakana. Za medicinski tekstil pretežno se upotrebljavaju filamentni od polieterskih, polipropilenskih, polietilenskih i elastanskih vlakana. Kod membrana i laminata upotrebljavaju se djelomično isti materijali: poliuretanska vlakna, polieterska vlakna ili politetrafluor-etilenska vlakna (PTFE). Također se

koriste proizvodi s hidrofilnim i hidrofobnim svojstvima za ciljani transport vode na materijalima od umjetnih vlakana [5].

Treća skupina u medicinskom tekstilu podijeljena je prema načinu djelovanja:

- primanje vlage,
- antibakterijsko djelovanje i
- toplinska ugodnost.

Povećano razvijanje otpornosti mikroorganizama utječe na to da se pronađu alternative dosadašnjim dezinfekcijskim sredstvima ili liječenju antibioticima. Srebro je djelotvoran materijal koji sprječava rast bakterija u širokom spektru gram-pozitivnih i gram-negativnih bakterija. Ioni srebra zaustavljaju širenje bakterija time što oštećuju funkcionalne procese u stanicama bakterija. S obzirom na tu činjenicu, za tekstilne proizvode danas se upotrebljavaju srebrne niti ili filamentni naslojeni srebrom [5].

Dobivenim pregledom uočljivo je da jedan materijal ne može ispuniti sve zahtjeve; zato najsuvremeniji proizvodi sadrže više materijala, koji obuhvaćaju razne strukturne elemente, dodatne slojeve i tvari.

Za izradu određenih vrsta medicinskih proizvoda koriste se različiti tekstilni prerađivački procesi prerade kao tkanje, pletenje, vezenje, proizvodnja netkanog tekstila i dr. koji nude specifična rješenja za točno definirane zahtjeve medicinskih proizvoda s obzirom na to da svojstva individualno oblikovanih tekstilija određuju njihovu upotrebu.

Manje su poznate vezene strukture medicinskih obloga za kronične rane kod kojih je uočljiva trodimenzionalna vezena struktura s porama veličine od 10 do 100 μm , a što omogućuje da stanice i kapilare brzo zarastu. Proizvod se izrađuje na stroju za vezenje s čunčićima koji u načelu nalikuju šivanju i radi sa dva sustava niti. Nit se povezuje na naličju materijala pomoću niti čunčića, a posebnost strojeva dužine do 20 m je slobodan izbor uzoraka pomoću fleksibilnog okvira [7]. Na taj se način

može proizvoditi površinska struktura sa specijalnim veličinama pora na materijalu koje odgovaraju zahtjevima medicinskih obloga za kronične rane.

3. Metodika rada

Primjenom fizikalnih i kemijskih metoda provedena je karakterizacija različitih uzoraka medicinskih obloga za dijabetičko stopalo na kojima su utvrđivana sljedeća svojstva:

- provedena je karakterizacija slojeva uzoraka za ispitivanje,
- određen je sirovinski sastav komponentata mikroskopskom analizom uz primjenu specifičnih reagensa te mikroskopskim određivanjem tališta,
- analiziran je izgled površine uzorka primjenom Dino-Lite digitalnog mikroskopa,
- ispitana je sposobnost otapanja u destiliranoj vodi,
- ispitana je sposobnost otapanja u fiziološkoj otopini,
- određene su spektroskopske karakteristike uzoraka primjenom FTIR (spektroskopija Fourierovom transformacijom u infracrvenom području) uz dodatak za površinsku analizu (FTIR-ATR),
- provedeno je ispitivanje djelotvornosti uzoraka u liječenju rana.

Na temelju provedenih ispitivanja doneseni su odgovarajući zaključci.

3.1. Uzorci za ispitivanje

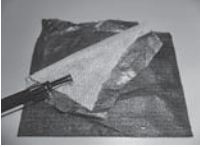
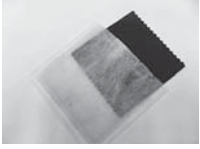
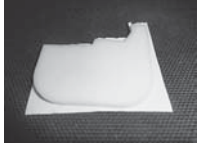
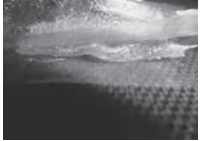
Oznake uzoraka četiriju vrsta ispitivanih obloga deklariranih kao Acticoat silcryst, Actisorb silver, Allevyn compression i Vivamel navedene su u tab.2. Ispitivani uzorci označeni su brojevima od 1 do 4, a korišteni su tijekom eksperimentalnog dijela.

3.2. Metode ispitivanja

3.2.1. Određivanje sirovinskog sastava

Sirovinski sastav je određen mikroskopiranjem pomoću specifičnih reagensa, a potom je na mikroskopu za određivanje tališta određena točka taljenja. Mikroskopiranje pomoću

Tab.2 Oznake i izgled ispitivanih uzoraka

Uzorak	Oznaka uzorka	Proizvođač	Izgled uzorka
1	Acticoat silcryst	Smith & Nephew Medical Limited Hull HU3 Engleska	
2	Actisorb silver 220	Johnson & Johnson Medical Limited Gargrave, Skipton UK	
3	Allevyn compression	Smith & Nephew Medical Limited Hull HU3 Engleska	
4	Vivamel	Tosama d.o.o. Domžale, Slovenija	

specifičnih reagensa i otapala provedeno je metodama analize sirovinskog sastava prema Pravilnicima iz Narodnih novina br. 41/2010 (Pravilnik o sirovinskom sastavu i nazivima tekstila, Pravilnik o određenim metodama kvantitativne analize dvokomponentnih mješavina tekstilnih vlakana i Pravilnik o metodama kvantitativne analize trokomponentnih mješavina tekstilnih vlakana) [12].

Na posebnom mikroskopu za određivanje tališta tvrtke Reichert praćene su promjene na vlaknima do kojih dolazi pod utjecajem topline. Promjene na vlaknima registriraju se kao početak savijanja vlakana, gubitak oblika i konačno kao taljenje vlakana, tj. nastajanje polimerne taljevine. Mikroskop je opremljen okularom povećanja 10x, a grijani stolić omogućuje taljenje u području do 350 °C.

3.2.2. Određivanje karakteristika površine

Površina ispitivanih uzoraka pretraživana je i analizirana pomoću sustava Dino-Lite za mikroskopiranje. Korišten je Dino-Lite Pro AM413T digitalni mikroskop rezolucije 1,3

megapiksela s mogućnošću povećanja do 200x, a koji je računalno povezan. Snimkama se nastojalo utvrditi morfološke karakteristike, prisutnost čestica srebra i njihova raspoređenost. Ispitivanje morfoloških promjena za potrebe ovog rada provedeno je uz različita povećanja od 60 do 160x.

3.2.3. Ispitivanje sposobnosti otapanja

Na ispitivanim uzorcima provedeno je ispitivanje sposobnosti otapanja u destiliranoj vodi i fiziološkoj otopini. S obzirom na visoku nabavnu cijenu i malu količinu ispitivanih uzoraka, metoda ispitivanja sposobnosti otapanja provedena je na način da se uzela ista početna masa svakog uzorka, a potom se dodala određena količina destilirane vode ili fiziološke otopine.

Postupak ispitivanja sposobnosti otapanja u destiliranoj i fiziološkoj otopini proveo se na isti način u laboratorijskim čašama, u sušioniku na temperaturi ljudskog tijela (37 °C) u vremenu od 48 h.

3.2.4. Analiza funkcionalnih skupina primjenom FTIR-ATR spektrofotometra

Analiza ispitivanih uzoraka provedena je spektroskopijom u infracrvenom području na aparatu Perkin Elmer Spectrum 100 FTIR, uz ATR dodatak za površinsku analizu (FTIR-ATR) i programski paket Spectrum. Spektri su snimani u području valnih brojeva od 400 do 4000 cm^{-1} pri sobnoj temperaturi. Mjerenja su provedena u Zavodu za tekstilno-kemijsku tehnologiju i ekologiju Tekstilno-tehnološkog fakulteta.

3.2.5. Ispitivanje djelotvornosti uzoraka

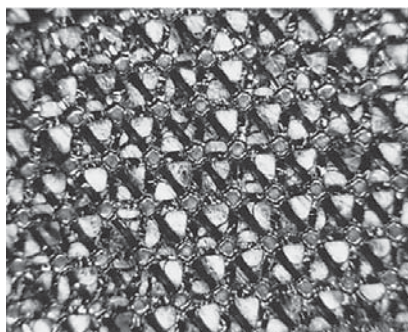
Postupci ispitivanja djelotvornosti uzoraka, tj. ispitivanje antimikrobnog i antifungalnog djelovanja uobičajeno se provodi u mikrobiološkim laboratorijima prema za to postojećim normama, a o čemu su pisali S. Bischof Vukušić S. i sur. [13]. Ovim radom želio se postići iskorak te je za potrebe ovog rada djelotvornost uzoraka ispitana na konkretnom primjeru, tj. bolesniku s dijabetičkim stopalom, a u suradnji s prim. dr. sc. Dubravkom Huljevom dr. med., Kliničkom bolnicom sv. Duh i Poliklinikom za baromedicinu OXY – Podružnica Zagreb, KB Dubrava koji su za potrebe diplomskog i ovog rada ustupili slike snimljene tijekom svake faze liječenja [14]. Liječenje kroničnih rana prikazanih u ovom radu trajalo je godinu dana.

Ovaj način suradnje i dobiveni rezultati predstavljaju velik znanstveni iskorak u području medicinskog tekstila, tj. tehničkog tekstila i uopće tekstilno-kemijske tehnologije.

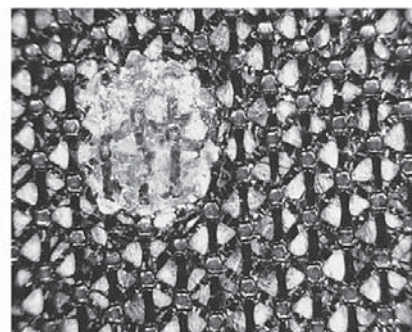
4. Rezultati ispitivanja i rasprava

4.1. Rezultati određivanja konstrukcijskih karakteristika i sirovinskog sastava

Određivanjem konstrukcijskih karakteristika uočeno je da su svi ispitivani uzorci višeslojni i različitog sirovin-



lice



naličje

Sl.2 Snimke površine lica i naličja prvog sloja pomoću sustava za mikroskopiranje Dino-Lite (povećanje 60x)

skog sastava, a snimke površina lica i naličja su prikazani na sl.2-11.

4.1.1. Uzorak 1

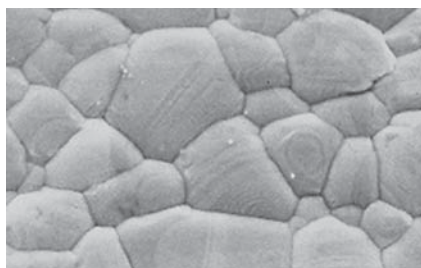
Uzorak 1 (Acticoat) je uzorak koji je na tržištu zamijenio obloge koje sadrže srebrov-sulfadiazin (SSD) i kloroheksidin (Silvazine). Dekompozicijom uzorka utvrđeno je da je riječ o troslojnom uzorku. Gornji (prvi) sloj i donji (treći) sloj su jednaki po svim konstrukcijskim karakteristikama, a kasnije je utvrđeno i jednakog sirovinskog sastava. U sredini se nalazi sloj netkanog tekstila koji je postupkom laminiranja spojen s gornjim i donjim slojem (sl.4).

Prvi sloj je na licu tamnoplave boje metalnog odsjaja i ta se strana prema uputi proizvođača, stavlja na ranu (sl.2). Na naličju se vidi ostatak ljepila nakon postupka laminiranja. Određivanjem točke taljenja prvog i trećeg sloja, čije su vrijednosti bile u

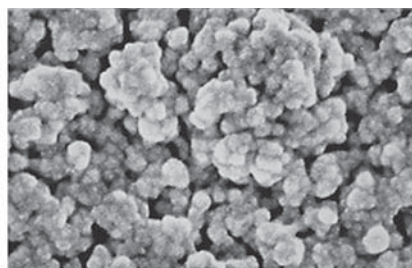
rasponu od 115 °C do 125 °C, utvrđeno je da je riječ o polietilenskom vlaknu velike gustoće (PE HD). Prvi i treći sloj su vrlo važni budući da sadrže srebro u nanokristalnom obliku (99,99%) gdje se prema proizvođačevoj uputi nalazi $0,25 \pm 0,4$ mg srebra po mg polietilenskog vlakna velike gustoće [15].

Srebro je nasloženo s obje strane prvog i trećeg sloja, gdje je nasloj vrlo porozan i sastoji se od nanokristala srebra koji su organizirani u vrlo grube stupolike strukture. Takva jedinstvena fizička struktura u kombinaciji s atomima i molekulama kisika, koji su zarobljeni u kristalnoj rešetki, doprinosi boljoj topljivosti filma koji postupno otpušta srebro sve dok se ne postigne koncentracija u otopini od 66 mg/l, a što je 50 do 100 puta veća razina od očekivane, tj. tipičnih nakupina djelića srebra.

Uobičajena kristalna struktura srebra



Srebro u nanokristalnom obliku



Prilikom normalne (uobičajene) kristalizacije srebra oblikuju se čestice veličine mikrona koje pričinjavaju jedna na drugu, smanjujući time mogućnost aktivacije površine pri kontaktu s vodom i otpuštanje srebra.

Struktura srebra u sustavu ActicoatTM potvrđena je skenirajućim pretražnim mikroskopom u uputama proizvođača. Srebrni sloj sastoji se od nanokristala koji izloženi vodi vrlo brzo postupno otpuštaju srebrove ione, odnosno radikale.

Sl.3 Prikaz srebra u kristalnom i nanokristalnom obliku [15]

Srebro u kristalnom obliku naslojava obje strane prvog i trećeg sloja uzorka 1, gdje mu srednji sloj osigurava vlagu za njegovo postupno otpuštanje. Kada se nasloženo srebro navlaži sa sterilnom vodom počinje kontinuirano otpuštanje Ag^+ i sličnih srebrovih radikala tijekom narednih dana. Srebro se otpušta sve dok mu to osigurava vlaga iz srednjeg sloja.

Dosadašnji objavljeni radovi upućuju na to da postupno otpuštanje srebra u medicinskim oblogama omogućuje brzo i potpuno uništenje esencijalno svih pronađenih patogenih organizama na rani [15].

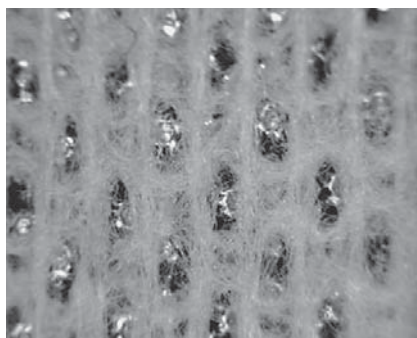
Određivanjem točke taljenja srednjeg sloja, utvrđeno je da je riječ o polieterskom vlaknu ($T_t = 235\text{--}245\text{ }^\circ\text{C}$), a mikroskopiranjem u specifičnim reagensima utvrđeno je da je riječ o mješavini viskoznog i polieterskog vlakna.

Načelo djelovanja uzorka 1, tj. otpuštanja srebra u ionskom obliku prikazan je na sl.5 gdje oba srebrna sloja otpuštaju srebro u ionskom obliku nakon kontakta s vodom.

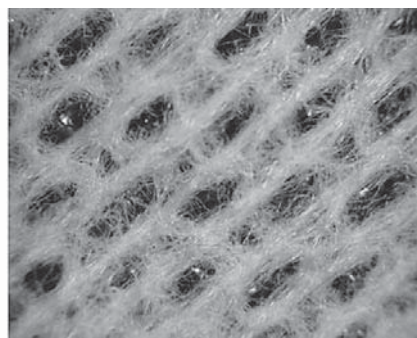
4.1.2. Uzorak 2

Uzorak 2 (Actisorb silver 2) je uzorak koji je izrađen na način da se aktivni sloj (9,2 x 9,2 cm) zaslužan za cijeljenje rane nalazi između dva istovrsna sloja (10,5 x 10,5 cm) koji su međusobno spojeni duž ruba, tako da je aktivni sloj sa svih strana zatvoren poput jastuka u jastučnici.

„Jastučnica“, tj. istovrsni sloj je netkani tekstil, a određivanjem točke taljenja utvrđeno je da je riječ o polia-

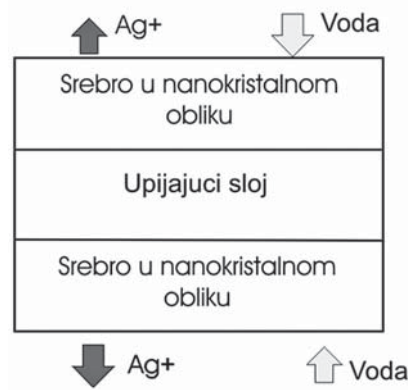


lice

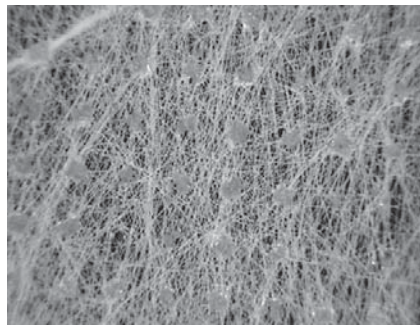


naličje

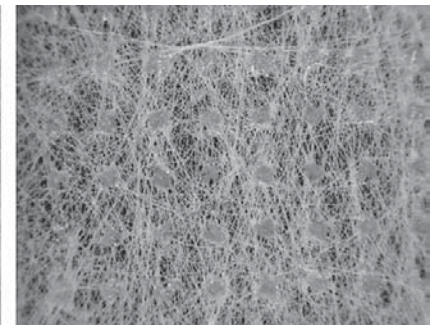
Sl.4 Snimke površine lica i naličja drugog sloja pomoću sustava za mikroskopiranje Dino-Lite (povećanje 60x)



Sl.5 Otpuštanje srebra u ionskom obliku

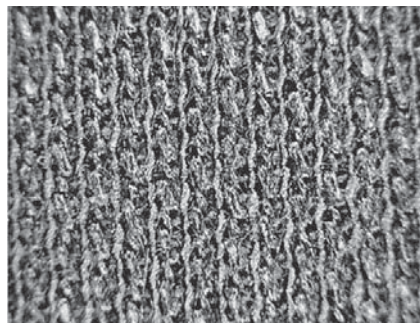


lice



naličje

Sl.6 Snimke površine lica i naličja vanjskog sloja pomoću sustava za mikroskopiranje Dino-Lite (povećanje 60x)



lice

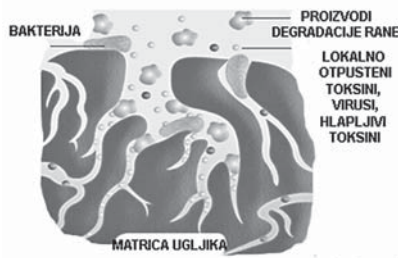


naličje

Sl.7 Snimke površine lica i naličja aktivnog sloja pomoću sustava za mikroskopiranje Dino-Lite (povećanje 60x)

sa. Bakterija prisutna u eksudatu rane također se upija u vanjski sloj, tj. njegovom razgradnjom dolazi u kontakt s aktivnim slojem koji otpušta svoju aktivnu komponentu – srebro u ionskom obliku, a što dovodi do uništenja bakterija i širokog spektra patogenih organizama. Mehanizam djelovanja uzorka prikazan je na sl.8.

Za ovo načelo djelovanja se tvrdi da uništava kolonije bakterija na rani i tako inhibira infekciju bez popratnih problema koji se inače pripisuju upo-



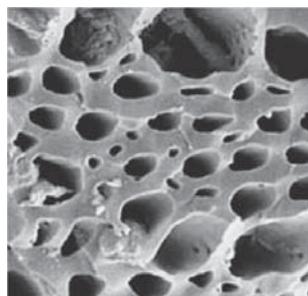
Sl.8 Mehanizam djelovanja uzorka ActisorbTM silver 220 [17]

rabi ciljanih antibiotika i antiseptika [16].

Sposobnost upijanja aktivnog ugljena kroz otvorene makro- i mikropore ugljikove matrice prikazana je na sl.9.

Aktivni ugljen (aktivni ugljik, i dr.) je ugljen obično biljnog podrijetla na način da je aktiviran za apsorpciju zagrijavanjem ili parenjem pri 1000 °C bez prisutnosti kisika u vakuumu [18]. Ima iznimno veliku površinu i volumen pora koji mu daje jedinstvena upijajuća svojstva [19]. Za aktivni ugljen i njegovu djelotvornost karakteristična je struktura ugljika koja sadrži velik broj pora različitog promjera i dužina. Ukupna raspoloživa površina za upijanje kreće se od 400 do 1200 m² po gramu aktivnog ugljena i može doseći do 5000 m² [17].

Apsorpcijska svojstva aktivnog ugljena koriste se jako dugo za čišćenje tekućina od bakterija, endo- i egzotoksina, a što ima značajan utjecaj u



Sl.9 Mikroskopski prikaz porozne strukture aktivnog ugljena [17]

obradi kroničnih rana [20]. Eksperimentalni podaci pokazali su da aktivni ugljen može apsorbirati bakterije, viruse, različite biospojive i dr. i *in vitro* i *in vivo* [21].

Uzorak 2 je uzorak koji se na tržištu Velike Britanije nalazi pod imenom

ActisorbTM silver 220, a u Francuskoj kao ActisorbTM Ag⁺.

4.1.3. Uzorak 3

Uzorak 3 (Allevyn compression) je visokoupijajuća dvoslojna antimikrobna obloga, koja se sastoji od upijajućeg spužvastog sloja koji sadrži srebrov-sulfadiazin (SSD) i mikroporozni sloj (sloj koji diše). SSD se koristi kao ciljano antimikrobno sredstvo kod opekotina i mnogih drugih „teških“ rana već više od pola stoljeća. Dokazano djeluje spram širokog spektra uobičajenih patogenih mikroorganizama [22].

Određivanjem točke taljenja srednjeg (spužvastog) sloja uzorka 3 (sl.10), utvrđeno je da je riječ o poliuretanskom vlaknu (T_t = 220-280 °C), a mikroskopiranjem u specifičnim reagensima utvrđeno je da je tkanina na naličju također po sirovinskom sastavu poliuretansko vlakno.

Uzorak 3 i njegova svojstva konstruirana su na način da osiguravaju potrebnu vlagu na rani. Višak eksudata se upija u hidromolekularnu strukturu pjene, a koji potom isparava kroz mikroporozni sloj. Upijanjem eksudata povećava se propusnost obloge koja sprječava zasićenje hidromolekularne strukture i rizik od macera-

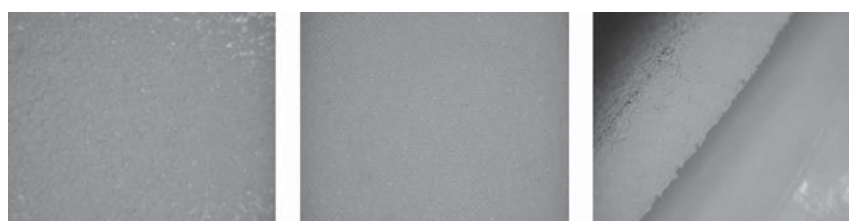
cije kože oko rane ili curenje eksudata, što je najčešći problem drugih obloga.

Prema uputi proizvođača SSD čestice su ravnomjerno raspoređene unutar strukture srednjeg sloja obloge (poliuretanski sloj) čija je glavna zadaća upijanje. Kako se eksudat upija u središnji sloj i udaljava od rane (načelo usisavanja), postiže se antimikrobna aktivnost budući da se taj trenutak zapravo označava kao okidač za otpuštanje pozitivno nabijenih srebrovih iona u koncentracijama većim od 40 ppm u vremenu od 7 dana.

4.1.4. Uzorak 4

Uzorak 4 (Vivamel) prema proizvođačevoj deklaraciji je obloga na bazi meda s kalcij-alginatnim vlaknima. Med, koji je pomiješan s alginatnim vlaknima nalazi se između dviju folija gdje se jedna odljepljuje prije stavljanja na ranu kako bi se omogućio izravan kontakt meda s ranom.

Provjeri proizvođačke deklaracije u ovom se radu nije pristupilo budući da su ispitivanja dugotrajna, usko specijalizirana, a prema Pravilniku o kakvoći uniflornog meda, med se označava prema određenoj biljnoj vrsti ako u netopljivom sedimentu sadrži

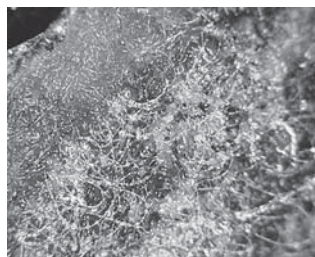


lice („spužva“)

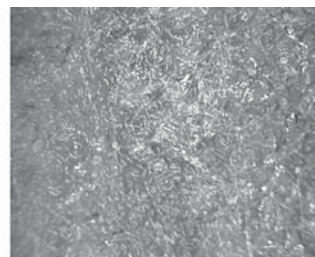
naličje (tkanina)

poprečni presjek

Sl.10 Snimke površine lica i naličja vanjskog sloja, te poprečnog presjeka uzorka 3 pomoću ustava za mikroskopiranje Dino-Lite (povećanje 60x)



lice



naličje

Sl.11 Snimke površine lica i naličja vanjskog sloja uzorka 4 pomoću sustava za mikroskopiranje Dino-Lite (povećanje 60x)

najmanje 45% peludnih zrnaca iste vrste [23].

Med od kestena vrlo je bogat izvor vitamina i minerala (posebno kalcija, mangana i kalija). Ima visok udio šećera (najmanje 80%), niski udio vode (najviše 17%) i niski pH. Sve navedene karakteristike omogućuju mu visoku osmotsku aktivnost, koja stvara okruženje nepovoljno za rast mikroorganizama.

Alginatna vlakna dobivena su iz morskih algi i u doticaju s ranom stvaraju gel koji okolinu rane održava vlažnom. Sami alginati imaju visoku sposobnost upijanja sekreta, pri čemu se natrijevi ioni iz rane izmjenjuju s kalcijevim ionima iz obloga, što pruža dodatni hemostatski učinak [24].

4.2. Rezultati ispitivanja sposobnosti otapanja

Ispitivanje sposobnosti otapanja provedeno je uz dodatak destilirane vode i fiziološke otopine kao otapala. Korištena je destilirana voda iz laboratorijskog destilatora elektrovodljivosti $0,8 \cdot 10^{-6} \text{ S cm}^{-1}$ i komercijalno dobavljiva 0,9% fiziološka otopina (1000 ml otopine sadržava 9 g natrijevog klorida) Hrvatskog Zavoda za transfuzijsku medicinu.

Ispitivanje sposobnosti otapanja ispitivanih uzoraka za oba otapala provedeno je na jednak način:

1. svakom uzorku uzeta je ista početna masa (za otapanje u destiliranoj vodi i fiziološkoj otopini),
2. uzorci su stavljeni u laboratorijske čaše,

3. uzorci su preliveni ovisno o masi s 10 ml otapala (1 g uzorka - 10 ml otapala),
4. potom su stavljeni u sušionik na 24 h (pokriveni aluminijskom folijom) pri temperaturi od 37 °C,
5. uzorcima kod kojih nije došlo do promjene (otapanja) dodana je druga serija otapala, tj. uzorci su preliveni, ovisno o masi, sa 20 ml otapala (1 g uzorka - 20 ml otapala),
6. potom su stavljeni u sušionik (pokriveni aluminijskom folijom) na 24 h pri temperaturi od 37 °C,
7. uzorci su izvagani.

Neovisno o korištenom otapalu jedino je kod uzorka br. 3 došlo do promjene, tj. on je nabubrio, a što je bilo za očekivati obzirom na to da on sadrži čestice SAP-a, tj. superupijajućeg, odnosno superapsorptivnog polimera (sl.12).

Rezultati ispitivanja sposobnosti otapanja uz dodatak destilirane vode i fiziološke otopine kao otapala nisu se pokazali signifikantnima budući da nije došlo do željenoga, tj. otapanja ispitivanih uzoraka. Budući da prilikom ispitivanja otapanja nismo

imali ranu na kojoj bi se otapanje promatralo (lat. *in-vivo*), a koja svojom strukturom i prisutnim bakterijama, gljivicama i sl. tome doprinosi, ovaj se način ispitivanja ne može ozbiljno prihvatiti. Najbolji pokazatelj otapanja i ponašanja uzoraka je kasnije ispitana djelotvornost uzoraka, tj. medicinskih obloga na konkretnom primjeru, tj. bolesniku s dijabetičkim stopalom.

4.3. Rezultati analize funkcionalnih skupina primjenom FTIR-ATR spektrometra

Medicinske obloge za dijabetičko stopalo karakterizirane su infracrvenom spektroskopijom radi utvrđivanja skupina karakterističnih za strukturu polimera, tj. za kemijsku strukturu ispitivane tvari. IR-spektroskopija je vrlo česta metoda karakterizacije polimera gdje postoji nekoliko pravila koja pomažu pri interpretaciji spektra odnosno identifikaciji strukture nepoznatog spoja. Konačna potvrda o kemijskoj strukturi postiže se usporedbom dobivenog IR-spektra sa



Sl.12 Uzorak br. 3 prije i poslije dodavanja otapala

Tab.3 Mase ispitivanih uzoraka i dodane količine otapala

Uzorak/otapalo	$m_{uz.prije}$ [g]	$V_{ot.1}$ [ml]	$V_{ot.2}$ [ml]	$m_{uz.poslije}$ [g]	Δm [%]	V_{uk} [ml]
1	destilirana H ₂ O	0,0629	0,63	1,26	0,0831	32,1
	fiziološka otop.	0,0629	0,63	1,26	0,0802	27,5
2	destilirana H ₂ O	0,1219	1,2	2,4	0,1498	22,9
	fiziološka otop.	0,1219	1,2	2,4	0,1482	21,6
3	destilirana H ₂ O	0,3442	3,4	6,9	1,0423	202,8
	fiziološka otop.	0,3442	3,4	6,9	1,0382	201,6
4	destilirana H ₂ O	0,0468	0,47	0,9	0,0640	36,8
	fiziološka otop.	0,0468	0,47	0,9	0,0652	39,3

$V_{ot.1}$ - volumen dodan ovisno o masi uzorka (1 g uzorka - 10 ml otapala), $V_{ot.2}$ - volumen dodan ovisno o masi uzorka (1 g uzorka - 20 ml otapala).

spektrom pretpostavljenog spoja, navedenim u literaturi (baza podataka) ili bazi podataka u računalu. Računalo pretražuje područje preklapanja frekvencija i intenziteta eksperimentom određenih apsorpcijskih vrpca s vrpca iz pohranjenih spektara i daje ime spoja ili spojeva najvećeg koeficijenta (%) sličnosti [25]. Zbog preklapanja velikog broja vrpca ponekad

je teško odrediti koje veze nastaju, a koje nestaju budući da se u ispitivanom području javljaju temeljne molekularne vibracije koje obuhvaćaju:

- promjenu duljine veze, tj. rastezanje veze (engl. stretching),
- promjenu kuta između veza, tj. savijanje veze (engl. bending) [25].

Zbog toga se ovoj analizi pristupilo vrlo oprezno. Na samom početku asi-

gnacije vrpca za pojedine polimere preuzete su iz literature [25].

Rezultati određivanja spektroskopskih karakteristika ispitivanih uzoraka prikazani su od sl.13-18.

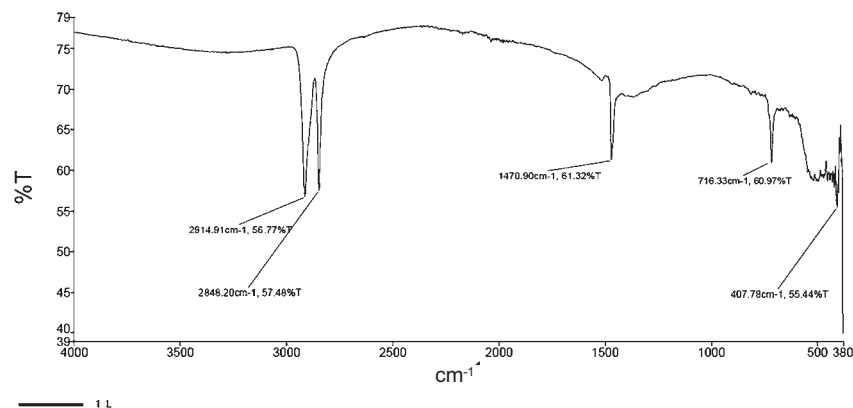
Iz spektra za uzorak 1 koji je snimljen na licu prvog sloja prikazanog na sl.13 uočavaju se vrpce pri 2915 cm^{-1} , 1470 cm^{-1} , 716 cm^{-1} , 497 cm^{-1} , 420 cm^{-1} i 407 cm^{-1} .

Oštra i jaka vrpca pri 2915 cm^{-1} ukazuje na prisustvo C-H veze. Vrpca pri 1470 cm^{-1} , zatim područje bez apsorpcijskih vrpca od 1300 do 800 cm^{-1} te jaki i oštri dublet na 719 cm^{-1} ukazuje na karakteristične vrpce, tj. spektar polietilena, a što se podudara s rezultatima određivanja točke taljenja.

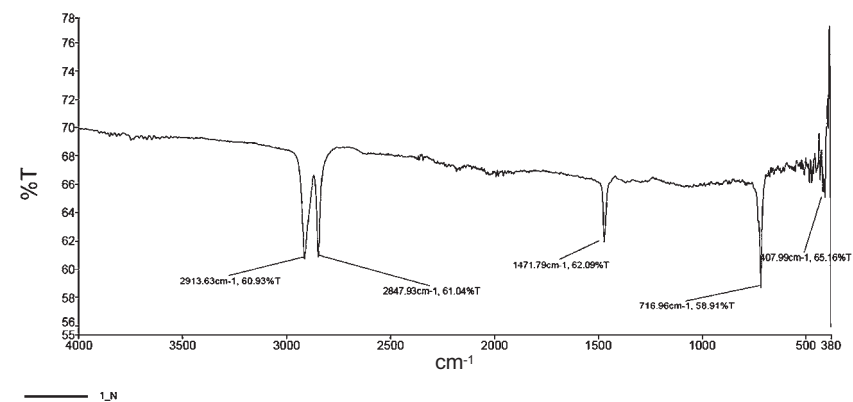
Iz spektra za uzorak 1 koji je snimljen na naličju prvog sloja (sl.14) uočavaju se vrpce pri 2913 cm^{-1} , 1471 cm^{-1} , 716 cm^{-1} , 497 cm^{-1} , 431 cm^{-1} i 407 cm^{-1} . Navedene vrpce odgovaraju vrpca prethodnog spektra, tj. uzorka 1 s lica tako da se obzirom na to može zaključiti da vrpca pri 1470 cm^{-1} , zatim područje bez apsorpcijskih vrpca od 1300 do 800 cm^{-1} te jaki i oštri dublet na 719 cm^{-1} ukazuju na karakteristične vrpce, tj. spektar polietilenskog vlakna.

Iz spektra za uzorak 2 (2. sloj sredina) prikazanog na sl.15 mogu se očitati vrpce pri 3323 cm^{-1} , 2889 cm^{-1} , 1713 cm^{-1} , 1408 cm^{-1} , 1339 cm^{-1} , 1241 cm^{-1} , 1017 cm^{-1} , 895 cm^{-1} , 723 cm^{-1} , 471 cm^{-1} , 451 cm^{-1} , 429 cm^{-1} i 411 cm^{-1} . Navedene apsorpcijske vrpce upućuju na složeni uzorak, što znači da je riječ o dvokomponentnom uzorku budući da područje s apsorpcijskim vrpca između 1600 - 850 cm^{-1} upućuje da bi se moglo raditi o viskoznom vlaknu. „Potvrđne“ apsorpcijske vrpce za viskozno vlakno prema skupini autora su 1339 cm^{-1} (-OH, celuloza I - 1336 cm^{-1} ; celuloza II - 1335 cm^{-1}) i 893 cm^{-1} (grupa C1 atoma - celuloza I (895 cm^{-1}) i celuloza II (893 cm^{-1})) [26].

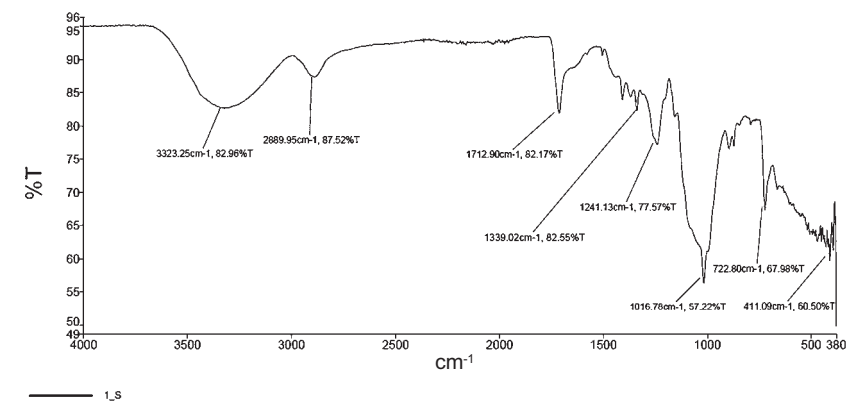
Da bi se moglo raditi o polieterskom vlaknu navode sljedeće apsorpcijske vrpce 3323 cm^{-1} , 2889 cm^{-1} i 1730 cm^{-1} , a to se definitivno potvrđuje tek na temelju detaljno pregledane litera-



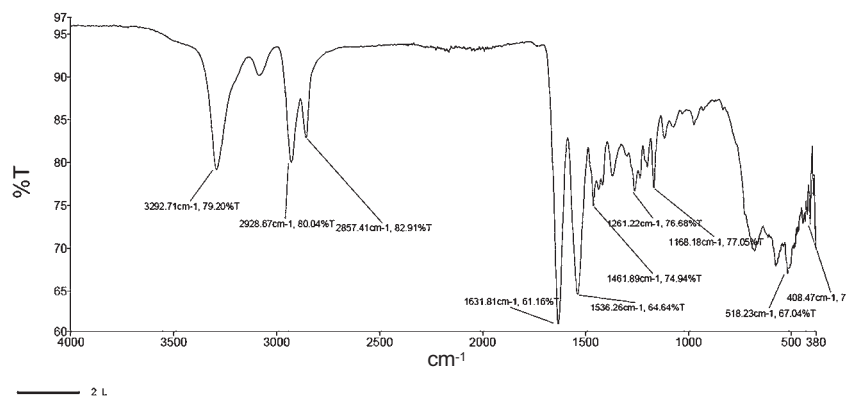
Sl.13 FTIR spektri uzorka 1 (1. sloj - lice)



Sl.14 FTIR spektri uzorka 1 (1. sloj - naličje)



Sl.15 FTIR spektri uzorka 1 (2. sloj - sredina)



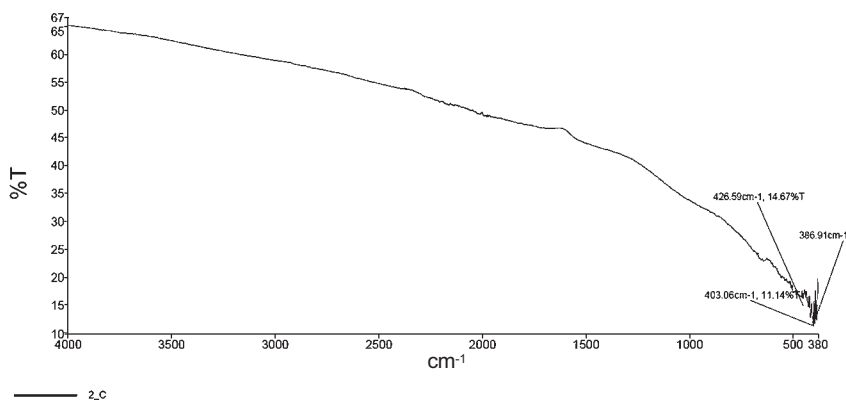
Sl.16 FTIR spektri uzorka 2 (1. sloj – vanjski)

ture ali i rezultata određivanja točke taljenja [27].

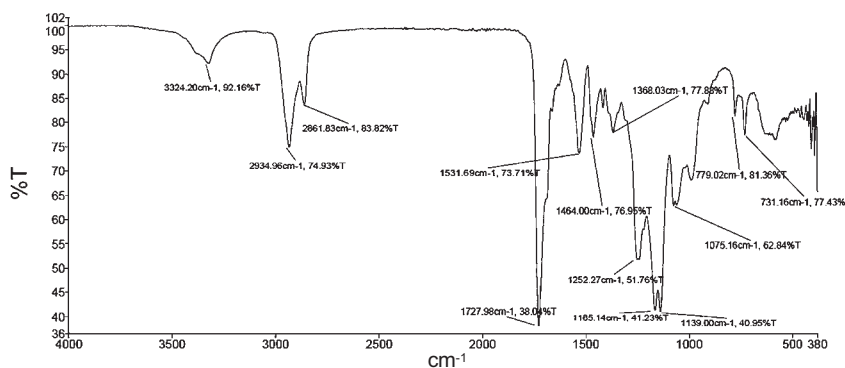
Iz spektra prikazanog na sl.16 mogu se očitati se sljedeće vrpce za prvi sloj uzorka 2: 3293 cm^{-1} , 3087 cm^{-1} , 2929 cm^{-1} , 2857 cm^{-1} , 1631 cm^{-1} , 1536 cm^{-1} , 1461 cm^{-1} , 1368 cm^{-1} , 1261 cm^{-1} , 1168 cm^{-1} , 1200 cm^{-1} , 1116 cm^{-1} , 679 cm^{-1} , 576 cm^{-1} , 518 cm^{-1} , 408 cm^{-1} i 394 cm^{-1} .

Na temelju pregledane literature, a iz navedenih apsorpcijskih vrpca uočava

se da 3293 cm^{-1} i 3087 cm^{-1} odgovara N-H, 2929 cm^{-1} i 2857 cm^{-1} odgovara CH_2 , 1631 cm^{-1} odgovara amidu I, 1536 cm^{-1} odgovara amidu II, 1461 cm^{-1} CH_2 , a 1261 cm^{-1} odgovara amidu III. Na temelju toga, a na osnovi literaturnih podataka može se zaključiti da bi uzorak 2 (1. sloja - vanjski) odgovarao poliamidnom vlaknu.



Sl.17 FTIR spektri uzorka 2 (2. sloj – unutarnji)



Sl.18 FTIR spektri uzorka 3

Neobičan spektar prikazan na sl.17 upućuje da je riječ o uzorku koji je degradiran, tj. da je bio podvrgnut postupku u kojem je „izgubio“ svoja osnovna obilježja odnosno karakteristične apsorpcijske vrpce. S obzirom na to da se prilikom karakterizacije uzorka pretpostavilo da je riječ o karboniziranom viskoznom vlaknu, ovakav spektar takvu pretpostavku i potvrđuje.

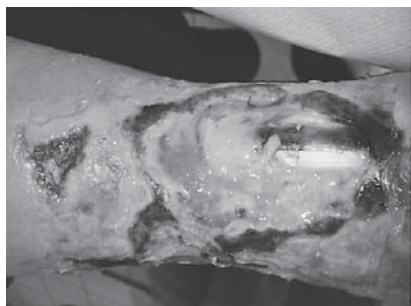
Apsorpcijske vrpce spektra za uzorak 3 prikazane na sl.18 upućuju na složenost uzorka, tj. da se najvjerojatnije radi o dvokomponentnom uzorku, budući da je za SAP prema nekim izvorima karakteristično područje oko 3200 cm^{-1} (O-H, N-H) i 1700 cm^{-1} (C=O), a za PUR 3333 cm^{-1} ($-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H}$), 1530 cm^{-1} ($-\text{NO}_2$, asimetrično istezanje) i 1050 cm^{-1} (C-O) [28, 29].

4.4. Rezultati ispitivanja djelotvornosti uzoraka

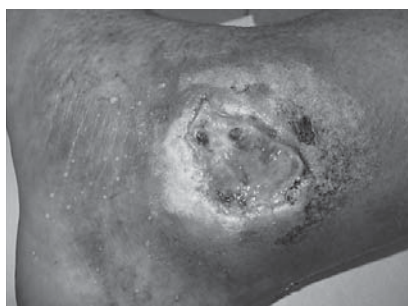
Kao što je bilo prethodno navedeno, za potrebe ovoga rada djelotvornost uzoraka - medicinskih obloga za dijabetičko stopalo ispitana je na konkretnom primjeru, tj. bolesniku s teškim slučajem dijabetičkog stopala, a u suradnji s prim. dr. sc. Dubravkom Huljevom dr. med., Kliničkom bolnicom sv. Duh i Poliklinikom za baromedicinu OXY – Podružnica Zagreb, KB Dubrava koji su za potrebe ovoga rada ustupili slike snimljene tijekom liječenja, a koje je trajalo godinu dana. Djelotvornost ispitivanih uzoraka uz kratko objašnjenje prikazana je od sl.19 do sl.23.

Zbog infekcije i neugodnog mirisa rane (sl.19) koristio se Actisorb silver (uzorak 2) [30].

Zbog fibrinskih naslaga koje sprječavaju cijeljenje rane (sl.20) radio se debridement i stavljao se Acticoat (uzorak 1) i Allevyn (uzorak 3) [30]. Na sl.21 prikazana je rana koja se u sredini nakon upotrebe acticoat i allevyn kao sekundarne obloge očistila od fibrinskih naslaga međutim i one su dalje bile prisutne u rubnom dijelu pa se nastavljalo s debridementom ili odstranjivanjem žutih naslaga te se



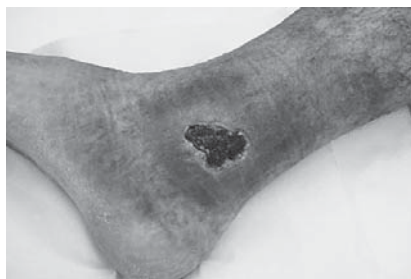
Sl.19 Duboka inficirana rana



Sl.20 Rana s fibrinskim naslagama



Sl.21 Složena rana nakon čišćenja fibrinskih naslaga s komplikacijama



Sl.22 Rana s otečenim tkivom i granulacijama



Sl.23 Rana u završnoj fazi zacjeljivanja

stavljao samo Allevyn (uzorak 3) [30].

Tkivo rane prikazane na sl.22 je očišćeno, ali i dalje su prisutne granulacije te se u liječenju primjenjuje Vivamel (obloga od meda, uzorak 4) [30].

Rana prikazana na sl.23 je gotovo zacijelila te se nastavlja s primjenom Vivamela (uzorak 4) dok se ne zatvori i i najmanji ulkus [30].

Uzorak pod nazivom Actisorb silver (uzorak 2) koristio se za prvi stadij bolesti gdje se pokazao izvrsnim kod infekcije i neugodnog mirisa, dok su se Acticoat silcryst (uzorak 1) i Allevyn compression (uzorak 3) pokazali izvrsnima kod fibrinskih naslaga koje su sprječavale cijeljenje. U sredini je nakon upotrebe Acticoat silcryst (uzorak 1) i Allevyna compression (uzorak 3) kao sekundarne obloge očišćena rana od fibrinskih naslaga međutim one su i dalje bile prisutne u rubnom dijelu pa se nastavilo s debridementom ili odstranjivanjem žutih naslaga, a liječenje se nastavilo samo Allevynom compression (uzorak 3). Nakon što je tkivo očišćeno, s obzirom na prisutne granulacije na red je došla obloga od meda, tj. Vivamel

(uzorak 4). Obloga na bazi meda se koristila dok se na rani nije zatvorio i najmanji ulkus.

5. Zaključak

Na temelju rezultata provedenih istraživanja mogu se donijeti sljedeći zaključci:

- određivanjem konstrukcijskih karakteristika uočeno je da su svi ispitivani uzorci višeslojni, različitog sirovinskog sastava i različitog stupnja djelotvornosti,
- prevladavaju vlakna umjetnog porijekla, a što nije iznenađujuće s obzirom na to da se kod njih mogu „podesiti“ željena svojstva, a s druge strane nisu hranjiva podloga za mikroorganizme,
- tri obloge sadrže srebro, a za uzorak 1 srebro je deklarirano kao nanokristalno srebro čija je prednost da vrlo brzo i lako otpušta srebrove ione, a što omogućuje brzo i potpuno uništenje esencijalno svih pronađenih patogenih organizama na rani,
- uzorak 4 je „prirodni“ uzorak na bazi meda s kalcij-alginatnim vlaknima,

- za med je poznato da je vrlo bogat izvor vitamina i minerala, uz visok udio šećera i niski udio vode, a što mu omogućuje visoku osmotsku aktivnost, koja stvara nepovoljno okruženje za razvoj mikroorganizama,
- alginata vlakna imaju važnu ulogu upijanja sekreta iz rane, pri čemu dolazi do izmjene natrijevih iona iz rane s kalcijevim ionima iz obloge, što pruža dodatni hemostatski učinak,
- ispitivane obloge su izrađene najsuremenijim tekstilnim prerađivačkim procesima uz dodatak antimikrobnih i sličnih sredstava ovisno o namjeni,
- rezultati ispitivanja sposobnosti otapanja uz dodatak destilirane vode i fiziološke otopine kao otapala nisu se pokazali signifikantnima, budući da nije došlo do željenoga, tj. otapanja ispitivanih uzoraka,
- budući da prilikom ispitivanja otapanja nije bilo rane na kojoj bi se otapanje promatralo (lat. *in-vivo*), a koja svojom strukturom i prisutnim bakterijama, gljivicama i sl. tome doprinosi, ovaj se način ispitivanja ne može ozbiljno prihvatiti,
- najbolji pokazatelj otapanja i ponašanja analiziranih uzoraka je ispitana djelotvornost uzoraka, tj. medicinskih obloga na konkretnom primjeru, tj. bolesniku s dijabetičkim stopalom.

Izvedeni zaključci i istraživanja odnose se samo na ispitivane vrste obloga, a zbog množine utjecajnih čimbenika i dosta izraženih specifičnosti, potrebno je nastaviti istraživanja

obuhvaćanjem većeg broja obloga, ali i metoda karakterizacije (TEM, SEM, EDX, NMR, i dr.) u sinergiji prirodnih i tehničkih znanosti s biomedicinom i zdravstvom.

Osim znanstvenog iskoraka u pogledu načina suradnje i dobivenih rezultata u području medicinskog tekstila i tekstilno-kemijske tehnologije ovaj rad pruža dobru podlogu za razvoj medicinskog tekstila, tj. medicinskih podloga u Republici Hrvatskoj u vidu pilot projekta ili nekog od manjih projekata financiranih od Europske unije ili sl.

Autori se zahvaljuju prim. dr. sc. Dubravku Huljevu, dr. med., Kliničkoj bolnici sv. Duh na pomoći, savjetima i uzorcima, a Poliklinici za baromedicinu OXY – Podružnica Zagreb, KB Dubrava na ustupljenim slikama za potrebe ovog rada.

Literatura:

- [1] <http://textilelearner.blogspot.com/2012/02/introduction-of-medical-textiles.html>, pristupljeno 15. prosinca 2013.
- [2] Technical textiles and nonwovens: world market forecasts to 2010, <http://www.butekom.com/docs/TTandN.pdf>, pristupljeno 15. prosinca 2013.
- [3] Pezelj E.: Medicinski tekstil; interna skripta, akad. god. 2011./2012., Tekstilno-tehnološki fakultet, Zagreb
- [4] Huljev D.: Tipizacija vrste tkiva u kroničnim ranama na temelju digitalne fotografije rane, doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu Medicinski fakultet, Zagreb, 2011.
- [5] Grupa autora: Biomaterijali, ur. Raković, D.; Uskoković, D., Institut tehničkih nauka Srpske akademije nauke i umetnosti, Beograd, 2010.
- [6] <http://www.plivamed.net/aktualno/clanak/192/Terapijadijabetickog-stopala-opcesmjernice.html>, pristupljeno 2. kolovoz 2012.
- [7] Thomas S.: MRSA and the use of silver dressings: overcoming bacterial resistance, *World Wide Wounds*, November, 2004.
- [8] Thomas S., P. McCubbin: A comparison of the antimicrobial effects of four silver containing dressings on three organisms, *Journal of Wound Care* 12 (2003) 3, 101-107
- [9] Thomas, S.; McCubbin, P: An in vitro analysis of the antimicrobial properties of 10 silver-containing dressings, *Journal of Wound Care* 12 (2003) 8, 305-308
- [10] Lansdown, A.B.; Williams, A.: How safe is silver in wound care?, *Journal of Wound Care* 13 (2004) 4, 131-136
- [11] Selm B.: Medicinski tekstil za bolnice – materijali i primjeri tekstilnih postupaka, *Tekstil* 53 (2004.) 8, 413-415
- [12] Narodne novine broj: 41/2010, 07.04.2010.
- [13] Bischof Vukušić S. i sur.: Antimikrobna modifikacija tekstilija i problematika metoda ispitivanja, *Tekstil* 56 (2007.) 1, 36-49
- [14] Ležaić D.: Karakterizacija i učinkovitost obloga za kronične rane, završni rad - diplomski/integralni studij, Zagreb, Tekstilno-tehnološki fakultet, 18.10.2012, Voditelj: Pezelj E.
- [15] ACTICOAT™: A Unique Nanocrystalline Silver Delivery System for Burns and Wounds, www.eplasty.com/images/PDF/Acticoat.pdf, siječanj 2013.
- [16] SMTL Dressing Datasheet, Johnson and Johnson medical Ltd., Actisorb Silver 220, www.dressings.org/Dressings/actisorb-silver.html, siječanj 2013.
- [17] Kerihuel J.C.: Charcoal combined with silver for the treatment of chronic wounds, *Wounds*, UK, 5 (2009) 3, 87-93
- [18] Marsh H.; F. Rodriguez-Reinosi: Activated carbon, Elsevier, Oxford (2006) 536
- [19] Baker F.S. et al.: Activated carbon, *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*, 4, John Wiley and Sons, Chichester (1992) 1015-1037
- [20] Du, X.N. et al.: Effect of activated charcoal on endotoxin adsorption, Part 1, An in vitro study, *Biomater Artif Cells Artif Organs*, 15 (1987) 1, 229-235
- [21] Naka K. et al.: Adsorption effect of activated charcoal on enterohemorrhagic Escherichia coli, *Journal Vet Med Sci* 63 (2001) 3, 281-285
- [22] Roberts C, Ivins N, Widgerow A. ACTICOAT™ and ALLEVYN™ Ag Made Easy. *Wounds International* 2011; 2 (2): Available from <http://www.woundsinternational.com>, pristupljeno 2. kolovoz 2012.
- [23] Narodne novine broj: 122/09, 07.04.2010.
- [24] Vivamel, knjižica proizvoda, Tosama d.o.o.
- [25] Kovačić T.: Struktura i svojstva polimera, skripta, Split, veljača 2010.
- [26] Carrillo F. et al.: Structural FTIR analysis and thermal characterisation of lyocell and viscose-type fibres, *European Polymer Journal* 40(2004) 2229-2234
- [27] Kenn P. et al.: Characterization of Fibres by Raman Microprobe Spectroscopy, ASTM International, 1998. http://library-resources.cqu.edu.au/JFS/PDF/vol_43/iss_1/JFSCH1382X8.pdf, pristupljeno 2. kolovoz 2012.
- [28] Roberts C.; Ivins, N.; Widgerow, A.: Acticoat™ and Allevyn™ Ag made easy, www.woundsinternational.com/pdf/content_9880.pdf, 6.08.2012.
- [29] Somogyi M.: Modifikacija naslojenih tekstilija za osobnu zaštitu sol-gel postupkom, doktorski rad, Tekstilno-tehnološki fakultet, Zagreb, 2010.
- [30] Poliklinika za baromedicinu OXY – Podružnica Zagreb, KB Dubrava

SUMMARY

Characterization and efficiency of medicated dressings for chronic wounds

M. Somogyi Škoc, E. Pezelj, D. Ležaić¹

Medicated dressings for diabetic foot, which belongs to the group of chronic wounds, were investigated. Since time immemorial chronic wounds have been a major problem, both in determining the causes and in medical treatment. Medicated dressings made using the most modern textile processes with the addition of antimicrobial agents and the like, depending on their purpose, are very efficient for their treatment. For the treatment of diabetic foot a large number of medicated dressings of various structural characteristics and mechanisms of action are used. The paper describes four types of dressings that have helped in the treatment of one of the most severe forms of diabetic foot, which is supported by figures from the initial to the final stages of the disease. Basic structural features, raw material composition and dissolving power of the investigated medicated dressings were determined. Since the medicated dressings are made of high-performance fibers, Fourier transform spectroscopy in the infrared region with an addition for surface analysis (FTIR-ATR) was used. The effectiveness of the samples was tested on a concrete example, i.e. on a patient with diabetic foot in cooperation with chief physician Dubravko Huljev, PhD MD, Clinical Hospital "Sveti Duh" and Polyclinic for Baromedicine OXY – Department in Zagreb, Clinical Hospital Dubrava which handed over photographs taken during the treatment for the needs of this study.

Key words: textiles, medical textiles, medicated dressings, wound dressings, diabetic foot

University of Zagreb, Faculty of Textile Technology

Department of Materials, Fibres and Textile Testing

¹*Ministry of Environmental and Nature Protection*

Zagreb, Croatia

e-mail: maja.somogyi@ttf.hr

Received January 12, 2014

Charakterisierung und Effizienz von medizinisch behandelten Wundverbänden für chronische Wunden

Medizinisch behandelte Verbände für diabetischen Fuß, der der Gruppe von chronischen Wunden angehört, sind untersucht worden. Seit Menschengedenken stellen sie ein großes Problem dar, sowohl bei der Ermittlung von Ursachen als auch bei der Behandlung. In deren Behandlung sind medizinisch behandelte Verbände, die nach dem neuesten Stand der Textiltechnik unter Zusatz von antimikrobiellen und ähnlichen Mitteln hergestellt wurden, je nach dem Verwendungszweck, sehr wirksam. Zur Behandlung des diabetischen Fußes verwendet man eine große Anzahl von medizinisch behandelten Verbänden verschiedener struktureller Merkmale und Wirkungsmechanismen. Der Artikel beschreibt vier Arten von Verbänden, die bei der Behandlung einer der schwerwiegendsten Formen von diabetischem Fuß geholfen haben, was auch mit Fotos von der Anfangsphase bis zur Endstufe der Krankheit unterstützt ist. Die grundlegenden strukturellen Merkmale, Rohstoffzusammensetzung und Lösungsfähigkeit der medizinisch behandelten Wundverbände wurden bestimmt. Da die Verbände aus Hochleistungsfasern hergestellt sind, wurde die Fourier-Transformations-Infrarotspektroskopie im Infrarotbereich unter Zugabe für die Oberflächenanalyse (FTIR-ATR) verwendet. Die Wirksamkeit der Proben wurde an einem konkreten Beispiel getestet, d.h. an einem Patienten mit diabetischem Fuß, in Zusammenarbeit mit Chefarzt Dr. med. Dubravko Huljev, Klinisches Krankenhaus Sveti Duh und Poliklinik für Baromedizin OXY □ Zweigstelle Zagreb, die zum Klinik- und Krankenhauszentrum Dubrava gehört. Sie haben ihre Photos für die Bedürfnisse dieser Arbeit während der Behandlung zur Verfügung gestellt.