UNIVERZITA PARDUBICE

FAKULTA CHEMICKO – TECHNOLOGICKÁ

Ústav chemie a technologie makromolekulárních látek

Oddělení Vláken a textilní chemie

Vývoj aktivní části krytu ran s obsahem jódu a kyseliny hyaluronové

DIPLOMOVÁ PRÁCE

AUTOR PRÁCE: **Bc. Martina Slabá**

VEDOUCÍ PRÁCE: **doc. Ing. Ladislav Burgert, CSc.**

KONZULTANT: **Ing. Michal Černý, Ph.D.**

2018

UNIVERSITY OF PARDUBICE

FACULTY OF CHEMICAL TECHNOLOGY

Institute of Chemistry and Technology of Macromolecular Materials

Department of Fibers and Textile Chemistry

Development of an active part of iodine and hyaluronic acid wound dressing

DIPLOMA THESIS

AUTHOR: **Bc. Martina Slabá**

SUPERVISOR: **doc. Ing. Ladislav Burgert, CSc.**

CONSULTANT: **Ing. Michal Černý, Ph.D.**

2018

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121 / 2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jiného subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mě požádat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce na Univerzitní knihovně Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 9. 5. 2018

…….…….....

Bc. Martina Slabá

Poděkování:

Tímto bych chtěla poděkovat svému vedoucímu doc. Ing. Ladislavu Burgertovi, CSc., za motivaci, zdokonalení teoretických i praktických vědomostí, vedení při práci a pomoc při závěrečném zpracování této práce. Dále bych chtěla poděkovat paní Ing. Ivetě Brožkové, Ph.D., z katedry biologických a biochemických věd FCHT Univerzity Pardubice za stanovení antimikrobiální účinnosti jodovaného polyamidu a kombinovaných krytů ran s různým obsahem jódu. Moje poděkování patří i mému konzultantovi Ing. Michalu Černému, Ph.D., za rady a pomoc při práci se spektrofotometrem, objektivním měření barevnosti, zpracováním výsledných hodnot a grafů.

Dále bych chtěla poděkovat své rodině, příteli Ing. Martinu Plíškovi, kamarádovi Ing. Romanu Válkovi a dalším svým přátelům za pomoc, rady a podporu při zpracováním této práce.

ANOTACE

V předložené diplomové práci byla ověřována možnost přípravy aktivní části krytu rány, který by obsahoval nosič jódu a vrstvu staplových mikrovláken z kyseliny hyaluronové. Jako nosič jódu, ze kterého je jód uvolňován při aplikaci na vlhké prostředí rány, je ověřována jódovaná pletenina z polyamidu 6.

Experimentální část práce je zaměřena na přípravu jódovaného polyamidu a studium podmínek desorpce z tohoto materiálu. Kombinaci vrstvy staplových mikrovláken z kyseliny hyaluronové s jódovanou polyamidovou pleteninou, stejně jako distribuci této kombinace, je možno realizovat v několika variantách.

KLÍČOVÁ SLOVA: kryt rány, jód, staplová mikrovlákna kyseliny hyaluronové, antimikrobiální účinek

ANNOTATION

In the submitted diploma thesis the possibility of preparation of the active part of the wound cover containing the iodine carrier and layer of staple microfibers of hyaluronic acid was tested. As a carrier of iodine from which iodine is released during application to the wound environment, iodine knitwear from polyamide 6 is tested. The experimental part is focused on preparation of iodinated polyamide and study of desorption conditions from this material. The combination of staple microfibres of hyaluronic acid with iodinated polyamide knit fabric as well as the distribution of this combination can be realized in several variants.

KEYWORDS: wound dressing, iodine, staple microfilament of hyaluronic acid, antimicrobial effect

OBSAH

ÚVOD **14**

1 TEORETICKÁ ČÁST **15**

1.1 KRYTY RAN 15

1.1.1 Typy a hojení ran *15*

1.1.2 Rozdělení krytů *15*

1.1.3 Nosné materiály *18*

1.2 AKTIVNÍ ČÁST KRYTU RAN S BAKTERICIDNÍM ÚČINKEM 21

1.2.1 Jód *21*

1.2.2 Kyselina hyaluronová *27*

1.2.3 Stříbro *36*

1.2.4 Kationické povrchově aktivní látky – Octenidin *38*

1.3 ADSORPCE JÓDU NA POLYAMID 39

1.3.1 Působení *39*

1.3.2 Způsoby adsorpce *40*

1.3.3 Reakce *41*

1.3.4 Uspořádání struktry *41*

2 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST **43**

2.1 SORPCE JÓDU NA POLYAMID 6 43

2.1.1 Odměrný roztok $Na_2S_2O_3$ a zásobní roztok I_2 ..... *43*

2.1.2 Sorpce jódu na polyamidovou pleteninu dle Dr. Schwertasska *45*

2.1.3 Sorpce jódu na polyamidovou pleteninu z dlouhé lázně *46*

2.1.4 Stanovení obsahu jódu v připravených krytech ran *51*

2.2 STANOVENÍ MIKROBIOLOGICKÉ ÚČINNOSTI PŘIPRAVENÝCH KRYTŮ RAN S RŮZNÝM OBSAHEM JÓDU 52

2.3 PŘÍPRAVA VRSTVY STAPLOVÝCH MIKROVLÁKEN NA JÓDOVANÉM POLYAMIDU 53

2.4 DESORPCE JÓDU Z PŘIPRAVENÝCH KRYTŮ RAN 54

2.4.1 Kalibrační řada desorpce v destilované vodě *54*

2.4.2 Desorpce jódu z jódovaného polyamidu z dlouhé lázně *55*

2.4.3 Desorpce jódu ze vzorku, kde je kombinace I_2 na PA pletenině se staplovým mikrovláknem z HA *59*

2.4.4 Množství jódu uvolněného při desorpci - 5 % a 1,7 % I_2 62
2.4.5 Kalibrační řada desorpce jódu v destilované vodě s přítomností škrob. mazu 66
2.4.6 Desorpce jódu z PA pleteniny s přítomností škrobového mazu 67
2.4.7 Množství jódu uvolněného při desorpci - 5 % I_2 + škrob 69
2.4.8 Stanovení koncentrace jódu v krytu po desorpci na základě metod pro objektivní hodnocení barevnosti 71
2.5 KVALITATIVNÍ DŮKAZY DESORPCE JÓDU Z PLETENINY PA-6 77
2.5.1 Desorpce jódu ve vlhkém prostředí modelové rány s vrstvou HA – škrob 77
2.5.2 Sublimace jódu z jodovaných materiálů 84
3 DISKUZE 88
3.1 SORPČNÍ IZOTERMY 88
3.2 ANTIMIKROBIÁLNÍ JODOVANÝ POLYMER S RŮZNÝM OBSAHEM JÓDU 89
3.3 DESORPCE Z DLOUHÉ LÁZNĚ – SLEDOVÁNÍ ABSORBANCE DESORPČNÍHO ROZTOKU 89
3.3.1 Bilance desorbovaného jódu 90
3.3.2 Desorpce jódu v přítomností staplových mikrovláken kyseliny hyaluronové 91
3.3.3 Ověření antimikrobiální účinnosti kombinovaného krytu rány připraveného kombinací jodované polyamidové pleteniny a vrstvy staplových mikrovláken z HA 94
4 ZÁVĚR 96
5 POUŽITÁ LITERATURA 97
5.1 ELEKTRONICKÉ ZDROJE 98
5.2 PATENT 103
6 PŘÍLOHY 104

SEZNAM OBRÁZKŮ:

Obrázek 1.1 - Zetuvit Plus [7] 18
Obrázek 1.2 - ELASTPORE+PAD [69] 18
Obrázek 1.3 - Polyamid jako nosný materiál u Atrauman Ag [8] 18
Obrázek 1.4 - Polyesterový tyl [10] 19
Obrázek 1.5 - Transparentní polyuretanový film [12] 20
Obrázek 1.6 - Polyuretanová pěna se speciálním uspořádáním zmenšujících se pórů [13] 20
Obrázek 1.7 - Antimikrobiální efekt jódu [15] 22
Obrázek 1.8 - Zdravotnický přípravek Betadine® roztok a mast [29, 30] 23
Obrázek 1.9 - Zdravotnický přípravek Inadine®[31] 24
Obrázek 1.10 - Zdravotnický přípravek Jodisol [32] 24
Obrázek 1.11 - Struktura kadexomeru jódu [33] 25
Obrázek 1.12 - Zdravotnický přípravek Iodosorb [37] 26
Obrázek 1.13 – Hyodine ® 26
Obrázek 1.14 - Ošetření diabetických ran [38] 27
Obrázek 1.15 - Struktura kyseliny hyaluronové [46] 29
Obrázek 1.16 - Schéma zabudování vody do HA [47] 29
Obrázek 1.17 - Model hyaluronanové šroubovice v trojrozměrné prostoru krychle. [49] 30
Obrázek 1.18 - Proces hojení ran - externí hyaluronan [50] 31
Obrázek 1.19 - Hydrogel HA [52] 32
Obrázek 1.20 - Mikrovlákno HA [53] 32
Obrázek 1.21 - Nanovlákna HA [54] 33
Obrázek 1.22 - Polymerní micely HA [55] 34
Obrázek 1.23 - Staplová mikrovlákna z kyseliny hyaluronové (100%) [57] 35
Obrázek 1.24 - Tenký film HA [57] 36
Obrázek 1.25 - Působení stříbrných iontů na bakterie [59] 37
Obrázek 1.26 - Zdravotnický přípravek Atrauman Ag [60] 37
Obrázek 1.27 - Zdravotnický prostředek Solerex [65] 39
Obrázek 1.28 - Možnosti uspořádání jódu v polyamidu [67] 42
Obrázek 2.1 – Jodovaná pletenina PA-6 s různým obsahem jódu dle Dr. Schvertasska 45
Obrázek 2.2 – Sorpce roztoku jódu 10 g/l na PA-6 pleteninu v průběhu 2 h 47
Obrázek 2.3 – Sorpce roztoku I_2 10 g/l na PA-6 (vlevo) 47
Obrázek 2.4 – PA-6 po sorpci I_2 z roztoku 10 g/l (vpravo) 47

Obrázek 2.5 – Barevné změny při stanovení obsahu jódu jodometrickou titrací $Na_2S_2O_3$ 52
Obrázek 2.6 – Staplová mikrovlákna HA 53
Obrázek 2.7 – Staplová mikrovlákna HA 54
Obrázek 2.8 - Uspořádání L*a*b* barevného prostoru [65] 72
Obrázek 2.9 - Jodované pletenina PA-6 bez další vrstvy 78
Obrázek 2.10 - Jodovaná pletenina PA-6 + vrstva staplového mikrovlákna 100 % HA.....78
Obrázek 2.11 - Jodovaná pletenina PA-6 + doprovodná pletenina PA-6 s vrstvou staplového mikrovlákna 100 % HA 78
Obrázek 2.12 - Jodovaná pletenina PA-6 + samostatný list stapl. mikrovlákna 100 % HA ...79
Obrázek 2.13 - Pletenina na ovlhčeném filtračním papíře překryta PP folií 84
Obrázek 2.14 - Pletenina na ovlhčeném filtračním papíře.....84
Obrázek 2.15 - Pletenina s vrstvou staplových mikrovláken HA + škrob překrytá PP folií na ovlhčeném filtračním papíře 85
Obrázek 2.16 - Pletenina s vrstvou staplových mikrovláken HA + škrob na ovlhčeném filtračním papíře.....85
Obrázek 2.17 - Pletenina s obsahem 1,7 % jódu v suchém prostředí 86
Obrázek 2.18 - Pletenina s obsahem 5,2 % jódu v suchém prostředí 86
Obrázek 2.19 – Komerční produkt INADINE® na ovlhčeném filtračním papíře.....87
Obrázek 2.20 - Komerční produkt Hyodine® na ovlhčeném filtračním papíře 87

SEZNAM ROVNIC A VZORCŮ:

Rovnice 1.1 - Schéma vzniku kadexomeru jódu [35].....25
Rovnice 1.2 - Reakce oktenidinu [61] 38
Rovnice 1.3 - Schéma reakce polyamidu s jódem [67] 41
Rovnice 2.1 - Nepřímá titrace.....43
Vzorec 2.2 - Relativní barevná síla pro reflektanci [64].....71
Vzorec 2.5 - Vážená barevná síla pro reflektanci [64] 72
Rovnice 2.6 - Kubelkova-Munkova rovnice.....72

SEZNAM GRAFŮ:

Graf 2.1 - Sorpční izoterma jódu na PA pletenině dle Dr. Schwertasska 46
Graf 2.2 - Sorpční izoterma jódu na PA pletenině z dlouhé lázně.....48
Graf 2.3 - Kalibrační křivka – závislost absorbance na koncentraci jódu 55
Graf 2.4 - Desorpční závislost konc. 5% I_2 na čase při 37 ^oC v destilované vodě a fyz. roz. ..58
Graf 2.5 - Desopční závislost konc. 1,7% I_2 na čase při 37 ^oC v destilované vodě a fyz. roz..59
Graf 2.6 - Desorpční závislost konc. 5% I_2 na čase při 37 ^oC v dest. vodě a fyz. roz. s HA 61
Graf 2.7 - Desorpční závislost koncentrace 1,7% I_2 na čase při 37 ^oC 62
Graf 2.8 - Kalibrační křivka – závislost absorbance na konc. jódu s přítomností škrobu 67
Graf 2.9 - Desorpční závislost koncentrace 5% I_2 na čase při 37 ^oC s přítomností škrobu 69
Graf 2.10 - Kalibrační křivka – závislost K/S na koncentraci sorbovaného jódu 75

SEZNAM TABULEK:

Tabulka 2.1 - Sorpční izoterma jódu na PA pletenině dle Dr. Schwertasska 46
Tabulka 2.2 - Sorpční izoterma jódu na PA pletenině z dlouhé lázně.....48
Tabulka 2.4 - Naměřené hodnoty sorpce roztoku 10 g/l I_2 na PA-6.....49
Tabulka 2.5 - Naměřené hodnoty sorpce roztoku 10 g/l I_2 na PA-6.....49
Tabulka 2.6 - Naměřené hodnoty sorpce roztoku 10 g/l I_2 na PA-6.....49
Tabulka 2.7 - Naměřené hodnoty sorpce roztoku 10 g/l I_2 na PA-6.....50
Tabulka 2.8 - Naměřené hodnoty sorpce roztoku 2,5 g/l I_2 na PA-6.....50
Tabulka 2.9 - Naměřené hodnoty sorpce roztoku 2,5 g/l I_2 na PA-6.....50
Tabulka 2.10 - Naměřené hodnoty sorpce roztoku 2,5 g/l I_2 na PA-6.....51
Tabulka 2.11 - Naměřené hodnoty pro vytvoření kalibrační křivky 55
Tabulka 2.12 - Připravené kryty ran s obsahem 5 % I_2 k desorpci.....56
Tabulka 2.13 - Připravené kryty ran s obsahem 1,7 % I_2 k desorpci.....56
Tabulka 2.14 - Naměřené hodnoty absorbance v závislosti na čase desorpce, koncentrace I_2 vypočítána z rovnice kalibrační přímky $A = 0{,}0259c - 0{,}0551$ 57
Tabulka 2.15 - Naměřené hodnoty absorbance v závislosti na čase desorpce, koncentrace I_2 vypočítána z rovnice kalibrační přímky $A = 0{,}0259c - 0{,}0551$ 58
Tabulka 2.16 - Naměřené hodnoty absorbance v závislosti na čase desorpce, koncentrace I_2 vypočítána z rovnice kalibrační přímky $A = 0{,}0259c - 0{,}0551$ 60
Tabulka 2.17 - Naměřené hodnoty absorbance v závislosti na čase desorpce, koncentrace I_2 vypočítána z rovnice kalibrační přímky $A = 0{,}0259c - 0{,}0551$ 61

Tabulka 2.18 - Vypočítané množství I_2 [mg] uvolněné z jodovaného PA při desorpci v destilované vodě 63
Tabulka 2.19 - Vypočítané množství I_2 [mg] uvolněné z jodovaného PA při desorpci ve fyziologickém roztoku 64
Tabulka 2.20 - Vypočítané množství I_2 [mg] uvolněné z PA s obsahem 1,7 % jódu při desorpci v destilované vodě 65
Tabulka 2.21 - Vypočítané množství I_2 [mg] uvolněné z PA s obsahem 1,7 % jódu při desorpci ve fyziologickém roztoku 66
Tabulka 2.22 - Naměřené hodnoty pro vytvoření kalibrační křivky se škrobem 67
Tabulka 2.23 - Naměřené hodnoty absorbance v závislosti na čase desorpce, koncentrace I_2 vypočítána z rovnice kalibrační přímky $A = 0{,}0075c + 0{,}1516$ 68
Tabulka 2.24 - Naměřené hodnoty absorbance v závislosti na čase desorpce, koncentrace I_2 vypočítána z rovnice kalibrační přímky $A = 0{,}0075c + 0{,}1516$ 69
Tabulka 2.25 - Vypočítané množství I_2 [mg] s přítomností škrobového mazu uvolněné při desorpci v destilované vodě 70
Tabulka 2.26 - Vypočítané množství I_2 [mg] s přítomností škrobového mazu uvolněné při desorpci ve fyziologickém roztoku 71
Tabulka 2.27 – Hodnoty z objektivního měření barevnosti (5 % I_2) 73
Tabulka 2.28 - Hodnoty z objektivního měření barevnosti (1,7 % I_2) 73
Tabulka 2.29 - Hodnoty z objektivního měření barevnosti (5 % I_2 + škrob) 74
Tabulka 2.30 - Vypočítané množství mg I_2/m^2 po desorpci z hodnot K/S (5 % jódu) 76
Tabulka 2.31 - Vypočítané množství I_2 mg/m^2 po desorpci z hodnot K/S (1,7 % jódu) 76
Tabulka 2.32 - Vypočítané množství I_2 mg/m^2 po desorpci z hodnot K/S (5 % jódu + škrob) 77
Tabulka 2.33 – Kvalitativní důkazy desorpce I_2 z pleteniny PA-6 s obsahem 5 % po 2 h v destilované vodě a fyziologickém roztoku 80
Tabulka 2.34 - Pleteniny PA-6 s počátečním obsahem 5 % I_2 po desorpci 2 h kvalit. důkazů 81
Tabulka 2.35 - Kvalitativní důkazy desorpce I_2 z pleteniny PA-6 s obsahem 1,7 % po 5 minutách a po 2 h ve fyziologickém roztoku 82
Tabulka 2.36 - Pleteniny PA-6 s počátečním obsahem 1,7 % po desorpci 2 h kvalit. důkazů 83
Tabulka 3.1 – Hodnoty inhibičních zón testovaných bakteriálních kultur 94

ÚVOD

Na základě zkušeností získaných na Ústavu chemie a technologie makromolekulárních látek FCHT Univerzity Pardubice s přípravou aktivní části krytů ran, kde jód je vázán ve staplových mikrovláknech připravených ze směsi škrobu a kyseliny hyaluronové, byla ověřována varianta, kde jód je vázán v nosiči jódu, kterým je pletenina z polyamidu 6 a tento nosič jódu je kombinován s vrstvou staplových mikrovláken z kyseliny hyaluronové. Tato kombinace, podobně jako distribuce tohoto kombinovaného krytu, může být realizována několika způsoby.

V rámci diplomové práce bylo nutno řešit několik úkolů spojených především se sorpcí a desorpcí jódu materiálem z polyamidu 6. Metodu sorpce jódu na textilní materiály z vodných roztoků kombinace jódu a jodidudraselného vypracoval již v padesátých letech 20. století Dr. Schwertasek a byla používána pro hodnocení obsahu krystalického podílu po dloužení nebo fixaci chemických vláken. Možnost použití této metody byla také v této diplomové práci ověřena. Protože však původní metoda vypracovaná Dr. Schwertaskem poskytovala nerovnoměrnou sorpci, byla původní metoda poněkud upravena, aby výsledkem byl rovnoměrně najódovaný materiál. Byly stanoveny sorpční isotermy jódu na polyamidové pletenině.

Pro určení, jaké množství jódu může být využito pro jeho antimikrobiální účinek v ráně, byla sledována desorpce jódu z pleteniny – desorpční isotermy. Desorpce byla studována na dlouhých lázních za různých podmínek, které měly imitovat podmínky v ráně – voda, fyziologický roztok, teplota, přítomnost kyseliny hyaluronové apod.

Byla sledována rovněž desorpce jódu – pouze kvalitativně – pouze ve vlhkém prostředí, kde uvolňující se jód byl indikován na vrstvě staplových mikrovláken z intimní směsi škrob – kyselina hyaluronová.

Ing. Iveta Brožková, Ph.D. na katedře biologických a biochemických věd FCHT Univerzity Pardubice otestovala tři vzorky jódovaného polyamidu s různým obsahem jódu z hlediska jejich antimikrobiálního účinku. Na základě tohoto testování byly zvoleny koncentrace, které byly použity při studiu desorpce. Jedna koncentrace byla zvolena pro konstrukci krytu rány s kombinací vrstvy staplových mikrovláken z kyseliny hyaluronové. Při antimikrobiálním testování tohoto modelového kombinovaného krytu byl potvrzen jeho bakteriostatický účinek.

1 TEORETICKÁ ČÁST

1.1 Kryty ran

Kryty ran hrají důležitou roli při hojení ran. Hojení ran je složitý dynamický a komplexní proces regenerace tkání, který vyžaduje vhodné prostředí při procesu hojení rány. Kryty ran slouží k zajištění požadovaného prostředí léčené rány. Udržuje ránu teplou a vlhkou. Nejen že kryty absorbují bakterie a splňují funkci bariérové ochrany, ale také odstraňují toxiny i mrtvé tkáně. V dnešní době existuje více než 3000 produktů pro léčbu různých typů ran. [1, 2]

1.1.1 Typy a hojení ran

Rána vzniká při fyzickém nebo tepelném poškození epiteliální výstelky kůže nebo sliznice. Rány dělíme na akutní a chronické dle toho, jak probíhá proces hojení. Akutní rány vznikají po chirurgickém výkonu nebo po nehodě a uzdravují se dle předpokládaného časového průběhu v epidermis a dermisové vrstvě kůže. Chronické rány nepodléhají normálnímu stupni hojení, a proto se nehojí klasickým způsobem. Jsou výsledkem vředu z dekubitidy, vředu na nohou a popálenin. [1, 2]

Hojení ran jsou interakce mezi růstovými faktory, krví a extracelulární matrix. Cytokiny podporují hojení stimulací tvorby složek bazální membrány a prevencí dehydratace, zvýšení zánětu a tvorby granulační tkáně. Toto je ovlivňeno různými lokálními a systémovými faktory. Mezi lokální faktory patří hypotermie, bolest, infekce a tkáňové napětí kyslíku. Lokální faktory přímo ovlivňují charakteristiky rány. Systémovým faktorem je celkový zdravotní stav pacienta. [1, 2]

Proces hojení ran probíhá ve čtyřech fázích, a to **(a) fáze koagulace a hemostázy** (po úraze), **(b) zánětlivá fáze** (krátce po poranění tkáně), během které dochází k otoku, **(c) období proliferace**, kdy se vytvářejí nové tkáně a krevní cévy, **(d) fáze dozrávání**, ve které probíhá remodelace nových tkání. Tyto fáze probíhají navzájem, dle typu rány, v patologických stavech a typu obvazového materiálu. S pokrokem v technologii jsou v současnosti k dispozici různé typy obvazových materiálů pro rány různých stupňů poranění. Výběr materiálu pro určitou ránu je důležitý pro dosažení rychlejšího hojení. [1, 2]

1.1.2 Rozdělení krytů

Rozdělení krytů ran je důležité pro správnou volbu typu krytí dle různého druhy rány. V závislosti na druhu rány by kryty měly poskytovat nebo udržovat vlhké prostředí, zvyšovat

epidermální migraci, podporovat angiogenezi a syntézu pojivových tkání, umožňovat výměnu plynů mezi zraněnou tkání a okolním prostředím, udržovat vhodnou teplotu tkáně ke zlepšení průtoku krve do ložiska rány a tím zvyšovat epidermální migraci a poskytovat ochranu před bakteriální infekcí. Neměly by být přilnavé k ráně, aby se daly snadno odstranit. Musí být sterilní, netoxické a nealergenní. [1]

Jsou dva základní typy rozdělení a to suché a vlkhé krytí. Pod suché krytí řadíme standardní obvazy neboli gázové podložky. Určité typy ran se hojí pouze ve vlkhém prostředí, proto se používají vlhká krytí. Vlhké krytí má ještě výhodou v bezbolestné výměně krytu, protože při vlhkém prostředí není přilepen k ráně. Významné druhy vlhkého krytí jsou rozdělené v následujících podkapitolách. [1]

1.1.2.1 Hydrokoloidní krytí

Hydrokoloidní krytí patří mezi nejrozšířenější interaktivní obvazy absorbující exudáty rány, které je složeno ze dvou vrstev. Z vnitřní koloidní vrstvy a z vnější vrstvy nepropustné pro vodu. Vrstvy sou vytvořeny na základě látek, které jsou schopné tvořit gel, jako je karboxymethylcelulóza, želatina a pektin, s použitím elastomeru a lepidla. Hydrokoloidy se dotýkají exsudátu rány, vytvářejí gel a udržují vlhké prostředí, které pomáhá při ochraně granulační tkáně absorpcí a zadržováním exudátů. [1, 3, 4]

Mezi výhody hydrokoloidního krytí patří propustnost pro vodní páru, ale nepropustnost pro bakterie. Nevýhodou hydrokoloidů je, že nejsou indikovány pro neuropatické vředy nebo vysoce exsudující rány. Nedoporučují se pro infikované rány, ale jsou doporučené pro rány s hrozícím vysokým rizikem infekce. [1, 3, 4]

Hydrokoloidní krytí se používá při popálení, lehkých až středně vyčerpávajících ranách, nekrotických ranách, při kompresních zábalech, tlakových vředech a žilních vředech. Používají se také v pediatrii kvůli snižení bolestivosti při výměně krytu. [1, 3, 4]

1.1.2.2 Hydrogelové krytí

Hydrogely jsou nerozpustné hydrofilní látky vyrobené ze syntetických polymerů methakrylátů a polyvinylpyrolidonu. Hydrogely zadržují vysoký obsah vody, která udržuje vlhké prostředí. Měkký elastický charakter hydrogelů zajišťuje snadné nanášení a odstranění po zahojení bez poškození. Teplota ran je snížena o hydrogely poskytující uklidňující a chladící účinek. Nejsou dráždivé a reaktivní s biologickými tkáněmi a jsou propustné pro metabolity. Jejich nevýhodou je akumulace exzudátu vedoucí k maceraci a proliferaci

bakterií, což se projevuje zápachem ran. Další nevýhodou je nízká mechanická pevnost, proto je špatně zpracovatelný pro impregnované gázy a vodné gely. Hydrogely se používají pro suché chronické rány, nekrotické rány, tlakové vředy a popáleniny. [1, 3]

1.1.2.3 Pěnové krytí

Polopropustné pěnové krytí je složeno z hydrofilní a hydrofóbní pěny, buď s lepící částí na obvodu nebo bez lepící části. Vnější hydrofóbní vrstva umožňuje výměnu plynů a vodní páry, ale je nepropustná pro kapaliny z venku. Pěna pohlcuje různé množství odtoku rány. Jsou opatřeny polstrováním, které chrání ránu a udržují vlhké prostředí. Nevýhoda pěnového krytí je častá výměna. [1, 3]

Používají se jako primární obvazy kvůli absorpci. Pěnové krytí je vhodné pro vředy v rané fázi, protože chrání celou oblast před dalším třením. Hodí se pro vředy se středně až vysoce vylučujícím exudátem v dolní části nohou. Nejsou vhodné pro rány s malým obsahem či bez obsahu exzudátu, pro suché rány a pro suché jizvy. [1, 3]

1.1.2.4 Bioaktivní krytí

Bioaktivní obvazy jsou vyráběny z biomateriálů, které jsou známé svou biokompatibilitou, biologickou rozložitelností a netoxickou povahou. Jsou navrženy z přírodních tkání, jako je kolagen, kyselina hyaluronová, chitosan, alginát a elastin a umělých zdrojů. [1]

Kolagen je hlavní strukturální protein, který hraje důležitou roli při přirozeném procesu hojení. Kolagen podporuje tvorbu fibroblastů a tím urychlí endoteliální migraci při kontaktu s tkáněmi rány. Kyselina hyaluronová je glykoaminoglykanová složka extracelulární matrice s vynikajícími biologickými a fyzikálně-chemickými vlastnostmi. Stejně jako kolagen je biokompatibilní, biologicky odbouratelná a přirozeně ztrácí imunogenicitu. Chitosan podporuje tvorbu granulační tkáně během 3. fáze proliferace hojení ran. [1]

Ve srovnání s jinými obvazovými přípravky mají biologické obvazy větší tloušťku než jiné druhy obvazů. Polymery těchto materiálů se používají samostatně nebo v kombinaci, dle závislosti na povaze a typu rány. Biologické obvazy se někdy používají s přítomností růstových faktorů a antimikrobiálních látek, které zvyšují proces hojení ran. [1]

1.1.3 Nosné materiály

1.1.3.1 Polyamid

Polyamid, jako nosný materiál, splňuje všechny požadavky krytu a to tím, že je netoxický, nealergenní, nekarcinogenní a cenově dostupný. Polyamid je beze změn fyzikálních a chemických vlastností a je odolný vůči sterilizaci. Tvoří hydrofobní vrstvu, která zabraňuje kontaminaci rány a má neadherentní schopnost. Je součástí absorpčního krytí s aktivním uhlím, kde tvoří pleteninu, která je nasycená aktivním uhlím. Dále je použit u produktu ELASTPORE+PAD, kde tvoří vrchní vrstvu, která je neadherentní k ráně. Polyamid je propustný pro vzduch a vodní páry. To samé platí i u přípravku Zetuvit® Plus. [5, 6]

k 1.1 - Zetuvit Plus [7]

Dále se polyamid používá jako nosný kryt ran u Atraumanu®Ag a jako nosný materiál krytu pro jodové sloučeniny. [7]

Obrázek 1.3 - Polyamid jako nosný materiál u Atrauman Ag [8]

1.1.3.2 Polyester

Polyester je často používán k ošetření ran, protože neobsahuje žádné terapeuticky účinné látky a dobře se kombinuje se savými materiály. Udržuje okraje ran elastické a chrání ránu před vysoušením. Je propustný pro sekrety i plyny, což zajistí odvod exsudéru, ale i dýchání rány. Nevyvolává žádné alergické reakce ani nedráždí přecitlivělou pokožku. Dobře se stříhá a nelepí se k ráně. Na ráně může být až 3 dny. [9]

Polyesterový tyl

Polyesterový tyl je sterilní, má hydrofóbní charakter a používá se pro moderní hojení ran. Je utkán z hladkých polyesterových vláken s drobnými oky, která se nepřilepují k ráně. Tento polyesterový tyl podporuje granulaci, ale snižuje hypergranulaci tím, že velikost jednotlivých ok zamezuje prorůstání nově vznikající tkáně. Zaručuje šetrný převaz díky dvojité ochraně hladké struktury hydrofobních vláken a díky časté impregnaci mastí. [9]

Obrázek 1.4 - Polyesterový tyl [10]

1.1.3.3 Polyuretan

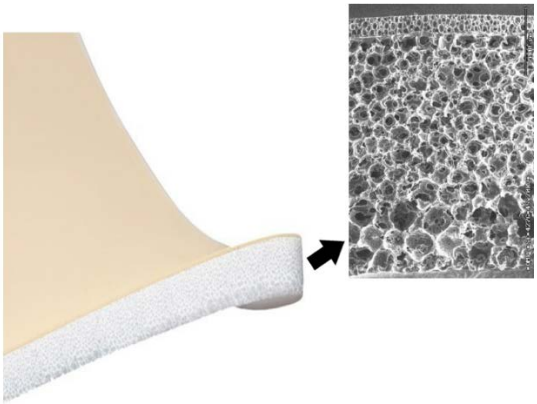
Transparentní polyuretanové filmy

Polyuretan se jako nosný materiál krytu ran používá na transparentní polyuretanové filmy, které jsou vyrobeny z jemného transparentního polyuretanu s adhezivním akrylátem na přilnavé straně (samolepící vrstva). Polyuretanové filmy udržují vlhké prostředí, chrání ránu a zamezují bakteriální kontaminaci. Mezi jejich vlastnosti patří elasticita a nepropustnost pro vodu. Jsou měkké, takže se snadno přizpůsobí konturám rány. Používají se k léčbě povrchových, suchých nebo mírně secernujících defektů, a také velmi často jako sekundární krytí (např. v kombinaci s amorfními gely). [11]

Obrázek 1.5 - Transparentní polyuretanový film [12]

Pěnová polyuretanová krytí

Pěnová polyuretanová krytí se skládjí z jedné nebo více vrstev. Jsou propustné pro vodní páry a další plyny. Vlastnosti mají stejné jako transparentní polyuretanové filmy. Polyuretanové pěny mají hydrofilní charakter. Podle jejich struktury, velikosti a hustoty mají různou drenážní a absorpční schopnost. Absorpční účinek může být zesílen speciálním uspořádáním, kdy na vnitřní straně jsou velké póry a směrem k vnější straně se póry postupně zmenšují viz obr. 1.6. Pěnové polyuretany napodobují fyziologické čištění rány, příznivě ovlivňují granulaci a epitelizaci. Bakterie jsou odváděny společně s exudátem. Tyto kryty chrání ránu před sekundární infekcí. Jsou používány k léčbě silně a středně secernujících defektů a k léčbě povrchových ran. Některé pěny mají neadhezivní silikonovou vrstvu na vnitří straně kvůli bezbolestné výměně. [11]



Obrázek 1.6 - Polyuretanová pěna se speciálním uspořádáním zmenšujících se pórů [13]

1.2 Aktivní část krytu ran s baktericidním účinkem

Tato kapitola se zaměřuje na aktivní část krytu rány, kterou tvoří především jód, kyselina hyaluronová, stříbro a octenidin. Aktivní část krytu se důležitá zejména díky antimikrobiálnímu působení na ránu. Kyselina hyaluronová působí jako aktivní složky krytu rány regeneračním účinkem.

1.2.1 Jód

Jód je řazen mezi antiseptika a dezinficiencia, pod skupinu látek, které obsahují halogen. Považuje se za „nejúčinnější antiseptikum." Antiseptika slouží jako léčivo k inhibici růstu mikroorganismů na živých tkáních. Antiseptika se aplikují především na rány, kůži a sliznici, a to v koncentraci, která negativně nepoškozuje živou tkáň. Jód má také antifungální a antivirový účinek. V koncentraci 1 : 20 000 usmrcuje bakterie za 1 minutu a spóry za 15 minut. Jód má malou tkáňovou toxicitu. [14-16]

1.2.1.1 Historie

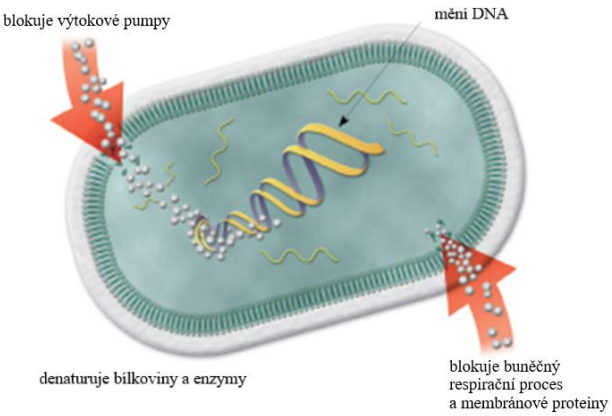
Ve 4. století př.n.l. byly pokládány mořské řasy na kůži, která byla spálená od slunce. Na základě této aplikace byl zjištěn obsah jódu v mořských řasách. V roce 1829 byl vynalezen Lugolův roztok s elementárním jódem a jodidem draselným a stal se prvním antiseptikem na bázi jódu. Lugolův roztok hrál důležitou roli v americké občanské válce. V roce 1882 byly poprvé zkoumány antimikrobiální vlastnosti jódu firmou Davaine 6. Alexandr Fleming podával v 1. světové válce jód, který snižoval plynové gangrény v ranách vojáků. Přípravky s jódem byly používány k zamezení infekcí před chirurgickým zákrokem již od druhé poloviny 19. století. Tehdejší jodové prostředky měly bohužel nežádoucí vedlejší účinky jako je bolest, podráždění a zbarvení kůže. K eliminaci vedlejších účinků byly v 50. letech vyvinuty jodofory. Jodofory (jód vázaný v komplexu s rozpouštěcím činidlem) měly stejný účinek jako elementární jód, ale byly bezpečnější a způsobovaly menší bolestivost. [15, 17-20]

1.2.1.2 Vlastnosti

Jód je nízkomolekulární látka ve formě šedofialových krystalů s kovovým leskem. Špatně se rozpouští ve vodě, je težce rozpustný v glycerolu, dobře se rozpouští v ethanolu 96 % a je snadno rozpustný v koncentrovaných roztocích jodidů. K sublimaci dochází už za pokojové teploty. Má korozivní účinky a barví. Ke zkoušce totožnosti je potřeba škrobový maz, díky kterému dojde v přítomnosti jódu k modrému zbarvení. [14, 21-23]

1.2.1.3 Mechanismus účinku jódu

Mechanismus baktericidního účinku jódu není ještě zcela vysvětlen. Předpokládá se, že elementární jód ovlivňuje strukturu a funkci enzymů a buněčných proteinů. [15, 22, 23]



Obrázek 1.7 - Antimikrobiální efekt jódu [15]

Dále se předpokládá, že elementární jód narušuje bakteriální stěnu bakterií blokováním vodíkových vazeb a změnou membránové struktury. Uvnitř buněk oxiduje thiolové skupiny a tak dochází k přeměně cysteinu na cystin a následně redukovaného glutathionu na oxidovaný glutathion. Účinek závisí na teplotě a pH. Elementární jód zajišťuje rychlou smrt bakterií a některých virů a pomáhá předcházet vzniku bakteriální rezistence. Antimikrobiální účinek jódu působí přímým toxickým účinkem na buněčnou stěnu bakterií, proto je nepravděpodobná rezistence. [15, 22, 23]

1.2.1.4 Základní jodové přípravky

Jodové desinfekční přípravky mají širokospektrální antimikrobiální účinek. Proto se používají na desinfekci ran jak v domácím prostředí, tak i při desinfekci operačního pole. Mezi základní desinfekční jodové přípravky řadíme jódovou tinkturu a Lugolův roztok. [24]

Lugolův roztok

Lugolův roztok je hnědá kapalina s obsahem 5 % I_2 a 10 % KI, který je připravena dle Českého lékopisu. Obsah jódu je 27,8 mg/ml. Lugolův roztok je oxidačním antiseptikem, které odstraňuje nechtěné parazity a patogenní bakterie. Dočasně může i odbarvit kůži. Lze jej použít i jako prostředek při léčení zbytnění štítné žlázy. Dále se používá jako indikátor na přítomnost škrobů, které se zbarvují tmavě modře. [23, 25]

Jodová tinktura

Jodová tinktura je dezinfekční přípravek obsahující 2,5 % I_2 s 2,5 % jodidu draselného v 90 % denaturovaném ethanolu. Nesmí se užívat vnitřně. Jodová tinktura se používá hlavně k dezinfekci drobných poranění. [26]

1.2.1.5 Jodovaný polyvinyl pyrolidon

Jodovaný polyvinylpyrolidon neboli jodovaný PVP je desinfekční látka s vázaným jódem. Jodovaný PVP má širokospektrální antimikrobiální účinek a je účinný proti viru MRSA. Jodovaný PVP není rezistentní. [24, 27]

Betadine®

Betadine desinfekční prostředek je určený k desinfekci pokožky a sliznic. Betadine® zabíjí bakterie, viry a plísně. Jedná se o vodný roztok s obsahem 100 mg/ml jodovaného PVP. Jelikož se jedná o vodný roztok, Betadine® neblokuje proces hojení rány. Další výhodou je že nepálí, což je oceněno hlavně při desinfekci ran u dětí. Betadine® se prodává ve formě roztoku a masti. [28]

Obrázek 1.8 - Zdravotnický přípravek Betadine® roztok a mast [29, 30]

Inadine®

Inadine® je neadherentní obvaz z viskózové pleteniny, která je naimpregnovaná polyethylenglykolem, který obsahuje 10 % povidonového jódu (účinné 1 % jódu). Má minimální přilnavost ke kůži, což umožňuje bezbolestné odstranění obvazu. Inadine® se používá k zabránění infekce u popálenin, bércových vředů, diabetických vředů na nohách a tkáňových vředů. [27]

Obrázek 1.9 - Zdravotnický přípravek Inadine®[31]

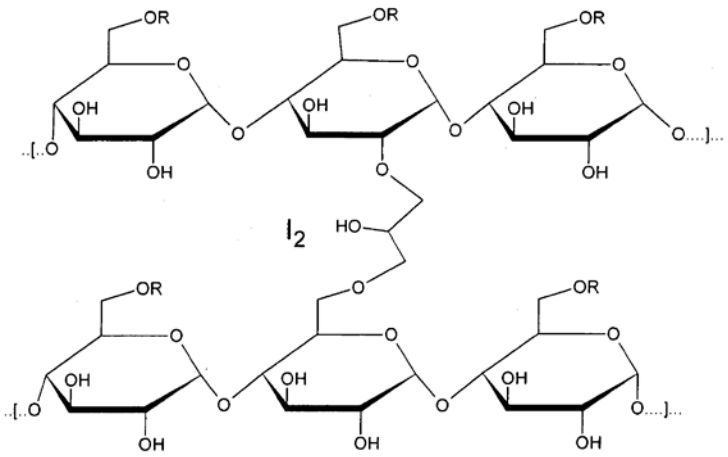
Jodisol®

Jodisol je vysoce účinný dezinfekční roztok. Skládá se 3,85 g/100g přípravku jodovaného polyvinylpyrolidonu s 95 % ethanolem. Takto vázaný jod do komplexu se uvolňuje v koncentraci, která zaručuje desinfekční účinek. Využití má stejné jako ostatní PVP prostředky. [32]

Obrázek 1.10 - Zdravotnický přípravek Jodisol [32]

1.2.1.6 Kadexomer jódu

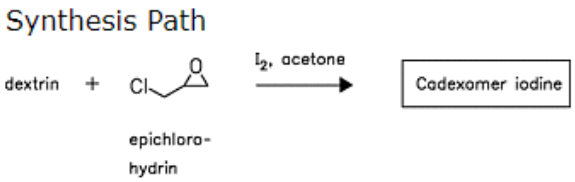
Kadexomer jódu je hydrofilní modifikovaný škrobový polymer s obsahem 0,9 % hmotn. jódu. Má absorpční a antiseptické vlastnosti. Struktura kadexomeru jódu je znázorněna na obr. 1.11. Jedná se o 2-hydroxymethylenový zesítěný (1-4) a-D-glukan s jódem. [34]



Obrázek 1.11 - Struktura kadexomeru jódu [33]

Pro přípravu kadexomer jódu je výchozí látkou dextrin s zesíťovacím činidlem epichlorhydrinem (bifunkční derivát glycerolu) dle reakce 2.1. Epichlorhydrin vytváří etherové můstky. Reakce mezi polyhydroxyskupinou a epichlorhydrinem se provádí emulzní nebo suspenzní polymerizační reakcí. Polymerace se provádí v speciálních reaktorech s efektivním mícháním zavádějícího činidla pro dostatečnou dispergaci. Kadexomer jódu je používán při léčbě bércových vředů na nohách a tlakových vředů. Absorbuje tekutiny a tím odstraňuje exsudáty. Uvolňující se jód zabíjí bakterie. [34]

Rovnice 1.1 - Schéma vzniku kadexomeru jódu [35]



Iodosorb®

Iodosorb® je kryt ran s obsahem kadexomeru jódu se širokospektrálním antimikrobiálním účinkem. Kromě antimikrobiálního účinku odvádí exsudát ve vysoce exsudujících ranách a vytváří vlhké prostředí. Iodosorb® podporuje hojení ran i odstraňuje zápach ran. Má neadherentní podobu, což umožňuje bezbolestné odstranění. Iodosorb® je biologicky rozložitelný. [36]

Obrázek 1.12 - Zdravotnický přípravek Iodosorb [37]

1.2.1.7 Jod s kyselinou hyaluronovou

Hyiodine®

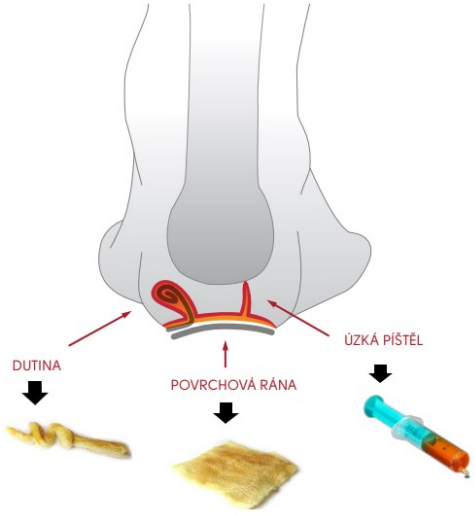
Hyodine® je vyroben českou firmou Contipro s.r.o. a byl vyvinut k léčbě hlubokých ran. Jedná se o viskózní gel s obsahem kyseliny hyaluronové a jódu. Jód přináší antimikrobiální účinnost a zabranuje recidivě. Kyselina hyaluronová vytváří vlhké prostředí a regeneruje tkáň. Gel se aplikuje, oproti krytu, lépe do různě hlubokých ran s různými tvary. [38, 39]

Obrázek 1.13 – Hyodine ®

Používá se především k léčbě diabetických ran s odhalenými šlachami nebo kloubními pouzdry, hlubokými píštělemi nebo dutinami, ranami kostní struktury, osteomyelitidou a ran infikovaných i kriticky kolonizujících. Dále se používá na řezné a tržné rány, povrchové popáleniny stupně II, bércové vředy, proleženiny a nehojící se rány po operaci. [38, 39]

Dle obr. 1.14. jsou diabetické rány ošetřovány následně. Dutiny se zadrenují pomocí drenu napuštěného Hyodine®. Povrchové rány jsou ošetřeny pomocí napuštěného gázového čtverce s Hyodine®. Do píštěl je pomocí injekční stříkačky vstříknut Hyodine®. Převaz u infikovaných ran se mění po 48 hodinách v závislosti na stavu rány. Převaz u neinfikovaných ran se mění po 72 hodinách. [38, 39]

Nyní je produkt Hyodine® stažen z prodeje patrně díky vysokému obsahu jódu.



Obrázek 1.14 - Ošetření diabetických ran [38]

1.2.1.8 Alergie na jód

Jód nelze použít u pacientů trpících alergií na jód, s léčbou štítné žlázy, syndromem herpetiformní dermatitidy a jodidovou radioterapií. [24, 40]

Jako náhrada jódu pro děti a při alergiích se používá Softasept®N. **Softasept®N**, který má širokospektrální desinfekční účinek, dlouhý remanentní účinek a dobře penetruje přes kůži. Složení Softaseptu®N je z ethanolu, 2-propanolu, povidonu, kyseliny citronové a v barevné formě ještě z barviv Orange Yellow S /E110/ a Azorubine /E122/. Používá se k desinfekci kůže před injekcí s účinností po 15 sekundách a před operačními výkony s účinností po 1 minutě. [41, 42]

1.2.2 Kyselina hyaluronová

Kyselina hyaluronová, označována zkratkou HA, je lineární polysacharid přirozeně se vyskytující u savců a některých mikroorganismů. Jedná se o jednu z nejhydrofilnějších

molekul vyskytující se v přírodě. V lidském těle se kyselina hyaluronová vyskytuje ve formě soli jako hyaluronát sodný. Ve vysokých koncentracích je součástí měkkých pojivových tkáních i kůže, pupeční šňůry, synoviální tekutiny a očního sklivce. Významné množství se také vyskytuje v plicích, ledvinách, mozku a svalových tkáních. Vzhledem k jejím vynikajícím vlastnostem se nejčastěji používá v oblasti dermatologie a farmacie. [43, 44]

1.2.2.1 Historie

První poznatky o kyselině hyaluronové jsou známy od roku 1934, kdy ji Karl Meyer izoloval ze sklivce kravského oka. Její název vznikl spojením řeckého slova „hyalos“ neboli sklo a kyseliny uronové. V 50. letech se Karl Mayer zabýval chemickou strukturou haluronanu, kdy zjistil, že se kyselina hyaluronová za fyziologických podmínek přetváří na její sůl, neboli hyaluronát sodný. [45]

V roce 1942 byla kyselina hyaluronová poprvé patentována Endrem A. Balazsem, kdy nahrazovala bílek ve vejci v pekařských výrobcích. V roce 1947 byl s kyselinou hyaluronovou Endre A. Balazs na 6. Mezinárodním kongresu cytologie ve Stockholmu. Na dalším výzkumu pracoval v stockoholmském Karolinska Institute. V roce 1986 nechal Endre Balazs v souladu s mezinárodní nomenklatrurou zavést termín "hyaluronan", se kterým souvisely jeho různé formy (kyselinu hyaluronovou a její sůl hyaluronát sodný). Kyselina hyaluronová byla izolována hlavně z očí hovězího dobytka a kohoutích hřebínků. Fyzikální, chemické a biologické vlastnosti kyseliny hyaluronové byly následně sledovány ve výzkumných laboratořích. [45]

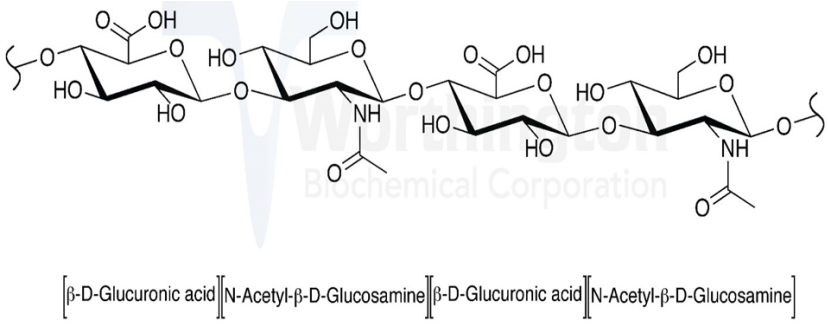
V 60. a 70. letech byla kyselina hyaluronová používána na popáleniny, kožní vředy a v očním lékařství. Následně se používala v ortopedii při výplních kloubů. [45]

V další etapě byla používána v dermatologii, kosmetické chirurgii a v kosmetických přípravcích. Injekce s obsahem kyseliny hyaluronové pro vyplnění vrásek jsou používány od roku 2003. [45]

Zajímavostí malé japonské vesničky Yuzuri Hara u Tokia byli „nestárnoucí“ obyvatelé. Místní průzkum zjistil, že měli vysokou hladinu glykosinaminoglykanů v organismu. To bylo způsobeno nadměrnou konzumací místní kořenové zeleniny. [45]

1.2.2.2 Struktura

Kyselina hyaluroroná je lineární polysacharid glykosaminoglykan s vysokou molekulovou hmotností. Je složená z několika se opakujících disacharidových jednotek (glukoronové kyseliny a N-acetyl-glukosaminu), mezi kterými se střídá β-1,4 a β-1,3 glykosidická vazba dle obr. 1.15. [44]

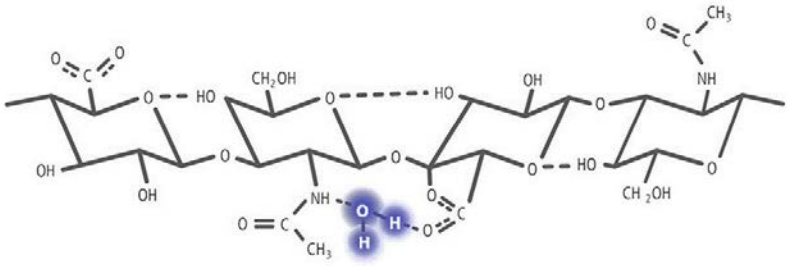


Obrázek 1.15 - Struktura kyseliny hyaluronové [46]

Disacharidové jednotky jsou odvozené od glukózy, která v β-konfiguraci umožňuje objemných skupinám (hydroxylů, karboxylátů) být ve stéricky výhodné ekvatoriální konformaci. Malé atomy vodíku obsazují méně stéricky výhodné axiální konformace, proto je struktura disacharidu, jako celku, energeticky velmi stabilní. V sekundární struktuře se disacharidové jednotky do sebe navzájem zaplétají a vytvářejí šroubovici stočením kolem své osy o 180°. [44]

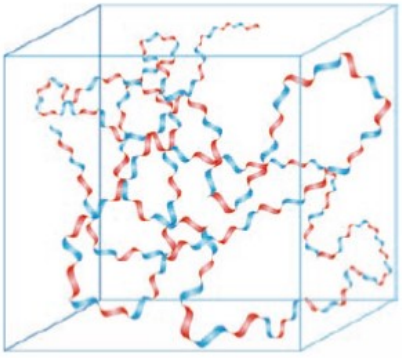
1.2.2.3 Chování HA ve vodě a fyziologickém roztoku

Kyselina hyaluronová interaguje s vodou, která již při velice nízkých koncentracích vytváří vysoce viskózní roztok zesítěné struktury. Jedná se o neustále se měnící systém stabilizovaný vodíkovými můstky vody. [44]



Obrázek 1.16 - Schéma zabudování vody do HA [47]

Ve fyziologickém roztoku jsou molekuly HA zpevněny kombinací chemické struktury disacharidu, vnitřních vodíkových vazeb a interakcí fyziologického roztoku jako rozpouštědla. Axiální vodíkové atomy vytvářejí nepolární (hydrofóbní) část šroubovice a boční řetězce vytvářejí její polární (hydrofilní) část. Pro jednodušší popis molekula hyaluronanu představuje expandovanou náhodnou strukturu šroubovice ve fyziologických roztocích, která zaujímá velmi velkou oblast dle obr.2. Pomyslná krychle představuje molekulu HA ve fyziologickém roztoku. Modře zabarvená část šroubovice zobrazuje hydrofilní část a červeně zabarvená je část hydrofóbní. Skutečná hmota hyaluronanu v této oblasti je velmi nízká (0,1 % hmotn./obj. nebo i méně vzhledem ke koncentraci fyziologickém roztoku). Struktury jednotlivých molekul se vzájemně překrývají při koncentraci 1 mg HA / ml nebo vyšší. [48]



Obrázek 1.17 - Model hyaluronanové šroubovice v trojrozměrné prostoru krychle. [49]

Malé molekuly vody, elektrolytů a živin mohou volně difundovat přes rozpouštědlo v krychli. Velké molekuly proteinů jsou částečně vyloučeny z krychle kvůli jejich hydrodynamickým rozměrům v roztoku. Síť hyaluronanu umožňuje čím dál větší prostor pro další molekuly. To má za důsledek pomalejší difuzi makromolekul a nižší koncentraci v síti. [48]

1.2.2.4 Syntéza a výroba

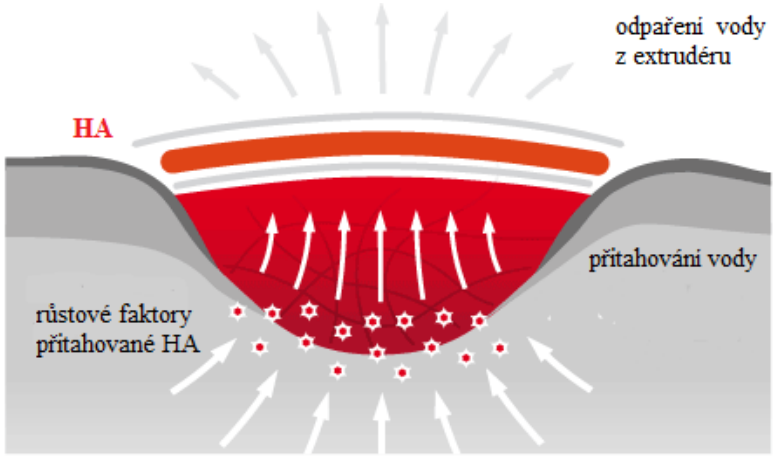
Syntéza v těle

Buněčná syntéza HA je jedinečná a jedná se o samovolně řízený proces. Většina glykosaminoglykanů se syntetizuje v Golgiho aparátu buněk. HA je přirozeně syntetizovaná třídou integrálních membránových proteinů tzv. enzymů hyaluronanu syntázy. Integrální membránový protein zajišťuje shromáždění proteinů, které jsou poté zakotveny na plazmatické membráně. Enzymy hyaluronanu syntázy jsou schopné syntetizovat velké lineární polymery s opakující se disacharidovou strukturou HA alternativním přidáním kyseliny glukuronové a N-acetylglukosaminu k rostoucímu řetězci za použití aktivovaného nukleotidu cukry (UDP = kyseliny glukuronové a UDP-N-acetlyglukosaminu) jako substrátu. [49]

Výroba

Kyselinu hyaluronovou lze vyrobit pomocí geneticky změněného kmene bakterie Escherichia coli. Firma Contipro a.s. vyrábí kyselinu hyaluronovou biotechnologickým postupem fermentace z buněčných stěn bakterií kmenu Streptococcus zooepidemicus. [50]

1.2.2.5 Funkce



Obrázek 1.18 - Proces hojení ran - externí hyaluronan [50]

1.2.2.6 Formy HA

Hydrogely

Hydrogely jsou deriváty hyaluronanu, které mají schopnost zesítění. Podle daného derivátu se mění i mechanické vlastnosti. Nejsou cytotoxické, takže je možné do nich zapracovat homogenní buňky a gel v podobě in situ, čímž se stanou ve vodě nerozpustné. Hydrogely se používají pro augmentaci měkkých tkání nebo k viskosuplementaci. Jsou biokompatibilní a biologicky odbouratelné. [51]

Obrázek 1.19 - Hydrogel HA [52]

Mikrovlákna

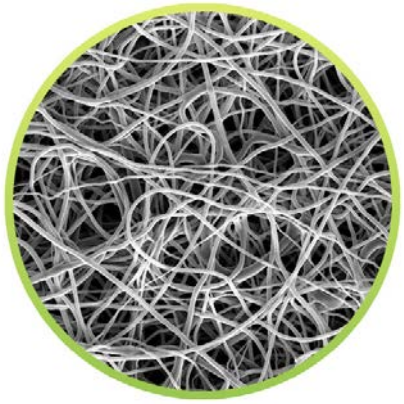
Mikrovlákna hyaluronanu tvoří formu nekonečných elementárních vláken. Mikrovlákna jsou připravena z různých derivátů hyaluronanu, které se liší v biologických a fyzikálních vlastnostech, rychlostí rozpustnosti ve vodě a dobou resorpce v lidském těle. [51]

Obrázek 1.20 - Mikrovlákno HA [53]

I pomocí textilních výrobních technologií lze vyrábět tato mikrovlákna s různou charakteristikou díky svým mechanickým vlastnostem. Z mikrovláken HA se vyrábějí pletené tkaniny v různých gramážích, vzorech a velikostech. Mikrovlákna nebo textilie, z nich vytvořených, se poté mohou modifikovat aktivními činidly. [51]

Nanovlákna

Nanovlákna jsou vyráběná z hyaluronanu, jeho derivátů a jako kompozitní vlákna. Nanovlákna se vyrábějí na principu electrospinningu. Tento postup umožnuje výrábět různé struktury nanovláken. Nanovlákna mají ploché vrstvy s různými plošnými hmotnostmi, které se dají směrově uspořádat. Nanovlákna se kombinují i s mikrovlákny. Ve farmacii se používají jako nosič léčiv s řízeným uvolňováním. [51]



Obrázek 1.21 - Nanovlákna HA [54]

Polymerní micely

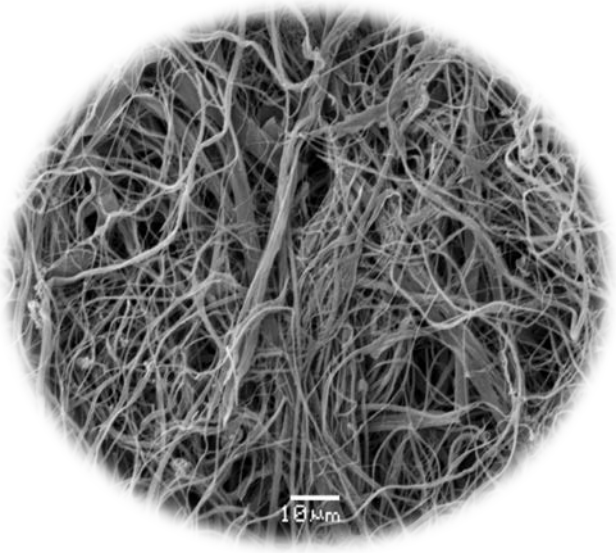
Micely jsou složeny z jádra a obalu. Jejich struktura napomáhá nekovalentní zapouzdření pro špatně rozpustná léčiva ve vodě. Polymerní micely HA se mohou použít do buněk nebo tkání, které mají vysokou citlivost na navázání hyaluronanu. Jsou schopné dodat hydrofobní léčivo i do hlubších vrstev kůže. Používají se v dermatologii i farmacii. Polymerní micely mají velké uplatnění v dermatologické léčbě. [51]

Obrázek 1.22 - Polymerní micely HA [55]

Staplová mikrovlákna

Staplová mikrovláknavlákna HA jsou vyrobena zvlákňováním nestacionární koagulační lázně. Mají délku 3 až 9 cm. Po další zpracování je možno je zkrátit na délku 0,5 – 0,8 mm. Připravují se z nativního hyaluronanu, jeho derivátů nebo směsi hyaluronanu a jiných biopolymerů. Staplová vlákna tvoří buď samostatné vrstvy nebo tvoří vstvu přímo na porézním nosiči ve více vrstvách. Staplová mikrovlákna se používají jako implantabilní zdravotnické prostředky. [51]

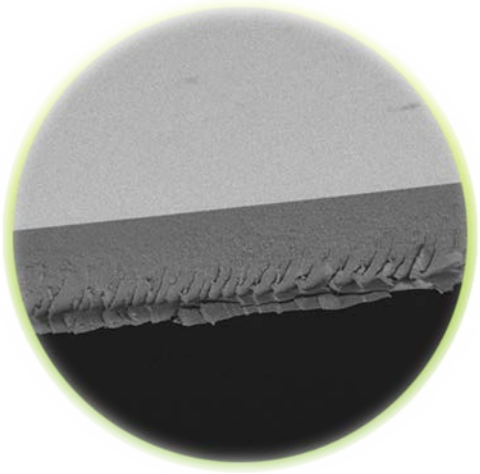
Staplovými vlákny HA se také zabývá tato diplomová práce viz Experimentální část.



Obrázek 1.23 - Staplová mikrovlákna z kyseliny hyaluronové (100%) – mleto 120 sec. Zvětšení 1000x [57]

Tenké filmy

Z čistého hyaluronanu lze připravit i tenké filmy pokud jsou vyrobeny z hydrofobizovaného hyaluronanu. Film se síťuje chemickou reakcí, enzymatickou reakcí nebo i UV zářením. Je možnost síťování i s živými buňkami. Vlastnosti tenkých filmů jsou odvozeny dle výchozích modifikací, rychlosti degradace, bobtnavosti a mechanických vlastností. [51]

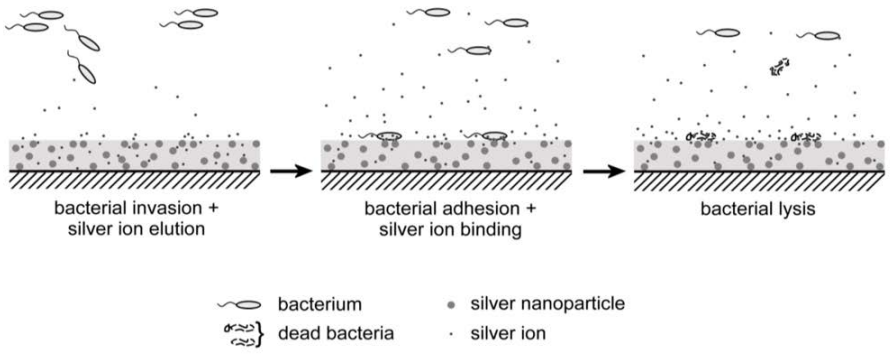


Obrázek 1.24 - Tenký film HA [57]

1.2.3 Stříbro

K dalším látkám používaným jako aktivní část krytů ran jsou stříbrné nanočástice. Stříbro projevuje vysokou antimikrobiální aktivitu, proto se používá na infikované a hluboké rány. Stříbro způsobuje poškození proteinů a nukleových kyselin uvnitř bakterií. [58]

Stříbro v krytech ran tvoří biofilm, který brání přístupu kyslíku a živin k bakteriím. Povrchově navázané nanočástice stříbra na polyamidu se postupně uvolňují do rány, kde se rozpadají na stříbrné ionty, které mají afinitu k molekulám se sírou, kyslíkem a dusíkem. Ionty stříbra se přímo navážou na membránu buněk bakterií. Na záporně nabitých částech buněčné membrány se stříbro akumuluje, což vede k inhibici bakteriálních enzymů, poškození membrány a následnou smrt buněk bakterií. [34, 59]



Obrázek 1.25 - Působení stříbrných iontů na bakterie [59]

Atrauman®Ag

Mezi známé a často používané produkty s navázaným stříbrem se používá Atrauman®Ag. Nosný materiál krytu tvoří polyamidový tyl. Metalické stříbro je na polyamid pevně nafixováno. Stříbro je do rány uvolňováno až po dobu 7 dní. Tyl je impregnován hydrofilní mastí z triglyceridů, což způsobuje, že se Atrauman®Ag nepřilepuje k ráně. Triglyceridy tvoří energetický zdroj pro keratinocyty při procesu hojení rány. [58]

Obrázek 1.26 - Zdravotnický přípravek Atrauman Ag [60]

1.2.4 Kationické povrchově aktivní látky – Octenidin

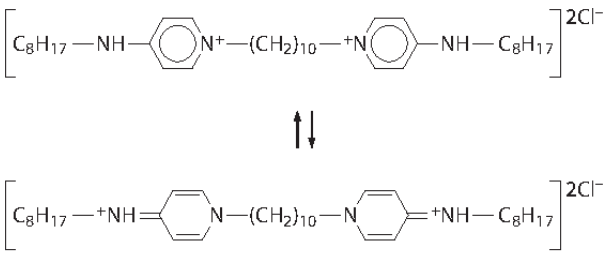
Octenidin řadíme mezi kationické povrchově aktivní látky. Vyznačují se svojí vysokou bakteriocidní účinností, jak na gramnegativní, tak na grampozitivní bakterie. Dále mají antivirové účinky na viry HIV, HVB a také antifungální aktivitu. Roztoky jsou s pH neutrálním až slabě alkalickým. Při kyselém pH nižším než pH 3,5 roztoky neúčinkují. Octenidin podporuje hojení ran. [23, 61]

Octenidin se nejčastěji používá ve formě dihydrochloridu, což je bispyridinová sůl obsahující kladný náboj. [61] Octenidin je nerozpustná látka účinná již při velmi nízké koncentraci. Octenidin není škodlivý pro kožní tkáň, působí pouze lokálně v ráně a díky své nerozpustné formě neabsorbuje skrz kůži. [62]

1.2.4.1 Mechanismus účinku

Molekula octenidinu obsahuje dva kladné náboje. Tyto náboje napadají povrch buňky mikroorganismů a neutralizují jejich záporný náboj. Tímto dojde ke ztrátě signálu a transortní funkci buněčné membrány. Octenidin ovlivňuje permeabilitu buněčných membrán mikroorganismů a vytváří perforaci buněčné membrány tak, že vytvoří póry. Dojde k navázání hydrofóbních alkylových skupin do buněčné membrány. Tento proces způsobí autolýzu buňky. [16, 61]

Rovnice 1.2 - Reakce oktenidinu [61]



$C_{36}H_{62}N_4 \cdot 2HCl$
M_r: 623.8

1.2.4.2 Solerex®

Solerex® je vyroben firmou Contipro a.s. a je používán k léčbě povrchových ran tím, že usmrcuje bakterie, odstraňuje povlak a podporuje hojení. Používá se na dlouhodobě se nehojící rány, infikované rány, bércové vředy, diabetické vředy, rány s vysokým podílem extrudéru a proleženiny. Jedná se o antimikrobiální krytí se širokým spektrem účinnosti, které má příznivý vliv i na hojení ran. Solerex® je složen ze 3 částí a to aktivní části, mřížky

a sorpčního materiálu. Mezi aktivní látky patří octenidin dihydrochlorid a hyaluronan sodný. Čistící a antibakteriální účinek má octenidin dyhydrochlorid a hyaluronan pomáhá při regeneraci. Při kontaktu s extrudátem je octenidin uvolňován do rány. Hyaluronan se zase mění v gel při kontaktu s extrudérem. Vzniklý gel udržuje nejen vlhké prostředí vhodné pro regeneraci tkáně, ale nastartuje i proces granulace. Střední vrstvu tvoří mřížka, která mechanicky vychytává povlaky ran a čistí ránu od infekce. Vnější vrstva nasává tekutiny z rány v podobě sorpčního materiálu, který je odváděn do sekundárního krytí. Solerex® se nesmí používat na hluboké rány, suché rány a rány kryté nekrózou. [62-64]

Obrázek 1.27 - Zdravotnický prostředek Solerex [65]

1.3 Adsorpce jódu na polyamid

Mnohé neočekávané nálezy byly objeveny při komplexaci jódu a polymerního skeletu. Jedinečnou vlastností molekulárního jódu je jeho schopnost vázat se na polymerní materiály. Je schopen tvořit komplex s různými polymery, a to jak přírodního, tak i syntetického typu. Adsorpce jódu na polyamid není patrně jednoduchá fyzikální adsorpce, ale jedná se o chemisorpci. [66, 67]

1.3.1 Působení

Mnoho přírodních a syntetických polymerů vytváří komplexy při sorpci molekulárního jódu nebo směsi molekulárního jódu a jodidu draselného. Z přírodních polymerů jako je škrob (složený z amylózy a amylopektinu), chitosan, glykogen, hedvábí, vlna, albumin, celulóza, xylan a přírodní kaučuk působením jódu vznikají různé komplexy. Jód-škrob je nejstarší komplex přírodního polymeru s jódem. Naproti tomu i syntetické polymery, včetně polyamidu, jsou náchylné k tvorbě komplexů. [67]

Polymery, které mají místa bohatá na elektrony uvnitř svých skeletů, jsou náchylné k vazbě na jód. Zvláštní důraz byl kladen u syntetických polymerů na polyamid. U některých polymerů po adsorbování jódu došlo ke změně vlastností, a to např. ke změně tvorby barvy, změn morfologie polymeru, komplexačních míst nebo oblastí, biologické aktivity a zvýšení elektrické vodivosti komplexů s polyjodidy, hlavně I_3^- a I_5^-, jako skutečné vazebné druhy. Jednalo se především o antimikrobiální účinnost a vodivé vlastnosti polymeru. [67]

Antibakteriální aktivita jodoforů na bázi polyamidů působí uvolněním elementárního jódu z komplexu PA-jód, jehož schopnost je vázat se na bakterie. Účinnost jodoforu závisí na množství volného elementárního jódu, který je přímo spojen s povahou interakce jódu s polymerem. V jodoforu PA-jód se jód vyskytuje ve formě elementárního jódu I_2 nebo jodidových iontů I^-, I_3^- a I_5^-. [66]

Je třeba připomenout, že na počátku 20. století toto řešení bylo široce používáno k doplnění štítné žlázy, aby fungovala správně. [41, 67]

1.3.2 Způsoby adsorpce

Polyamid adsorbuje jód z roztoku nebo výparů nad komplexem ponořením polymeru do vodném roztoku I_2 a KI, vystavením polyamidu parám molekulárního jodu nebo polymerací v přítomnosti jódu (adsorpce in situ). Protože je jód těžko rozpustný ve vodě, do systému molekulárního jódu / polymeru se přidává vodný roztok KI, aby se zajistila rozpustnost jódu, čímž vzniknou polyiodidy, což jsou skutečné komplexy. [66, 67]

Polyamid je schopen adsorbovat jód v molekulární nebo iontové formě. Další jodidové ionty mohou tvořit komplexu PA-jód pomocí vzniku iontů trijodidu nebo pentajodidu. Množství adsorbovaného jódu z rotoku roste v závislosti na koncentraci jódu v roztoku. Jedná se tedy o lineární zvýšení adsorpce jódu na polyamid z vodného roztoku jodidu draselného. Rozdíly adsorpce jsou způsobeny různými rozpouštědly. Dle studií se adsorpce jódu z výparů značně odlišuje od adsorbce jódu z roztoku. [66]

Volba rozpouštědla má vliv na adsorpci jódu na polyamid. Rouzpouštědlo ovlivňuje reakci polyamidu s jódem a usnadňuje změnu charakteru jódu adsorbovaného na polyamid. Ovlivňuje tedy adsorpční chování a interakce mezi jódem a polyamidem.V parní fázi se jód adsorbuje na polyamid v molekulární formě. V roupouštědle jód přechází na iontovou formu jodidu I^-, která je spojena s reakcí jódových molekul za vzniku polyiodidových iontů. [66]

1.3.3 Reakce

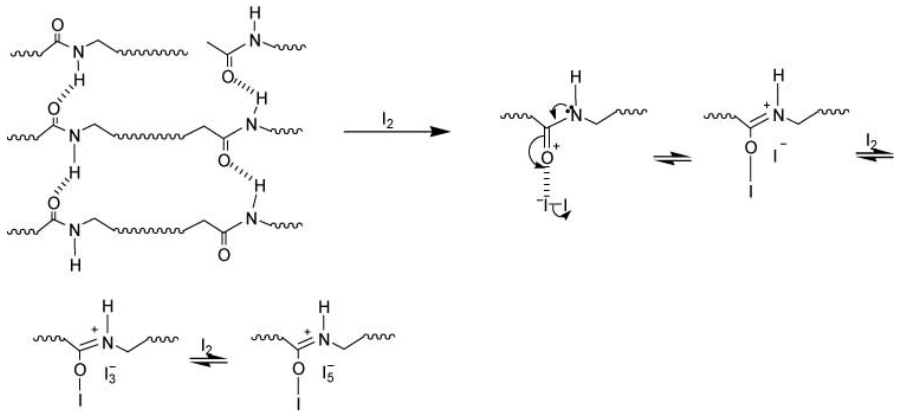
Reakcí polyamidu s jódem vzniká komplex dle rovnice 1. [68]

Rovnice 1: Schéma reakce polyamidu s jódem [66]

$$\text{Nylon-6} + I_2 \rightleftharpoons \text{Nylon} - jód\ komplex$$

Polyamid je schopen adsorbovat jód v molekulární nebo iontové formě. Adsorpce jódu na polyamid probíhá následně. Nejdříve jód reaguje s volným elektronovým párem kyslíku na amidové skupině dle rovnice 1.3. Následně další jodidové ionty mohou tvořit komplex PA-jód pomocí vzniku iontů trijodidu I_3^- nebo pentajodidu I_5^-. [66]

Rovnice 1.3 - Schéma reakce polyamidu s jódem [67]



1.3.4 Uspořádání struktry

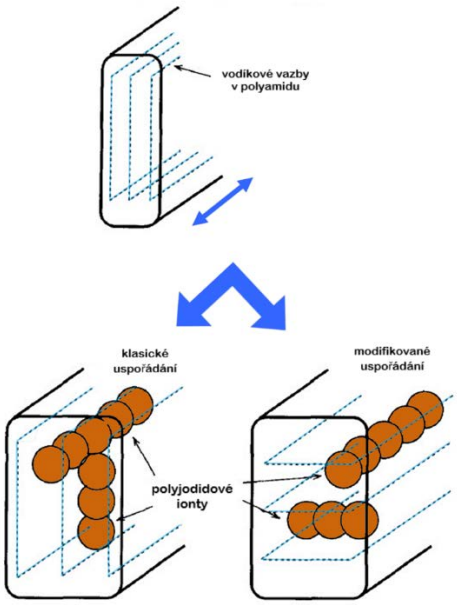
Polyamidu krystalizuje z taveniny a tím dochází k vytvoření vodíkové vazby mezi paralerními a antiparalerními řetězci monomerů. [68]

Při reakci jód oslabuje vodíkové vazby na polyamidu. Struktura komplexu PA-jód je zobrazena na obr. 1.28. Atomy jódu nebo ionty polyjodinu jsou uspořádány mezi jednotlivými rovinami vodíkových vazeb. Komplex PA-jód je jakýsi meziprodukt mezi adsorpcí jódu na polyamid a desorpcí jódu na požadované místo účinku krytu. [68]

Rentgenový snímek zobrazuje orientaci komplexu PA-jód ve vodném roztoku jódu s jodidem draselným při nízké teplotě. Vodíkové vazby polyamidu jsou působením polyjodidů přetvářeny na silnější vazby prostřednictvím Van der Waalsových sil. [68]

Jód-polymer systém je často zaměnitelně ozančován bez ohledu na to, jakým způsobem je jod vázán na polymer. Vázán může být jako komplex jódu a polymeru, polymer na bázi jódu, jód na nosiči polymeru, adukt jód-polymer, polymer sorbovaný jódem, jódem zpracovaný polymer, jódem dopovaný polymer a I_2-polymer. [67]

Naproti tomu koordinace mezi polyjodidy a polyamidy se objevila rychle a drasticky v polyjodidových roztocích a reakce v komplexu s jinými molekulami byla posílena koordinací, čímž došlo k začlenění nových funkčních skupin do jiných molekul, iontů nebo solí do polyamidové matrice snadněji. [67]



Obrázek 1.28 - Možnosti uspořádání jódu v polyamidu [67]

2 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

2.1 Sorpce jódu na polyamid 6

Sorpce jódu na polyamidovou pleteninu byla provedena dvěma způsoby. Nejdříve byla připravena sorpce jódu na PA-6 pleteninu dle Dr. Schwertasska a následně z dlouhé lázně.

2.1.1 Odměrný roztok $Na_2S_2O_3$ a zásobní roztok I_2

Pro stanovení přesné koncentrace odměrného roztoku a zásobního roztoku jódu bylo vycházeno z analytické metody jodometrie. Indikátorem je škrobový maz, který má v přitomnosti jódu modré zbarvení.

2.1.1.1 Příprava odměrného roztoku $Na_2S_2O_3$

Byl připraven 0,1 M odměrný roztok thiosíranu sodného. Na předvážkách bylo naváženo 24,82 g thiosíranu sodného, který byl rozpuštěn v malém množství vody, převeden do odměrné baňky o objemu 1 litru a doplněn destilovanou vodou po rysku. Aby byl odměrný roztok thiosíranu sodného stabilizován, byly přidány 2 g uhličitanu sodného. Takto byly připraveny dva odměrné roztoky.

Standardizace roztoku $Na_2S_2O_3$

Základní látka neboli standard je používána ke stanovení přesné koncentrace odměrného roztoku. Základní látka musí mít chemickou čistotu látky mininimálně 99,99 %, přesně definované chemické složení, definovaný stechiometrický poměr reakce se stanovovanými látkami a musí být stálá při skladování.

Jelikož thiosíran sodný není základní látka, musí se standardizovat. Ke standardizaci roztoku thiosíranu sodného byl použit dichroman draselný jako základní látka. Tato standardizace byla stanovena nepřímou titrací dle rovnice 2.1.

Rovnice 2.1 - Nepřímá titrace

$$Cr_2O_7^{2-} + 6I^- + 14H^+ \rightarrow 2Cr^{3+} + 3I_2 + 7H_2O$$

$$I_2 + S_2O_3^{2-} \rightarrow 2I^- + S_4O_6^{2-}$$

Na analytických vahách byl diferenčně navážen dichroman draselný (0,0788 g), převeden do titrační baňky a zředěn malým množstvím destilované vody. Poté bylo přidáno 5 ml 2 M H_2SO_4 a 1 g jodidu draselného. Dichroman draselný byl titrován odměrným roztokem $Na_2S_2O_3$ z žlutohnědého do světle žlutého zbarvení. Poté bylo přidáno 10 ml indikátoru

škrobový maza roztok zmodral. Následně bylo titrováno z modrého zbarvení do slabě nazelenalého odstínu. Nazelenalý roztok byl způsobem vznikem chromité soli. Takto byla titrace provedena třikrát, aby se získala průměrná spotřeba thiosíranu.

Přesná koncentrace odměrného roztoku thiosíranu byla vypočítána z navážky dichromanu draselného, molární hmotnosti dichromanu (M = 294,2 g/mol), spotřeby odměrného roztoku thiosíranu v ml vynásobeného stechiometrickým poměrem *6* dle výše uvedených rovnic.

$$c_{S_2O_3^{2-}} = \frac{6 \cdot m_{Cr_2O_7^{2-}}}{M_{Cr_2O_7^{2-}} \cdot V_{S_2O_3^{2-}}} [mol/l]$$

Pro tento roztok byl stanoven faktor thiosíranu sodného dle vzorce, který byl nalezen v laboratorní příručce pro technologii polymerů. [11]

$$f = \frac{n}{A \cdot 0{,}0049035}$$

kdy, *n* je navážka dichromanu draselného v g, *A* je spotřeba thiosíranu sodného v ml.

Faktory připravených roztoků byly pro roztok č. 1; f = 1,0503 a pro roztok č. 2; f = 0,979.

Příprava indikátoru – škrobový maz

Indikátor škrobový maz byl připraven navážením 2 g bramorového škrobu, který byl rozpuštěn ve 100 ml studené destilované vody. Dále bylo připraveno 400 ml destilované vody přivedené k varu. Takto připravená horká voda byla za stálého míchaní přelita do již připravené studené vody s naváženým bramborovým škrobem. Vzniklý roztok byl za horka přefiltrován přes skládaný filtr do kádinky. Takto připravený škrobový maz byl uchováván v odměrné baňce.

2.1.1.2 Příprava zásobního roztoku I_2

Byl připraven zásobní roztok jódu do odměrné baňky navážením 5 g I_2, 40 g KI a doplněn destilovanou vodou po rysku. Zásobní roztok jódu byl uchováván na tmavém místě.

Standardizace roztoku I_2

Roztok jódu byl standardizován odměrným roztokem thiosíranu sodného 0,1 M.

Do titrační baňky bylo odpipetováno 10 ml připraveného zásobního roztoku jódu. Roztok byl mírně zředěn destilovanou vodou a bylo přidáno 5 ml 4 M HCl. Roztok jódu byl titrován odměrným roztokem thiosíranu z žlutohnědého zbarvení do světle žlutého zbarvení. Poté byl

přidán škrobový maz. Po zmodrání byl roztok dotitrován z modrého zabrevení do odbarvení. Takto byla titrace provedena třikrát, aby se získala průměrná spotřeba thiosíranu.

Přesná koncentrace zásobního roztoku jódu byla vypočítána ze spotřeby odměrného roztoku thiosíranu v ml, molární hmotnosti thiosíranu (M = 248,2 g/mol) a titrační stechiometrie dle výše uvedených rovnic. Bylo vycházeno z představy, že 1 ml 0,1 M $Na_2S_2O_3$ odpovídá 12,69 mg jódu.

2.1.2 Sorpce jódu na polyamidovou pleteninu dle Dr. Schwertasska

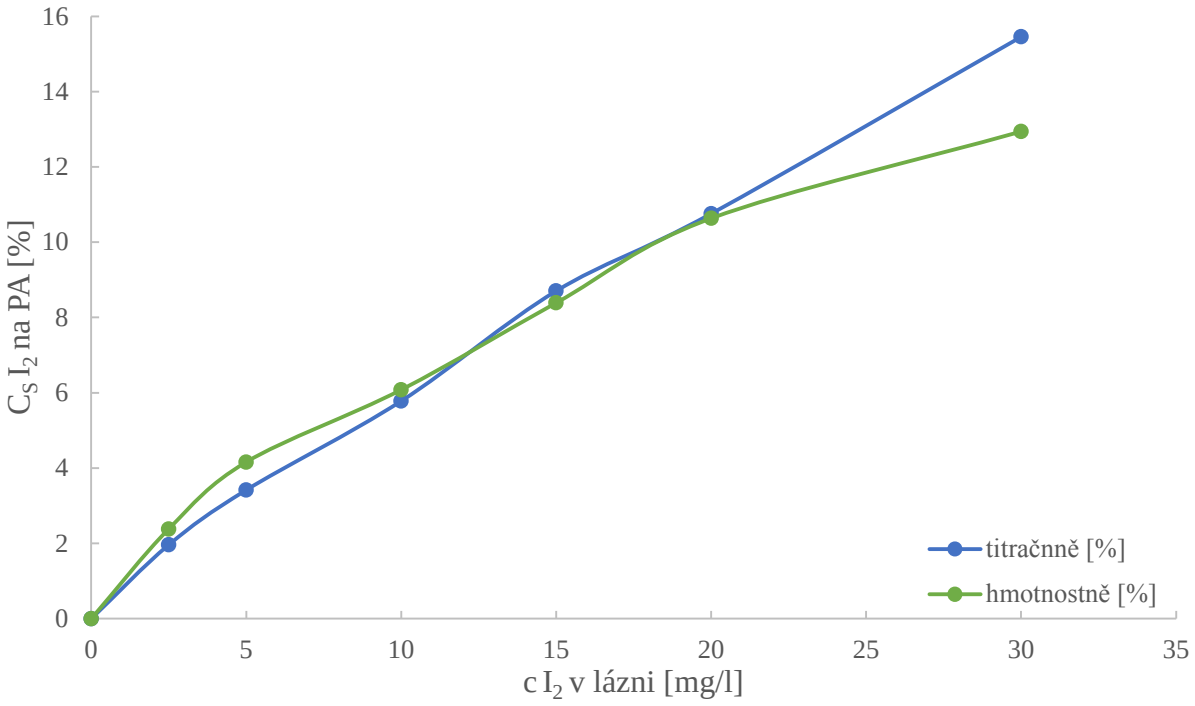
Do připravených nádob s ohledem na dokonale rovné dno, byly vloženy pleteniny polyamidu o rozměrech 13 x 13 cm s hmotností přesně asi 1 g PA-6 pleteniny. K pleteninám bylo pipetováno 10 ml zásobního roztoku jódu o předem zvolené koncentraci. Nádoba byla důkladně promíchána tak, aby celá plocha pleteniny byla smočena pipetovaným roztokem jódu. Byla zahájena sorpce jódu na PA s odpočtem času. Nádoba se sorbujícím PA byla ponechána 1 h stát s promícháním každých 10 min, aby bylo dosaženo rovnoměrné sorpci. Po uplynutí 1 h bylo do nádoby odpipetováno 50 ml destilované vody, roztok s pleteninou PA byl důkladně promíchán a opět ponechán stát 1 h s promícháním každých 10 min. Po 2 h byly pleteniny PA vyjmuty, promyty destilovanou vodou a volně usušeny. U zbylých roztoků byla stanovena koncentrace jódu po sorpci viz. tabulka 2.1. Ze získaných hodnot byla vytvořena sorpční izoterma viz. graf 2.1.

Obrázek 2.1 – Jodovaná pletenina PA-6 s různým obsahem jódu dle Dr. Schvertasska

Tabulka 2.1 - Sorpční izoterma jódu na PA pletenině dle Dr. Schwertasska

c_L I_2[g/l]	Hmotnost PA [g]	Množství $Na_2S_2O_3$ [ml]	Stanovení I_2 titračně [%]	Stanovení I_2 hmotnostně [%]
0	0	0	0	0
2,5	1,0096	0,20	1,89	1,84
5	1,0001	1,35	2,85	2,90
10	1,0053	2,75	5,24	5,73
15	1,0090	4,45	7,48	7,06
20	1,0055	6,50	9,65	9,41
30	1,0033	11,50	12,27	11,83

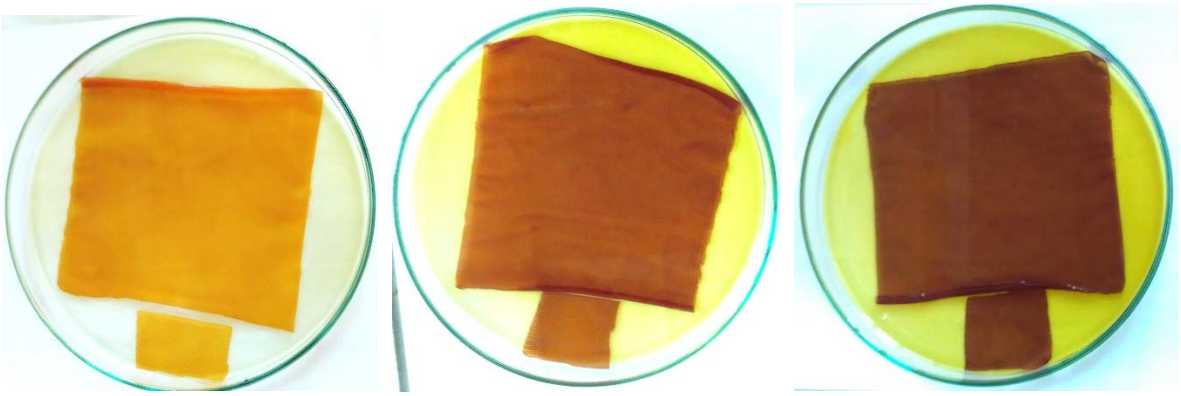
Graf 2.1 - Sorpční izoterma jódu na PA pletenině dle Dr. Schwertasska



2.1.3 Sorpce jódu na polyamidovou pleteninu z dlouhé lázně

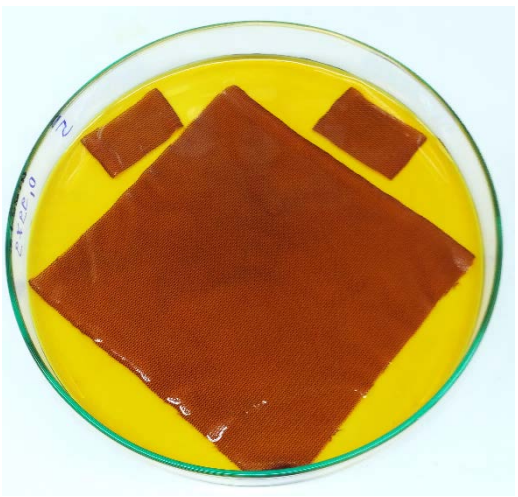
Postup dle Dr. Schwertasska poskytoval nerovnoměrnou sorpci jódu na polyamid. Byla provedena sorpce jódu na PA pleteninu z dlouhé lázně. Postup byl obdobný, jen se pipetovaný objem 50 ml destilované vody přidal hned na začátek sorpce.

Pleteniny PA byly vloženy do nádob s rovným dnem. K pleteninám bylo pipetováno 10 ml zásobního roztoku jódu o předem zvolené koncentraci. Dále bylo k pletenině odpipetováno 50 ml destilované vody. Nádoba s pleteninou byla důkladně promíchána tak, aby celá plocha pleteniny byla smočena. Byla zahájena sorpce jódu na PA s odpočtem času. Nádoba se sorbujícím PA byla ponechána 2 h stát s promícháním každých 10 min pro rovnoměrnou sorpci na PA pleteninu.



Obrázek 2.2 – Sorpce roztoku jódu 10 g/l na PA-6 pleteninu v průběhu 2 h

Po 2 h byly pleteniny PA vyjmuty, promyty destilovanou vodou a volně usušeny. U zbylých roztoků byla stanovena koncentrace jódu po sorpci (tabulka 2.2). Ze získaných hodnot byla vytvořena sorpční izoterma (graf 2.2).



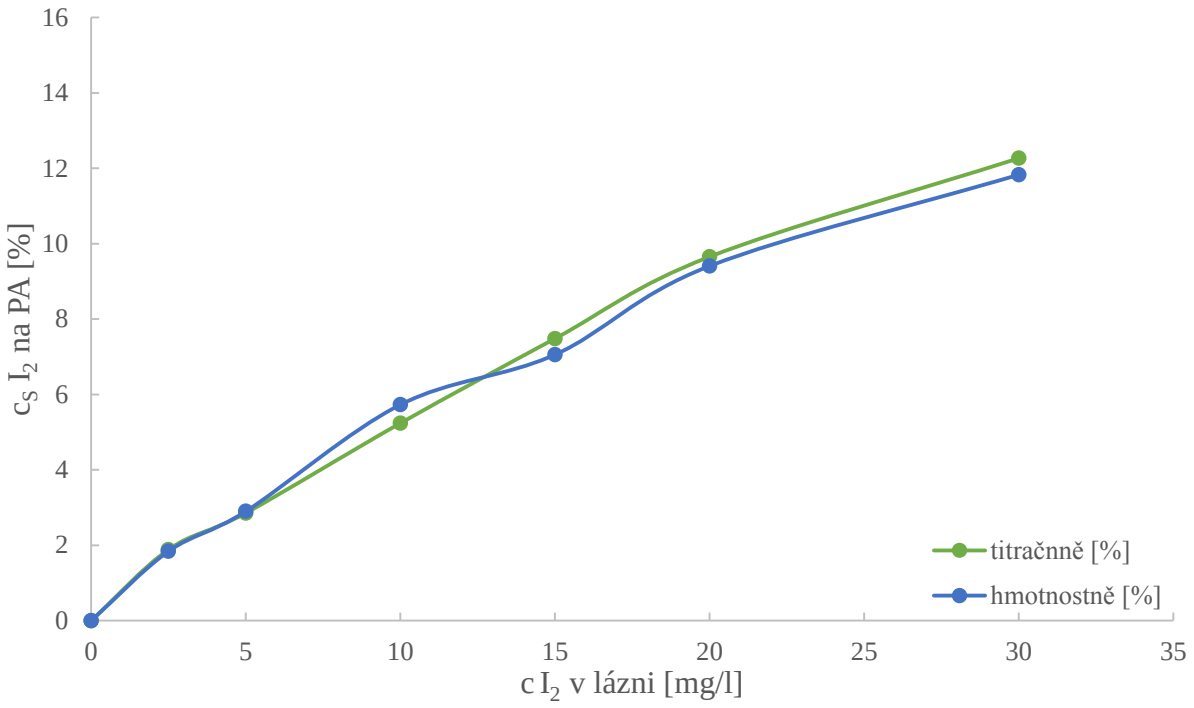
Obrázek 2.3 – Sorpce roztoku I_2 10 g/l na PA-6 (vlevo)

Obrázek 2.4 – PA-6 po sorpci I_2 z roztoku 10 g/l (vpravo)

Tabulka 2.2 - Sorpční izoterma jódu na PA pletenině z dlouhé lázně

c_L I_2 [g/l]	Hmotnost PA [g]	Množství $Na_2S_2O_3$ [ml]	Stanovení I_2 titračně [%]	Stanovení I_2 hmotnostně [%]
0	0	0	0	0
2,5	1,0003	0,55	1,46	1,45
5	1,0028	0,85	3,48	3,48
10	1,0002	2,05	6,15	6,15
15	0,9926	3,85	8,37	8,37
20	1,0094	6,10	10,12	10,12
30	1,0073	8,65	15,81	14,92

Graf 2.2 - Sorpční izoterma jódu na PA pletenině z dlouhé lázně



Další naměřené hodnoty:

Pro další studium desorpce jódu z PA pleteniny byla připravena řada vzorků s obsahem cca 5 % a 1,7 %. Procenta koncentrace jodované polyamidové pleteniny byly voleny s ohledem na stanovenou mikrobiální účinek jak je ukázáno v kapitole 2.2.

Tabulka 2.3 - Naměřené hodnoty sorpce roztoku 10 g/l I_2 na PA-6

10 g/l jódu		
Hmotnost PA [g]	**Množství $Na_2S_2O_3$ [ml]**	**Stanovení I_2 titračně [%]**
1,0023	2,54	5,79
1,0383	2,47	5,68
1,0175	2,66	5,56
1,0129	2,62	5,63
1,0434	2,58	5,52
1,0469	2,62	5,45
1,0657	2,67	5,30
1,0263	2,56	5,63

Tabulka 2.4 - Naměřené hodnoty sorpce roztoku 10 g/l I_2 na PA-6

10 g/l I_2		
Hmotnost PA [g]	**Množství $Na_2S_2O_3$ [ml]**	**Stanovení I_2 titračně [%]**
1,0540	2,61	5,17
1,0384	2,89	4,92
1,0283	2,30	5,68
1,0576	2,23	5,60
1,0346	2,50	5,40
1,0268	2,76	5,13

Tabulka 2.5 - Naměřené hodnoty sorpce roztoku 10 g/l I_2 na PA-6

10 g/l I_2		
Hmotnost PA [g]	**Množství $Na_2S_2O_3$ [ml]**	**Stanovení I_2 titračně [%]**
1,0324	2,86	4,93
1,0451	2,40	5,48
1,0757	2,70	4,91
1,0169	2,69	5,21
1,0281	2,62	5,24
1,0521	2,48	5,28
1,0221	2,80	5,05

Tabulka 2.6 - Naměřené hodnoty sorpce roztoku 10 g/l I_2 na PA-6

10 g/l I_2		
Hmotnost PA [g]	**Množství $Na_2S_2O_3$ [ml]**	**Stanovení I_2 titračně [%]**
1,0084	2,72	5,34
1,0001	2,54	5,61
1,0027	2,50	5,64
0,9923	2,52	5,68
0,9979	2,55	5,61
1,0025	2,48	5,67
1,0032	2,50	5,64
1,0089	2,40	5,73
1,0008	2,51	5,64
1,0021	2,68	5,42

Tabulka 2.7 - Naměřené hodnoty sorpce roztoku 2,5 g/l I_2 na PA-6

2,5 g/l I_2		
Hmotnost PA [g]	**Množství $Na_2S_2O_3$ [ml]**	**Stanovení I_2 titračně [%]**
1,0422	0,39	1,67
1,0392	0,34	1,74
0,9916	0,34	1,82
1,0402	0,30	1,79
1,0190	0,25	1,88

Tabulka 2.8 - Naměřené hodnoty sorpce roztoku 2,5 g/l I_2 na PA-6

2,5 g/l I_2		
Hmotnost PA [g]	**Množství $Na_2S_2O_3$ [ml]**	**Stanovení I_2 titračně [%]**
1,0086	0,36	1,76
0,9940	0,43	1,69
1,0064	0,38	1,74
1,0071	0,34	1,78
0,9930	0,40	1,73

Tabulka 2.9 - Naměřené hodnoty sorpce roztoku 2,5 g/l I_2 na PA-6

2,5 g/l I_2		
Hmotnost PA [g]	**Množství $Na_2S_2O_3$ [ml]**	**Stanovení I_2 titračně [%]**
1,0028	0,38	1,75
1,0072	0,37	1,75
1,0054	0,34	1,79
1,0051	0,36	1,77
1,0013	0,34	1,80
1,0058	0,42	1,69
0,9894	0,36	1,80

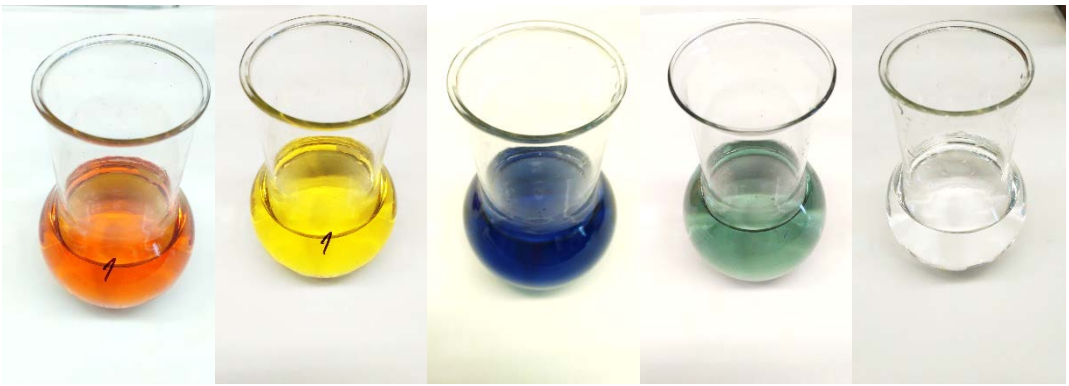
2.1.4 Stanovení obsahu jódu v připravených krytech ran

Stanovení obsahu jódu na jodovaném polyamidu bylo provedeno buď titrační metodou nebo dle hmotností před a po sorpci, kdy titrační metoda byla zřejmě pro stanovení hmotnosti I_2 přesnější. Pro hmotnostní stanovení jódu na pletenině by bylo nutno pleteninu před i po sorpci klimatizovat s ohledem na hydrofilitu PA vlákna.

2.1.4.1 Titrační metoda

Zbylý roztok sorpční lázně po sorpci jódu na PA-6 pleteninu společně s prací lázní byl převeden do titrační baňky. Roztok v titrační baňce byl titrován odměrným roztokem $Na_2S_2O_3$ z oranžovohnědého odstínu do světle žlutého odstínu. Poté byl přidán škrobový maz jako indikátor, který v přítomnosti jódu zmodrá. Následně byl roztok dotitrován thiosíranem sodným z modrého odstínu přes světle zelený do odbarvení, kdy bylo dosaženo bodu ekvivalence. Získané hodnoty spotřeby odměrného roztoku thiosíranu byly zaznamenány v tabulce

2.1 – 2.10 ze spotřeby odměrného roztoku byl vypočítán obsah jódu ve zbylé lázni a z toho obsah jódu na PA-6 pletenině v % (tabulka 2.1 – 2.10).



Obrázek 2.5 – Barevné změny při stanovení obsahu jódu jodometrickou titrací thiosíranem sodným

2.1.4.2 Stanovení dle hmotností

Stanovení dle hmotností bylo provedeno následovně. Nejprve byla zvážena na analytických vahách na čtyři desetinná místa PA-6 pletenina o rozměrech 13 x 13 cm o hmotnosti přesně asi 1 g. Poté byla PA-6 pletenina podrobena sorpci jódu. Jodovaná pletenina PA-6 byla po oplachu destilovanou vodou usušena volně na vzduchu a následně zvážena na analytických vahách na čtyři desetinná místa. Z příbytku hmotnosti na PA-6 byl vypočítán obsah jódu na PA-6 pletenině v % viz tabulka 2.1 a 2.2.

2.2 Stanovení mikrobiologické účinnosti připravených krytů ran s různým obsahem jódu

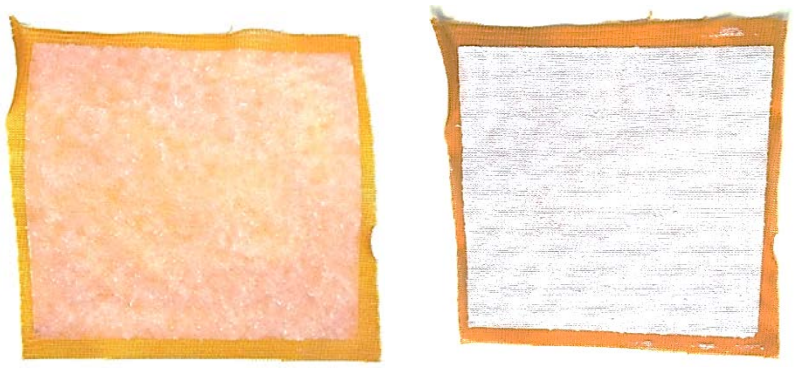
Antimikrobiální účinek jodovaných polyamidů s obsahem jódu 1,8 %; 4,5 % a 12 % byl sledován na mikroorganismech Klebsiella pneumoniae, Staphylococcus aureus a Candida albicans.

Koncentrace 1,8 % I_2 nevykazovala žádný antimikrobiální účinek. Koncentrace 4,5 % I_2 na PA-6 pletenině vykazovala bakteriostatický účinek vůči Klebsiella pneumoniae a Staphylococcus aureus. Koncentrace 12 % I_2 vykazovala baktericidní účinek vůči všem studovaným mikroorganismům. Koncentrace I_2 na PA kolem 8 % a více vykazovala malou stabilitu připravených vzorků. Dochází totiž k výrazné sublimaci jódu z PA-6 materiálů. Proto byla další studie sorpce a desorpce jódu na PA zaměřena na koncentraci cca 5 % I_2 na PA-6 pletenině.

2.3 Příprava vrstvy staplových mikrovláken na jódovaném polyamidu

Dle patentu WO 2013167098A2 z roku 2013 se staplová mikrovlákna kyseliny hyaluronové připravují s délkou více než 800 μm a zpracovaný do plošných útvarů o plošné hmotnosti cca 15 g/m^2. Princip spočívá v přípravě zvlákňovacího roztoku a následné zvláknění v nestacionární koagulační lázni propan-2-olu. Pro tvorbu vláken a jejich dloužení byla použita cirkulující lázeň nerozpouštědla, do které byl pomocí jehly zaváděn zvlákňovací roztok kyseliny hyaluronové.

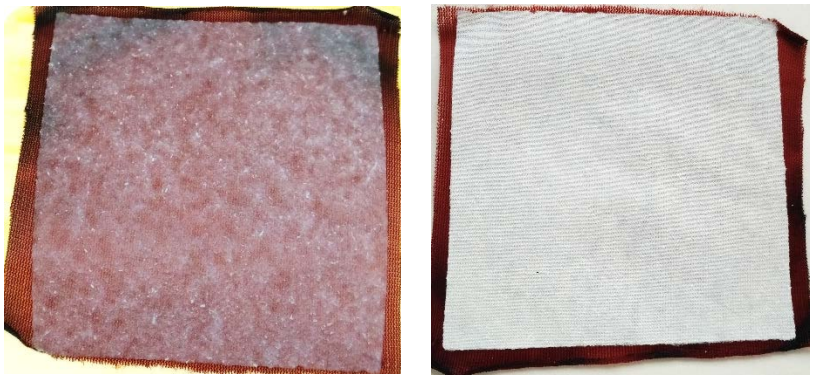
Nejprve byl připraven 1 % vodný roztok kyseliny hyaluronové, který byl zvlákněn do nestacionární koagulační lázně propan-2-olu. Byla vytvořena staplové mikrovlákna kyseliny hyaluronové o délce cca 2 – 10 cm. Staplová mikrovlákna byla zkrácena na průměrnou délku 0,3 – 0,7 mm na stolním nožovém mixeru. Suspenze pokrácených staplových mikrovláken byla zředěna propan-2-olem na objem 500 ml a následně promíchána. Z tohoto objemu bylo odměřeno 100 ml získané suspenze a suspenze byla opět zředěna propan-2-olem na objem 300 ml. Tato příslušně odměřená suspenze staplových mikrovláken kyseliny hyaluronové byla přefiltrována přes pleteninu PA-6. Získaný mokrý list staplových mikrovláken byl odsát na vakuovém filtru s dodatečným odmačkem mezi filtračním papírem. Vytvořený list staplových mikrovláken kyseliny hyaluronové byl dosušen v sušárně při 54°C po dobu 3 – 4 minut. Tuto vrstvu staplových mikrovláken kyseliny hyaluronové je možno připravit na již jodovanou pleteninu PA-6 (viz. obr. 2.6 a 2.7), na samostatnou pleteninu PA-6 nebo vrstvu následně po filtraci a sušení sejmout a použít ji jako samostatný list staplových mikrovláken kyseliny hyaluronové. Tento uvedený postup byl převzat z patentu WO 2013167098A2.



Obrázek 2.6 – Staplová mikrovlákna HA

a) staplová mikrovlákna HA v „mokrém stavu“ ihned po nafiltrování na pleteninu PA-6 s obsahem 1,7% I_2 (vlevo)

b) staplová mikrovlákna HA nafiltrována na PA-6 s obsahem 1,7 % I_2 po zasušení (vpravo)



Obrázek 2.7 – Staplová mikrovlákna HA

a) staplová mikrovlákna HA v „mokrém stavu“ bezprostředně po nafiltrování na pleteninu PA-6 s obsahem 5% I_2 (vlevo)

b) staplová mikrovlákna HA nafiltrována na PA-6 s obsahem 5 % I_2 po zasušení (vpravo)

2.4 Desorpce jódu z připravených krytů ran

Byla provedena simulovaná desorpce jódu z PA pleteniny za modelových podmínek rány. Desorpce byla studována v destilované vodě a ve fyziologickém roztoku.

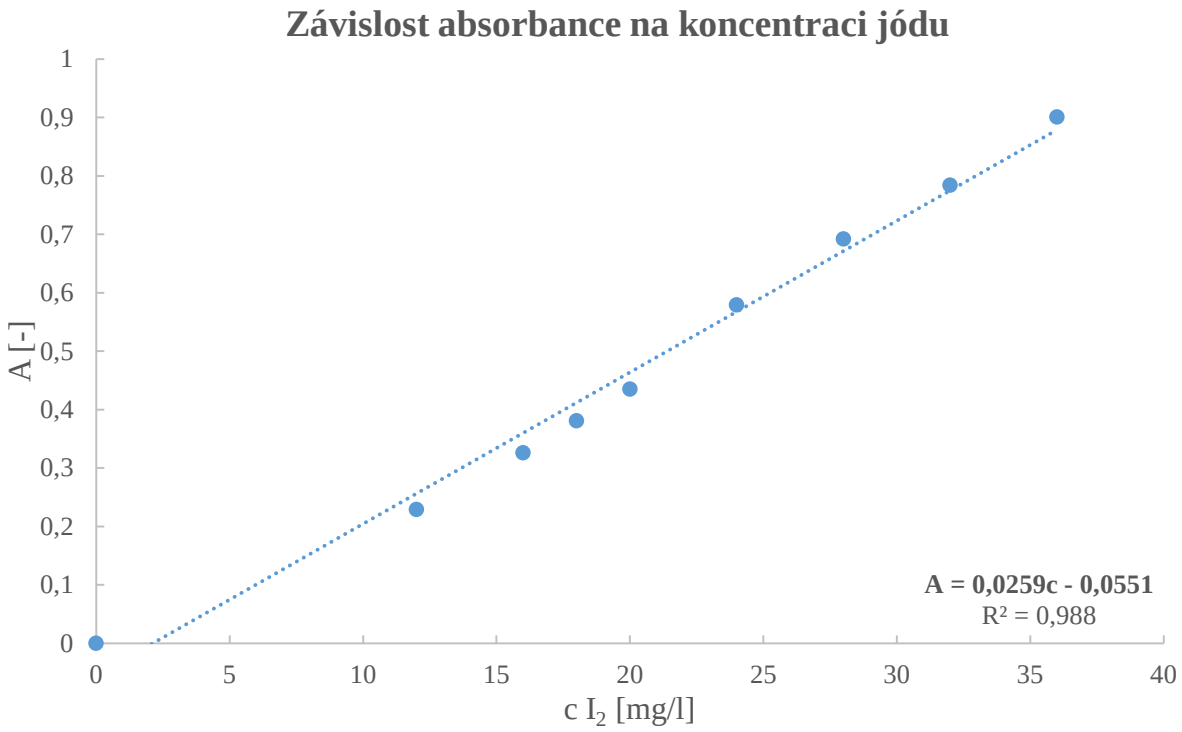
2.4.1 Kalibrační řada desorpce v destilované vodě

K získání závislosti absorbance roztoku jódu v destilované vodě na jeho koncentraci a tím tedy kalibrační křivky byla vytvořena koncentrační řada roztoků o koncentracích 12; 16; 18; 20; 28; 32 a 36 mg/l jódu. Tato koncentrační řada byla proměřena na spektrofotometru Helios Gamma. Roztoky byly proměřeny ve vlnové délce 350 – 700 nm, aby bylo zjištěno absorpční maximum. Absorpční maximum bylo stanoveno při **359 nm**. K uvedené koncentrační řadě roztoků byly získány hodnoty absorbancí. Hodnoty absorbancí byly zaznamenávány do tabulky 2.10. Proměřovaný roztok byl popř. naředěn tak, aby měřená hodnota absorbance byla v rozmezí hodnot 0 - 1. Absorbance naředěného roztoku byla poté přepočítána na absorbanci původní. Naměřené hodnoty byly zpracovány do tabulky 2.10, ze kterých byl vytvořen graf 2.3 závislosti absorbance na koncentraci proložený lineární regresí a získání rovnice přímky, ze které byly vypočteny koncentrace jódu desorbovaných vzorků (tabulky 2.13 – 2.16).

Tabulka 2.10 - Naměřené hodnoty pro vytvoření kalibrační křivky

c I_2 [mg/l]	Absorbance
36	0,901
32	0,784
28	0,692
24	0,579
20	0,435
18	0,381
16	0,326
12	0,229
0	0

Graf 2.3 - Kalibrační křivka – závislost absorbance na koncentraci jódu



2.4.2 Desorpce jódu z jódovaného polyamidu z dlouhé lázně

Byl připraven fyzilologický roztok do odměrné baňky 500 ml navážením 4,5 g NaCl a doplněním destilovanou vodou po rysku. [63]

Oba dva roztoky byly vytemperovány na teplotu 37 °C, což odpovídá průměrné teplotě lidského těla.

Pro studium desorpce byly použity jodované PA o koncentraci I_2 na PA pletenině 5 % a 1,7 % (viz kapitola 2.1.3).

Tabulka 2.11 - Připravené kryty ran s obsahem 5 % I_2 k desorpci (vybrané kryty jsou označeny žlutě) viz kapitola 2.1.3

10 g/l I_2			
Hmotnost PA [g]	**Množství $Na_2S_2O_3$ [ml]**	**Stanovení titračně [%]**	**Desorpční lázeň**
1,0023	2,54	5,79	
1,0383	2,47	5,68	Fyziologický roztok
1,0175	2,66	5,56	Destilovaná voda
1,0129	2,62	5,63	
1,0434	2,58	5,52	
1,0469	2,62	5,45	Fyziologický roztok + HA
1,0657	2,67	5,30	Destilovaná voda + HA
1,0263	2,56	5,63	

Tabulka 2.12 - Připravené kryty ran s obsahem 1,7 % I_2 k desorpci (vybrané kryty jsou označeny žlutě) viz kapitola 2.1.3

2,5 g/l I_2			
Hmotnost PA [g]	**Množství $Na_2S_2O_3$ [ml]**	**Stanovení titračně [%]**	**Desorpční lázeň**
1,0422	0,39	1,67	Destilovaná voda + HA
1,0392	0,34	1,74	
0,9916	0,34	1,82	Destilovaná voda
1,0402	0,30	1,79	Fyziologický roztok
1,0190	0,25	1,88	Fyziologický roztok + HA

Byly vybrány 2 připravené vzorky jodovaného PA z tabulky 2.11 (pro obsah jódu 1,7 % z tabulky 2.12), které byly vloženy do Petriho misek. Do jedné označené Petriho misky bylo k jodovanému polyamidu se stanoveným nasorbovaným množstvím jódu pipetováno 25 ml předem vytemperované destilované vody o teplotě 37 °C. Pro druhou variantu s fyziologickým roztokem byla desorpční lázeň připravena obdobně, ale k jodovanému polyamidu s nasorbovaným množstvím jódu bylo pipetováno 25 ml fyziologického roztoku předem vytemperovaného na teplotu 37°C.

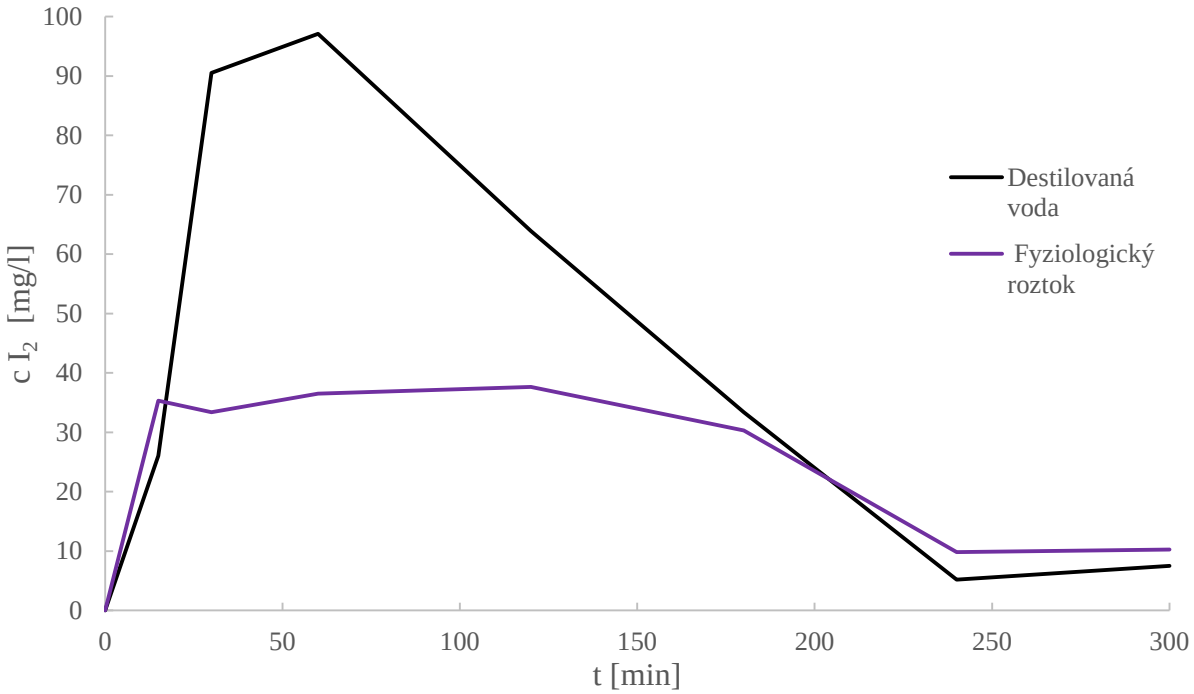
S napipetováním desorpčního roztoku byl měřen čas. Petriho misky byly s desorpčními lázněmi vloženy do vytemperované sušárny UFE 400 vytemperované na 37°C. V časech 15; 30; 60; 120; 180; 240 a 300 minut byly odebírány vzorky do křemenné kyvety, která byla vložena do spektrofotometru Helios Gamma. Roztok byl proměřen ve vlnové délce 350 – 700 nm, aby bylo zjištěno absorpční maximum. Absorpční maximum se vyskytovalo

při 359 nm. Následně byla nastavena hodnota **359 nm** a změřena absorbance daného roztoku při desorpci v uvedených časech. Hodnoty absorbancí byly zaznamenávány do tabulky 2.13 a 2.14. Proměřovaný roztok byl popř. naředěn tak, aby měřená hodnota absorbance byla v rozmezí hodnot 0 - 1. Absorbance naředěného roztoku byla poté přepočítána na absorbanci původní. Naměřené hodnoty byly zpracovány do tabulky 2.13 a 2.14, ze kterých byl vytvořen graf 2.4 a 2.5.

Tabulka 2.13 - Naměřené hodnoty absorbance v závislosti na čase desorpce, koncentrace I_2 vypočítána z rovnice kalibrační přímky ***A = 0,0259c - 0,0551***

5 % I_2	**T [min]**	**Absorbance**	**c I_2 [mg/l]**
Destilovaná voda	0	0	0
	15	0,620	26,07
	30	2,290	90,54
	60	2,460	97,11
	120	1,600	63,90
	180	0,810	33,40
	240	0,080	5,22
	300	0,140	7,53
Fyziologický roztok	**T [min]**	**Absorbance**	**c I_2 [mg/l]**
	0	0	0
	15	0,860	35,33
	30	0,810	33,40
	60	0,890	36,49
	120	0,920	37,65
	180	0,730	30,31
	240	0,200	9,85
	300	0,210	10,24

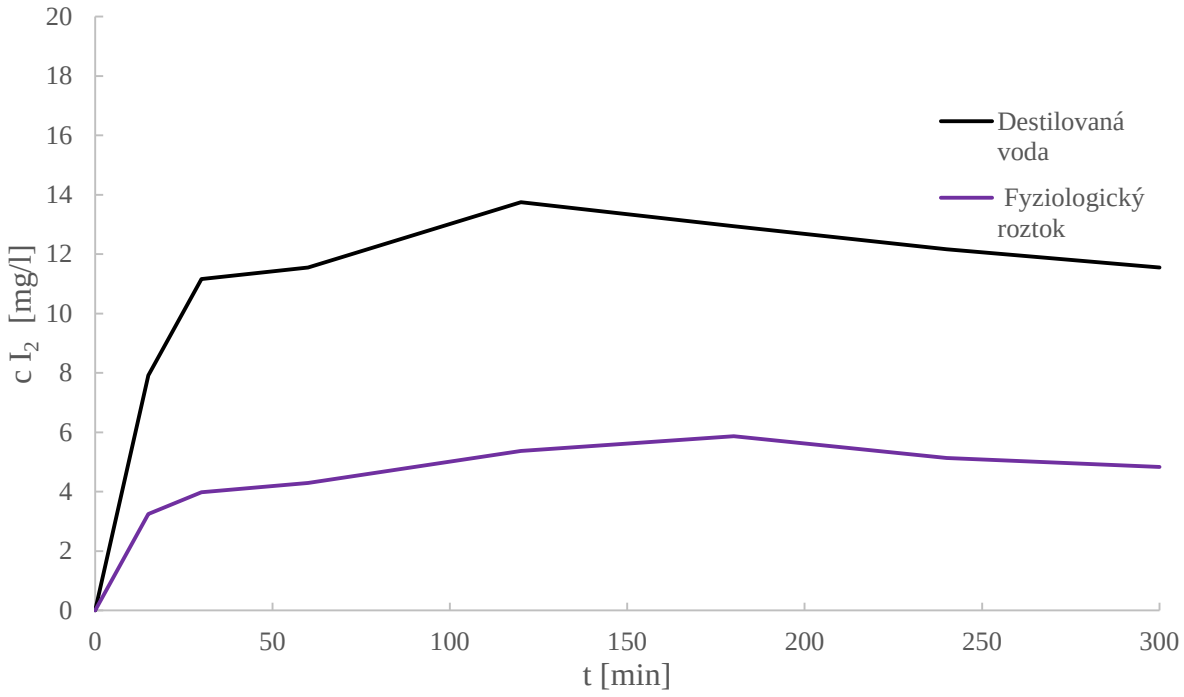
Graf 2.4 - Desorpční závislost koncentrace 5% I_2 na čase při 37 ^oC v destilované vodě a fyziologickém roztoku



Tabulka 2.14 - Naměřené hodnoty absorbance v závislosti na čase desorpce, koncentrace I_2 vypočítána z rovnice kalibrační přímky ***A = 0,0259c - 0,0551***

1,7 % I_2	**T [min]**	**Absorbance**	**c I_2 [mg/l]**
Destilovaná voda	0	0	0
	15	0,150	7,92
	30	0,230	11,16
	60	0,240	11,55
	120	0,300	13,75
	180	0,280	12,94
	240	0,260	12,17
	300	0,240	11,55
Fyziologický roztok	**T [min]**	**Absorbance**	**c I_2 [mg/l]**
	0	0	0
	15	0,029	3,25
	30	0,048	3,98
	60	0,056	4,29
	120	0,084	5,37
	180	0,097	5,87
	240	0,078	5,14
	300	0,070	4,83

Graf 2.5 - Desopční závislost koncentrace 1,7% I_2 na čase při 37 °C v destilované vodě a fyziologickém roztoku



2.4.3 Desorpce jódu ze vzorku, kde je kombinace I_2 na PA pletenině se staplovým mikrovláknem z HA

Tento postup se liší v objemu desorpčních roztoků a připravených krytů i s kyselinou hyaluronovou viz. kapitola 2.4.2.

Již připravený fyziologický roztok a destilovaná voda byly vytemperovány na teplotu 37 °C. Byly vybrány 2 připravené jodované polyamidy, se stanoveným nasorbovaným množství jódu, na kterých byla nafiltrována vrstva staplových mikrovláken kyseliny hyaluronové, proto tedy kombinovaný vzorek. Tyto kryty byly vloženy do Petriho misek. Do jedné označené Petriho misky bylo ke krytu s nasorbovaným množstvím jódu pipetováno 50 ml předem vytemperované destilované vody o teplotě 37 °C. Pro druhou variantu s fyziologickým roztokem byla desorpční lázeň připravena obdobně s tím rozdílem, že ke krytu s nasorbovaným množstvím jódu bylo pipetováno 50 ml fyziologického roztoku předem vytemperovaného na teplotu 37°C. Objem desorpčních roztoků je větší, aby bylo možné odebírané vzorky proměřit. Kyselina hyaluronová absorbuje hodně vody a tvoří gel, který by při vizkozitě nebylo možné proměřit.

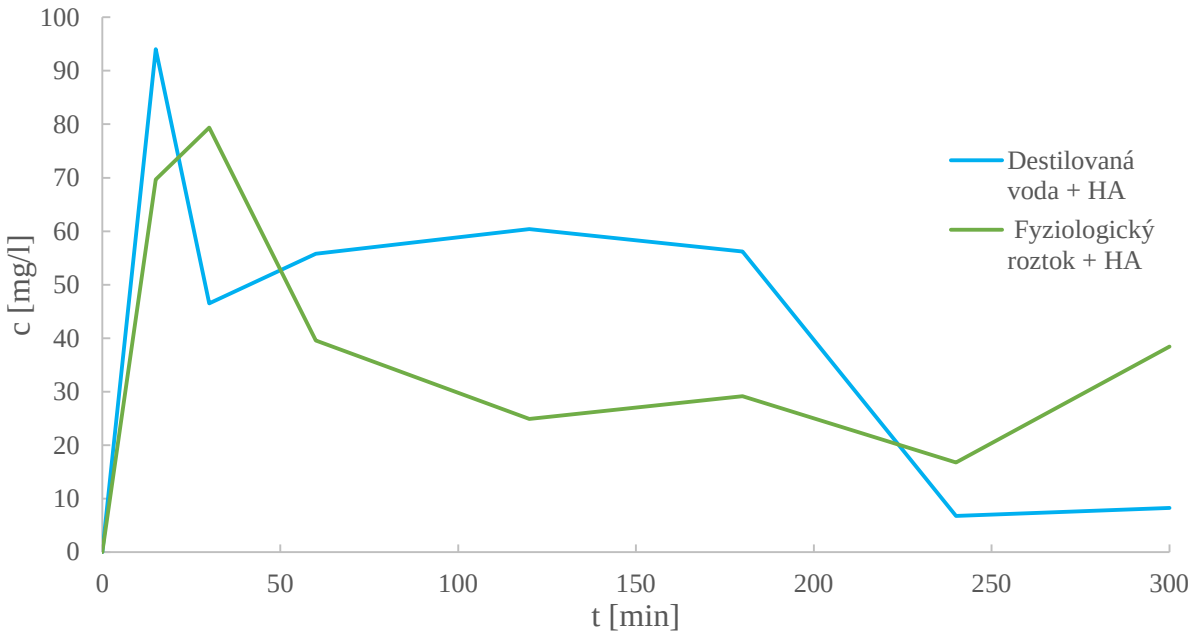
Dále je postup stejný jako u desorpce jódu z PA pleteniny v destilované vodě a to následně. S napipetováním desorpčního roztoku byl měřen čas. Petriho misky byly

s desorpčními lázněmi vloženy do vytemperované sušárny Memmert UFE 400. V časech 15; 30; 60; 120; 180; 240 a 300 minut byly odebírány vzorky desorpčního roztoku do křemenné kyvety, která byla vložena do spektrofotometru Helios Gamma. Roztok byl proměřen ve vlnové délce 350 – 700 nm, aby bylo zjištěno absorpční maximum. Absorpční maximum se vyskytovalo při 359 nm. Následně byla nastavena hodnota **359 nm** a změřena absorbance daného roztoku při desorpci v uvedených časech. Hodnoty absorbancí jsou uvedeny v tabulce 2.15 a 2.16. Proměřovaný roztok byl popř. naředěn tak, aby měřená hodnota absorbance byla v rozmezí hodnot 0 - 1. Absorbance naředěného roztoku byla poté přepočítána na absorbanci původní koncentrace. V tomto případě byly hodnoty absorbancí přepočítány i na základních 25 ml desorpčních roztoků, aby jejich výsledky byly mezi sebou srovnatelné. Naměřené hodnoty byly zpracovány do tabulky 2.15 a 2.16, ze kterých byl vytvořen graf 2.6 a 2.7.

Tabulka 2.15 - Naměřené hodnoty absorbance v závislosti na čase desorpce, koncentrace I_2 vypočítána z rovnice kalibrační přímky ***A = 0,0259c - 0,0551***

5 % I_2	**T [min]**	**Absorbance**	**c I_2 [mg/l]**
Destilovaná voda + HA	0	0	0
	15	2,380	94,02
	30	1,150	46,53
	60	1,390	55,80
	120	1,510	60,43
	180	1,400	56,18
	240	0,120	6,76
	300	0,160	8,31
Fyziologický roztok + HA	**T [min]**	**Absorbance**	**c I_2 [mg/l]**
	0	0	0
	15	1,750	69,69
	30	2,000	79,35
	60	0,970	39,58
	120	0,590	24,91
	180	0,700	29,15
	240	0,380	16,80
	300	0,940	38,42

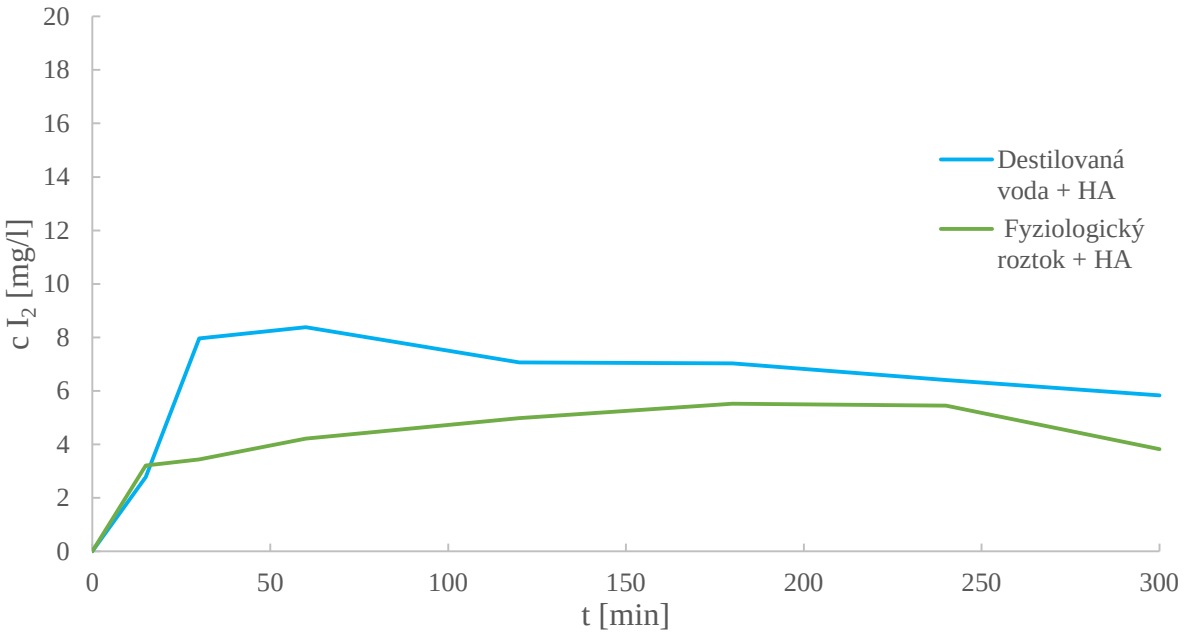
Graf 2.6 - Desorpční závislost koncentrace 5% I_2 na čase při 37 ^oC v destilované vodě a fyziologickém roztoku s HA



Tabulka 2.16 - Naměřené hodnoty absorbance v závislosti na čase desorpce, koncentrace I_2 vypočítána z rovnice kalibrační přímky ***A = 0,0259c - 0,0551***

1,7 % I_2	**T [min]**	**Absorbance**	**c I_2 [mg/l]**
Destilovaná voda + HA	0	0	0
	15	0,017	2,78
	30	0,151	7,96
	60	0,162	8,38
	120	0,128	7,07
	180	0,127	7,03
	240	0,111	6,41
	300	0,096	5,83
Fyziologický roztok + HA	**T [min]**	**Absorbance**	**c I_2 [mg/l]**
	0	0	0
	15	0,028	3,21
	30	0,034	3,44
	60	0,054	4,21
	120	0,074	4,98
	180	0,088	5,53
	240	0,086	5,45
	300	0,044	3,83

Graf 2.7 - Desorpční závislost koncentrace 1,7% I_2 na čase při 37 ^oC



2.4.4 Množství jódu uvolněného při desorpci - 5 % a 1,7 % I_2

Dle naměřených a vypočtených hodnot z kapitoly 2.4.1, 2.4.2 a 2.4.3 byly zpracovány tabulky 2.17, 2.18, 2.19 a 2.20, ve kterých je vypočten obsah mg I_2 na PA-6 pro různé desorpční lázně. Uvedené tabulky uvádějí z hodnot získaných absorbancí množství nasorbovaného I_2 mg/PA, množství I_2 mg/PA po desorpci a množství mg I_2, které se uvolní neboli desorbuje do lázně z připraveného jodovaného PA-6.

Pro obsah 5 % jódu na PA-6 se desorbovalo do desorpční lázně (destilovaná voda) 8,09 mg I_2 (tabulka 2.17). Toto množství se neshoduje s hodnatami mg I_2 získaných z K/S metodou objektivního měření barevnosti.

Porovnání hodnot (pro obsah 5 % jódu na PA-6) množství desorbovaného I_2 v mg případě desorpční lázně destilované vody s HA, fyziologického roztoku a fyziologického roztoku s HA nelze zcela srovnat s hodnatami mg I_2 získaných metodou objektivního měření barevnosti (tabulka 2.29). Je to způsobeno tím, že nebyly připraveny kalibrační křivky zvlášť pro destilovanou vodu s HA, fyziologický roztok a fyziologický roztok s HA. Pro měření byla použita ve všech případech jen kalibrační křivka, která byla proměřena v destilované vodě. Zřejmě obsah HA v destilované vodě a fyziologickém roztoku a obsah NaCl ve fyziologickém roztoku ovlivňuje měření absorbance i když se vyskytují v nebarevné formě.

Také je to způsobeno velmi nízkým množstvím desorbovaného I_2 v mg. Proto tato metoda nebude poskytovat přesné výsledky jako metoda pro objektivního hodnocení barevnosti.

Porovnání hodnot pro obsah 1,7 % jódu na PA-6 jsou uvedeny viz tabulky 2.19, 2.20 a 2.30. Vyvozené závěry jsou i v tomto případě stejné.

Tabulka 2.17 - Vypočítané množství I_2 [mg] uvolněné z jodovaného PA při desorpci v destilované vodě

5 % I_2								
Destilovaná voda	T [min]	A [-]	c I_2 [mg/l]	množství I_2 v 25 ml lázně	úbytek jódu z PA [mg]		Nasorbováno I_2 mg/g PA	57,85
	0	0	0	0	0			
	15	0,62	26,07	0,65	57,20		**Celkové množství I_2 desorbovaného do lázně [mg]**	**8,09**
	30	2,29	90,54	2,26	54,93			
	60	2,46	97,11	2,43	52,51			
	120	1,60	63,90	1,60	50,91		Zůstatek I_2 na PA po desorpci [mg]	49,76
	180	0,81	33,40	0,84	50,07			
	240	0,08	5,220	0,13	49,94			
	300	0,14	7,530	0,19	49,76			
Destilovaná voda + HA	T [min]	A [-]	c I_2 [mg/l]	množství I_2 v 25 ml lázně	úbytek jódu z PA [mg]		Nasorbováno I_2 mg/g PA	52,48
	0	0	0	0	0			
	15	2,38	94,02	2,35	50,13		**Celkové množství I_2 desorbovaného do lázně [mg]**	**8,20**
	30	1,15	46,53	1,16	48,97			
	60	1,39	55,80	1,39	47,57			
	120	1,51	60,43	1,51	46,06		Zůstatek I_2 na PA po desorpci [mg]	44,28
	180	1,40	56,18	1,40	44,66			
	240	0,12	6,76	0,17	44,49			
	300	0,16	8,310	0,21	44,28			

Údaje v tabulce jsou vypočteny pro každou desorpční lázeň (např. destilovaná voda). Hodnoty času ukazují, kdy byly odebírány vzorky z desorpční lázně. U odebraných vzorků byla proměřena jejich absorbance (hodnoty absorbancí jsou uvedeny ve vedlejším sloupci). Následující sloupec udává obsah koncentrace jódu při daném čase desorpce, která je vypočtena dosazením do rovnice přímky ***A = 0,0259c - 0,0551*** z kalibračního grafu 2.3. Hodnoty získaných koncentrací byly vyděleny 40 násobným zředěním, čímž bylo vypočteno množství I_2 v 25 ml lázně. Úbytek jódu z PA [mg] byl vypočten z předešlé hodnoty vždy z rozdílu nasorbavaného množství a množství I_2 v 25 ml lázně. Před vložením do destilované vody bylo na PA nasorbováno 57,85 mg/g PA jódu. Po 15 minutách zůstalo na jodovaném

polyamidu 5,20 mg I_2/g PA jódu. Tato hodnota byla vypočtena odečtením nasorbovaných 57,85 mg I_2/g PA a 0,65 mg I_2/g PA.

Po 30 minutách zůstalo na jodovaném polyamidu 54,93 mg I_2/g PA. Tato hodnota byla vypočtena odečtením předchozích 57,20 mg I_2/g PA a 2,26 mg I_2/g PA. Stejným způsobem byla vypočteny tabulky 2.18, 2.19, 2.20, 2.14, 2.25.

Tabulka 2.18 - Vypočítané množství I_2 [mg] uvolněné z jodovaného PA při desorpci ve fyziologickém roztoku

5 % I_2								
Fyziologický roztok	T [min]	A [-]	c I_2 [mg/l]	množství I_2 v 25 ml lázně	úbytek jódu z PA [mg]		Nasorbováno I_2 mg/PA	57,95
	0	0	0	0	0			
	15	0,86	35,33	0,88	57,07		**Celkové množství I_2 desorbovaného do lázně [mg]**	**4,83**
	30	0,81	33,40	0,84	56,23			
	60	0,89	36,49	0,91	55,32			
	120	0,92	37,65	0,94	54,38		Zůstatek I_2 na PA po desorpci [mg]	53,12
	180	0,73	30,31	0,76	53,62			
	240	0,20	9,85	0,25	53,37			
	300	0,21	10,24	0,26	53,12			
Fyziologický roztok + HA	T [min]	A [-]	c I_2 [mg/l]	množství I_2 v 25 ml lázně	úbytek jódu z PA [mg]		Nasorbováno I_2 mg/PA	55,07
	0	0	0	0	0			
	15	1,75	69,69	1,74	53,33		**Celkové množství I_2 desorbovaného do lázně [mg]**	**7,45**
	30	2,00	79,35	1,98	51,34			
	60	0,97	39,58	0,99	50,35			
	120	0,59	24,91	0,62	49,73		Zůstatek I_2 na PA po desorpci [mg]	47,62
	180	0,70	29,15	0,73	49,00			
	240	0,38	16,80	0,42	48,58			
	300	0,94	38,42	0,96	47,62			

Tabulka 2.19 - Vypočítané množství I_2 [mg] uvolněné z PA s obsahem 1,7 % jódu při desorpci v destilované vodě

1,7 % I_2								
Destilovaná voda	T [min]	A [-]	c I_2 [mg/l]	množství I_2 v 25 ml lázně	úbytek jódu z PA [mg]		Nasorbováno I_2 mg/PA	18,71
	0	0	0	0	0			
	15	0,15	7,92	0,20	18,51		**Celkové množství I_2 desorbovaného do lázně [mg]**	**2,03**
	30	0,23	11,16	0,28	18,23			
	60	0,24	11,55	0,29	17,94			
	120	0,30	13,75	0,34	17,60		Zůstatek I_2 na PA po desorpci [mg]	16,68
	180	0,28	12,94	0,32	17,28			
	240	0,26	12,17	0,30	16,97			
	300	0,24	11,55	0,29	16,68			
Destilovaná voda + HA	T [min]	A [-]	c I_2 [mg/l]	množství I_2 v 25 ml lázně	úbytek jódu z PA [mg]		Nasorbováno I_2 mg/PA	16,34
	0	0	0	0	0			
	15	0,02	2,78	0,07	16,27		**Celkové množství I_2 desorbovaného do lázně [mg]**	**1,14**
	30	0,15	7,96	0,20	16,07			
	60	0,16	8,38	0,21	15,86			
	120	0,13	7,07	0,18	15,69		Zůstatek I_2 na PA po desorpci [mg]	15,20
	180	0,13	7,03	0,18	15,51			
	240	0,11	6,41	0,16	15,35			
	300	0,10	5,83	0,15	15,20			

Tabulka 2.20 - Vypočítané množství I_2 [mg] uvolněné z PA s obsahem 1,7 % jódu při desorpci ve fyziologickém roztoku

1,7 % I_2								
Fyziologický roztok	T [min]	A [-]	c I_2 [mg/l]	množství I_2 v 25 ml lázně	úbytek jódu z PA [mg]		Nasorbováno I_2 mg/PA	17,48
	0	0	0	0	0			
	15	0,03	3,25	0,08	17,40		**Celkové množství I_2 desorbovaného do lázně [mg]**	**0,96**
	30	0,05	3,98	0,10	17,30			
	60	0,06	4,29	0,17	17,13			
	120	0,08	5,37	0,13	16,99		Zůstatek I_2 na PA po desorpci [mg]	16,52
	180	0,10	5,87	0,15	16,85			
	240	0,08	5,14	0,21	16,64			
	300	0,07	4,83	0,12	16,52			
Fyziologický roztok + HA	T [min]	A [-]	c I_2 [mg/l]	množství I_2 v 25 ml lázně	úbytek jódu z PA [mg]		Nasorbováno I_2 mg/PA	18,84
	0	0	0	0	0			
	15	0,03	3,21	0,08	18,76		**Celkové množství I_2 desorbovaného do lázně [mg]**	**0,77**
	30	0,03	3,44	0,09	18,67			
	60	0,05	4,21	0,11	18,57			
	120	0,07	4,98	0,12	18,44		Zůstatek I_2 na PA po desorpci [mg]	18,07
	180	0,09	5,53	0,14	18,31			
	240	0,09	5,45	0,14	18,17			
	300	0,04	3,83	0,10	18,07			

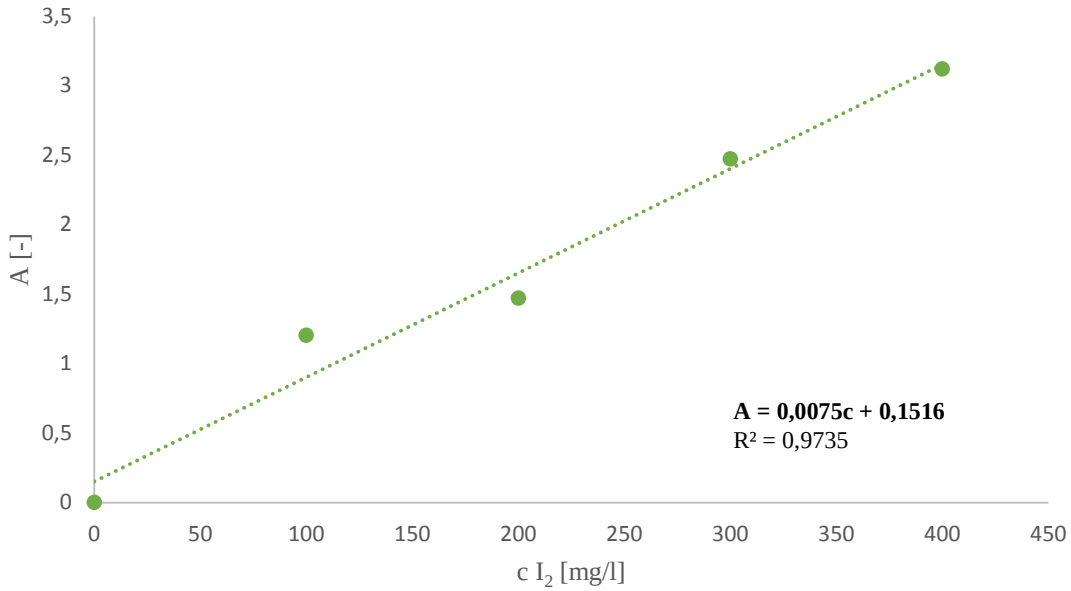
2.4.5 Kalibrační řada desorpce jódu v destilované vodě s přítomností škrobového mazu

K získání závislosti absorbance roztoku jódu na jeho koncentraci a tím tedy kalibrační křivky byla vytvořena koncentrační řada roztoků o koncentracích 100; 200; 300 a 400 mg/l jódu. Tato koncentrační řada byla proměřena na spektrofotometru Helios Gamma. Roztoky byly proměřeny ve vlnové délce 350 – 700 nm, kdy bylo zjištěno absorpční maximum. Absorpční maximum bylo určeno při **584 nm.** K uvedené koncentrační řadě roztoků byly získány hodnoty absorbancí v tabulce 2.22. Proměřovaný roztok byl popř. naředěn tak, aby měřená hodnota absorbance byla v rozmezí hodnot 0 - 1. Absorbance naředěného roztoku byla poté přepočítána na absorbanci původní, která je uvedena v tabulce 2.22. Z naměřených hodnot byl vytvořen graf 2.8. závislosti absorbance na koncentraci proložený lineární regresí a získána rovnice přímky, ze které byly vypočítány koncentrace jódu desorbovaných vzorků viz tabulka 2.24 a 2.25.

Tabulka 2.21 - Naměřené hodnoty pro vytvoření kalibrační křivky se škrobem

c I_2 [mg /l]	Absorbance
0	0
100	1,204
200	1,470
300	2,472
400	3,120

Graf 2.8 - Kalibrační křivka – závislost absorbance na koncentraci jódu s přítomností škrobového mazu



2.4.6 Desorpce jódu z PA pleteniny s přítomností škrobového mazu

Tato desorpce byla postupem stejná jako v předešlých případech s tím rozdílem, že byl k desorpčním lázním přidán škrobový maz. Škrobový maz s jódem tvoří komplex modře zbarvený v přítomnosti jódu a používá se jako indikátor. Výskyt modrého zbarevení sloužil také k zjištení absorbance koncentrací jódu daného desorpčního roztoku při vlnové délce, která odpovídá modré barvě.

Byly vybrány připravené jodované PA pleteniny s koncentrací jódu 5 %, které byly vloženy do Petriho misek. Do jedné označené Petriho misky bylo k jodovanému polyamidu se stanoveným nasorbovaným množstvím jódu pipetováno 25 ml předem vytemperované destilované vody o teplotě 37 °C. Do Petriho misky bylo k destilované vodě přidáno 10 ml škrobového mazu. Pro druhou variantu s fyziologickým roztokem byla desorpční lázeň připravena obdobně s tím rozdílem, že k jodovanému PA bylo pipetováno 25 ml

fyziologického roztoku předem vytemperovaného na teplotu 37°C s přídavkem 10 ml škrobového mazu.

S napipetováním desorpčního roztoku byl měřen čas. Petriho misky byly s desorpčními lázněmi vloženy do sušárny Memmert UFE 400 vytemperované na teplotu 37 °C. V časech 15; 60; 120; 180; 240 a 300 minut byly odebírány vzorky do křemenné kyvety, která byla vložena do spektrofotometru Helios Gamma. Daný roztok byl proměřen v celé vlnové délce viditelného spektra (400 – 700 nm), aby bylo zjištěno absorpční maximum. Absorpční maximum modrého zbarvení škrobového mazu se vyskytovalo při 584 nm (příloha č. 2, č. 3). Následně byla nastavena hodnota **584 nm** a změřena absorbance daného roztoku při desorpci v uvedených časech. Hodnoty absorbancí jsou uvedeny v tabulkách 2.22 a 2.23. Proměřovaný roztok byl popř. naředěn tak, aby měřená hodnota absorbance byla v rozmezí hodnot 0 - 1. Absorbance naředěného roztoku byla poté přepočítána na absorbanci původní. Desorpce s přítomností škrobového mazu byla provedena jak u samostatných vzorků, tak i u kombinovaných vzorků s nafiltrovanou kyselinou hyaluronovou. Z naměřených hodnot z tabulky 2.22 a 2.23 byl vytvořen graf 2.9.

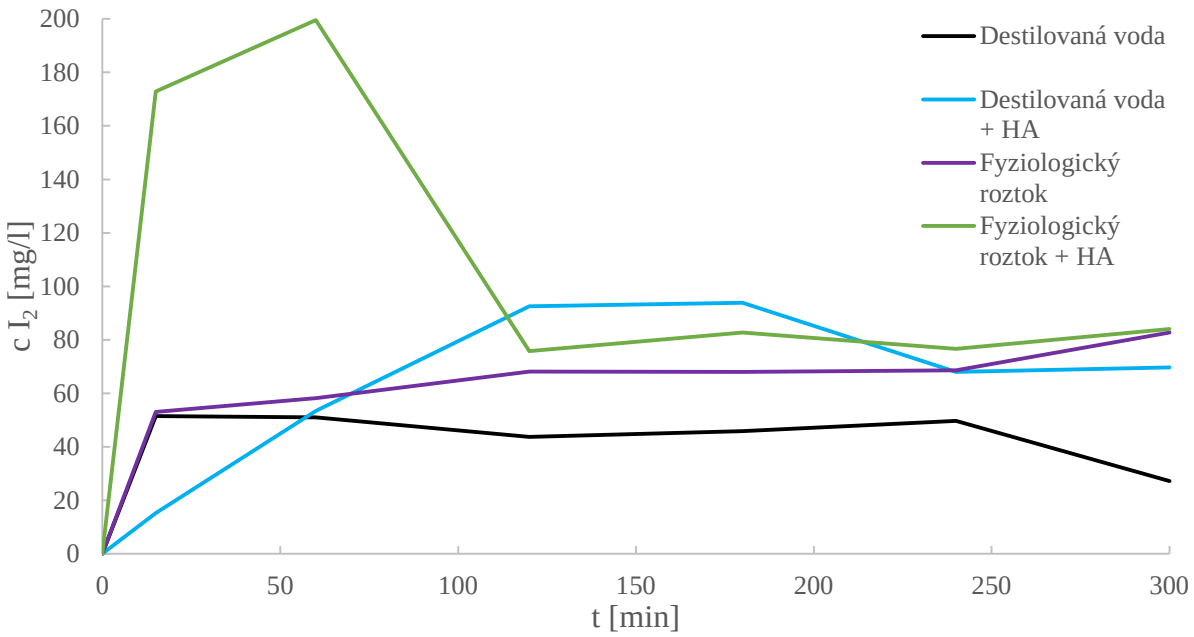
Tabulka 2.22 - Naměřené hodnoty absorbance v závislosti na čase desorpce, koncentrace I_2 vypočítána z rovnice kalibrační přímky ***A = 0,0075c + 0,1516***

5 % I_2 + škrob	**T [min]**	**Absorbance**	**c I_2 [mg/l]**
Destilovaná voda	0	0	0
	15	0,538	51,520
	60	0,534	50,987
	120	0,480	43,787
	180	0,496	45,920
	240	0,524	49,653
	300	0,356	27,253
Destilovaná voda + HA	**T [min]**	**Absorbance**	**c I_2 [mg/l]**
	0	0	0
	15	0,266	15,253
	60	0,552	53,387
	120	0,846	92,587
	180	0,856	93,920
	240	0,662	68,053
	300	0,674	69,653

Tabulka 2.23 - Naměřené hodnoty absorbance v závislosti na čase desorpce, koncentrace I_2 vypočítána z rovnice kalibrační přímky ***A = 0,0075c + 0,1516***

5 % I_2 + škrob	T [min]	Absorbance	c I_2 [mg/l]
Fyziologický roztok	0	0	0
	15	0,550	53,120
	60	0,588	58,187
	120	0,663	68,187
	180	0,662	68,053
	240	0,666	68,587
	300	0,772	82,720
Fyziologický roztok + HA	T [min]	Absorbance	c I_2 [mg/l]
	0	0	0
	15	1,448	172,853
	60	1,648	199,520
	120	0,720	75,787
	180	0,772	82,720
	240	0,726	76,587
	300	0,782	84,053

Graf 2.9 - Desorpční závislost koncentrace 5% I_2 na čase při 37 ^oC s přítomností škrobu



2.4.7 Množství jódu uvolněného při desorpci - 5 % I_2 + škrob

Dle naměřených a vypočtených hodnot z kapitoly 2.4.5 a 2.4.6 byly výsledky zpracovány do tabulek 2.24 a 2.25, ve kterých je vypočten obsah mg I_2 na PA-6 pro různé desorpční

lázně. Uvedené tabulky uvádějí množství (získané z hodnot absorbancí) nasorbovaného I_2 mg/PA, množství I_2 mg/PA po desorpci a množství mg I_2, co se desorbuje do lázně z připraveného jodovaného PA-6.

Množství mg I_2 desorbovaného do desorpční lázně (tabulka 2.24) se neshoduje s hodnatami mg I_2 získaných z K/S metodou objektivního měření barevnosti. Závěr je stejný jako v kapitole 2.4.4. Hodnoty nejsou srovnatelné, protože nebyly připraveny kalibrační křivky zvlášť pro destilovanou vodu s HA, fyziologický roztok a fyziologický roztok s HA. Zřejmě obsah HA v destilované vodě a fyziologickém roztoku a obsah NaCl ve fyziologickém roztoku ovlivňuje měření absorbance, i když se bez přídavku škrobového mazu vyskytují v nebarevné formě. Také je to způsobeno velmi nízkým množství desorbovaného I_2 v mg. Proto tato metoda nebude poskytovat přesné výsledky jako metoda pro objektivní hodnocení barevnosti.

Tabulka 2.24 - Vypočítané množství I_2 [mg] s přítomností škrobového mazu uvolněné při desorpci v destilované vodě

5 % I_2 + škrob								
Destilovaná voda	T [min]	A [-]	c I_2 [mg/l]	množství I_2 v 25 ml lázně	úbytek jódu z PA [mg]		Nasorbováno I_2 mg/PA	57,20
	0	0	0	0	0			
	15	0,54	26,07	0,65	56,55		**Celkové množství I_2 desorbovaného do lázně [mg]**	**5,83**
	60	0,53	97,11	2,43	54,12			
	120	0,48	63,90	1,60	52,52			
	180	0,50	33,40	0,84	51,69		Zůstatek I_2 na PA po desorpci [mg]	51,37
	240	0,52	5,22	0,13	51,56			
	300	0,36	7,53	0,19	51,37			
Destilovaná voda + HA	T [min]	A [-]	c I_2 [mg/l]	množství I_2 v 25 ml lázně	úbytek jódu z PA [mg]		Nasorbováno I_2 mg/PA	52,48
	0	0	0	0	0			
	15	0,27	94,02	2,35	50,13		**Celkové množství I_2 desorbovaného do lázně [mg]**	**7,04**
	60	0,55	55,80	1,39	48,73			
	120	0,85	60,43	1,51	47,22			
	180	0,86	56,18	1,40	45,82		Zůstatek I_2 na PA po desorpci [mg]	45,44
	240	0,66	6,76	0,17	45,65			
	300	0,67	8,31	0,21	45,44			

Tabulka 2.25 - Vypočítané množství I_2 [mg] s přítomností škrobového mazu uvolněné při desorpci ve fyziologickém roztoku

5 % I_2 + škrob								
Fyziologický roztok	T [min]	A [-]	c I_2 [mg /l]	množství I_2 v 25 ml lázně	úbytek jódu z PA [mg]		Nasorbováno I_2 mg/PA	57,95
	0	0	0	0	0			
	15	0,86	35,33	0,88	57,07		**Celkové množství I_2 desorbovaného do lázně [mg]**	**3,92**
	30	0,81	33,40	0,84	56,23			
	120	0,92	37,65	0,94	55,29			
	180	0,73	30,31	0,76	54,53		Zůstatek I_2 na PA po desorpci [mg]	54,03
	240	0,20	9,85	0,25	54,29			
	300	0,21	10,24	0,26	54,03			
Fyziologický roztok + HA	T [min]	A [-]	c I_2 [mg/l]	množství I_2 v 25 ml lázně	úbytek jódu z PA [mg]		Nasorbováno I_2 mg/PA	55,07
	0	0	0	0	0			
	15	1,75	69,69	1,74	53,33		**Celkové množství I_2 desorbovaného do lázně [mg]**	**6,46**
	30	2,00	79,35	1,98	51,34			
	120	0,59	24,91	0,62	50,72			
	180	0,70	29,15	0,73	49,99		Zůstatek I_2 na PA po desorpci [mg]	48,61
	240	0,38	16,80	0,42	49,57			
	300	0,94	38,42	0,96	48,61			

2.4.8 Stanovení koncentrace jódu v krytu po desorpci na základě metod pro objektivní hodnocení barevnosti

Stanovení koncentrace jódu v krytu po desorpci bylo také zjišťováno na základě metody pro objektivní měření barevnosti. Objektivní měření barevnosti bylo realizováno na remisním spektrofotometru Hunterlab ColorQuest XE. Remisní spektrofotometr byl nastaven dle následujících požadavků a to jsou standardizované světlo D65, 10° pozorovatel a otvor vstupu o rozměrech 9,5 mm. Byla provedena standardizace na světelnou past a bílou kachli. Měření bylo provedeno v módu měření s lskem RSIN. Vzorky byly přeloženy na 3x a poté proměřeny vždy otočením o 90°. Při tomto měření byly do tabulky zaznamenány hodnoty CIE L*a*b*, odstínová odchylka ΔE* a síla typu Avg (relativní síla pro reflektanci) a Wgt (vážená síla po reflektanci). Hodnota ΔE_{cmc} udává přesnější hodnotu barevné odchylky dle poměru l (váha světelnosti) a c (váha odstínu).

Vzorec 2.2 - Relativní barevná síla pro reflektanci [64]

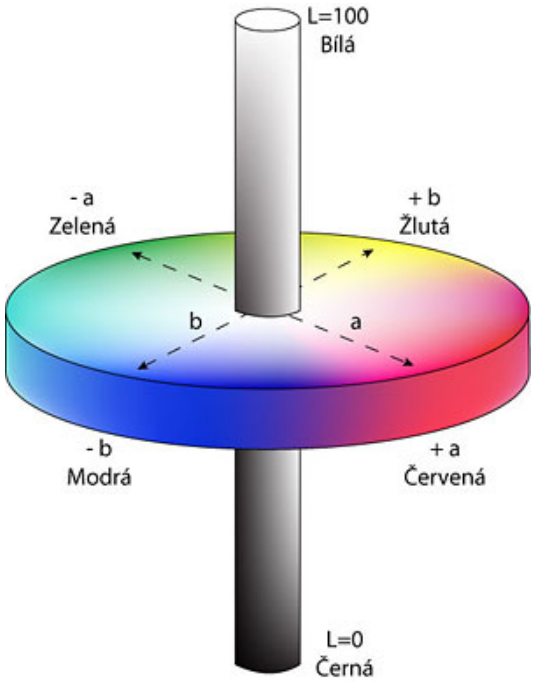
$$Avg = \frac{\sum_{\lambda=1}^{počet} (\frac{K}{S})_{\lambda}}{počet}$$

Vzorec 2.3 - Vážená barevná síla pro reflektanci [64]

$$Wgt = \frac{\sum_{\lambda=1}^{počet}(\frac{K}{S})_\lambda * E_\lambda * S_\lambda}{počet}$$

E_λ… typ zdroje osvětlení

S_λ… 2° nebo 10° pozorovatel



Obrázek 2.8 - Uspořádání L*a*b* barevného prostoru [65]

Při dopadu záření na zkoumaný vzorek je část záření odražena na detektor. Další část záření je absorbována a zbývající část záření je rozptýlena do všech směrů ve vzorku. Kubelkova-Munkova rovnice popisuje vztah mezi reflektancí R [%], absorbcí K a rozptylem S dle rovnice 2.4.

Rovnice 2.4 - Kubelkova-Munkova rovnice

$$\frac{K}{S} = \frac{(1 - 0{,}01\ R)^2}{2 \cdot (0{,}01\ R)}$$

Poměr K/S je na remisním spektrofotometru Hunterlab ColorQuest XE přepočítáván pro každou vlnovou délku. Rozptyl záření závisí na použitém materiálu a absorpce záření K na vlastnostech použitého barviva. [64]

Tabulka 2.26 – Hodnoty z objektivního měření barevnosti (5 % I_2)

5 % I_2	Delta Desc	L*	a*	b*	ΔE*		ΔE_{cmc}	Avg Strength	Wgt Strength	Avg Strenght Míra desorpce [%]	Wgt Strenght Míra desorpce [%]
Standard		35,76	20,77	29,47							
DESORPCE destilovaná voda	Lighter, Yellower, More Chromat.					CF=	1			**62,85**	**66,52**
						l:c=	2				
		63,45	12,2	52,74	37,17		27,57	37,15	33,48		
DESORPCE destilovaná voda + HA	Lighter, Yellower, More Chromat.					CF=	1			**31,39**	**30,25**
						l:c=	2				
		49,39	19,36	47,67	21,72		14,69	68,61	69,75		
DESORPCE Fyziologický roztok	Lighter, Yellower, More Chromat.					CF=	1			**46,79**	**47,78**
						l:c=	2				
		55,17	15,96	50,3	31,1		22,94	53,21	52,22		
DESORPCE Fyziologický roztok + HA	Lighter, Yellower, More Chromat.					CF=	1			**28,54**	**28,11**
						l:c=	2				
		49,46	17,9	46,55	19,55		13,56	71,46	71,89		

odstínová odchylka ΔE*, Avg (relativní síla pro reflektanci), Wgt (vážená síla po reflektanci)

Tabulka 2.27 - Hodnoty z objektivního měření barevnosti (1,7 % I_2)

1,7 % I_2	Delta Desc	L*	a*	b*	ΔE*		ΔE_{cmc}	Avg Strength	Wgt Strength	Avg Strenght Míra desorpce [%]	Wgt Strenght Míra desorpce [%]
Standard		65,34	11,58	53,63							
DESORPCE destilovaná voda	Lighter, Yellower, More Chromat.					CF=	1			**16,94**	**19,89**
						l:c=	2				
		69,04	9,52	54,38	4,31		2,17	83,06	80,11		
DESORPCE destilovaná voda + HA	Lighter, Yellower, More Chromat.					CF=	1			**22,61**	**24,77**
						l:c=	2				
		69,34	9,3	53,54	4,61		2,29	77,39	75,23		
DESORPCE Fyziologický roztok	Lighter, Yellower, Less Chromat.					CF=	1			**20,89**	**23,23**
						l:c=	2				
		69,1	9,34	53,57	4,38		2,2	79,11	76,77		
DESORPCE Fyziologický roztok + HA	Lighter, Yellower, Less Chromat.					CF=	1			**15,85**	**17,88**
						l:c=	2				
		68,06	9,39	53,47	3,5		1,9	84,15	82,12		

odstínová odchylka ΔE*, Avg (relativní síla pro reflektanci), Wgt (vážená síla po reflektanci)

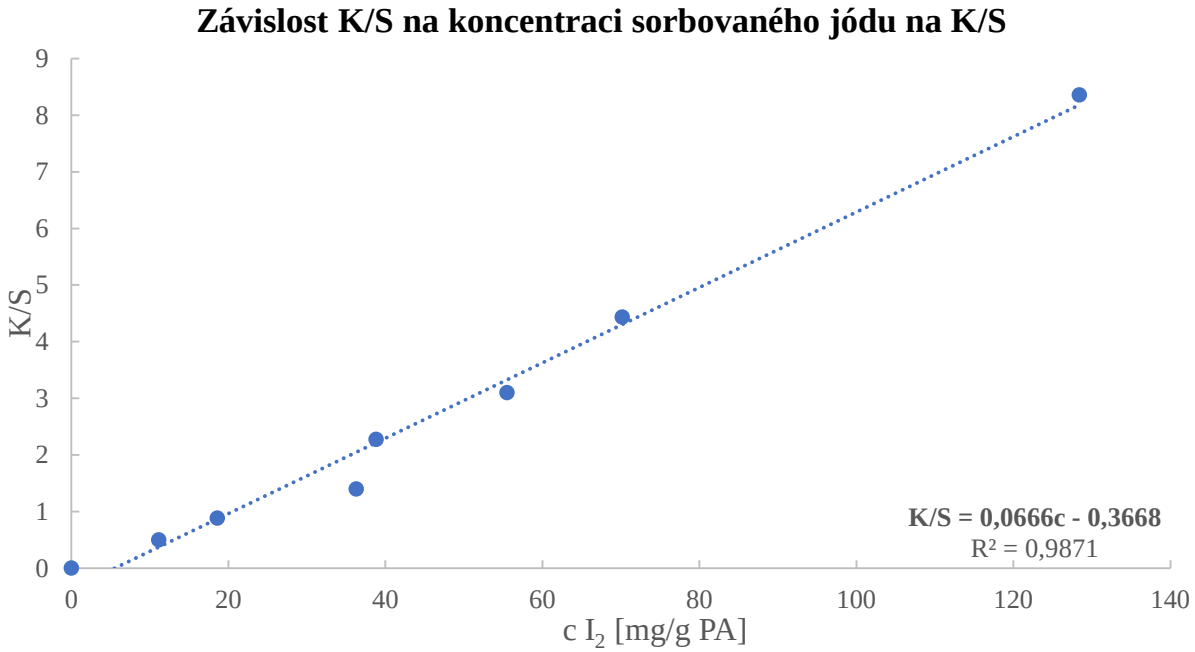
Tabulka 2.28 - Hodnoty z objektivního měření barevnosti (5 % I_2 + škrob)

5 % I_2 + škrob	Delta Desc	L*	a*	b*	ΔE*		ΔE_{cmc}	Avg Strength	Wgt Strength	Avg Strenght Míra desorpce [%]	Wgt Strenght Míra desorpce [%]
Standard		42,03	21,6	38,4							
DESORPCE destilovaná voda + ŠM	Lighter, Yellower, More Chromat.					CF=	1			**36,52**	**40,01**
						l:c=	2				
		55,92	15,59	50,65	19,46		13,28	63,48	59,99		
DESORPCE destilovaná voda + HA + ŠM	Lighter, Yellower, More Chromat.					CF=	1			**40,31**	**43,67**
						l:c=	2				
		56,33	14,74	49,96	19,62		13,69	59,69	56,33		
DESORPCE Fyziologický roztok + ŠM	Lighter, Yellower, More Chromat.					CF=	1			**45,85**	**50,58**
						l:c=	2				
		59,45	14,05	51,78	23,23		15,72	54,15	49,42		
DESORPCE Fyziologický roztok + HA + ŠM	Lighter, Yellower, More Chromat.					CF=	1			**39,41**	**42,23**
						l:c=	2				
		57,03	16,12	51,79	20,84		13,71	60,59	57,77		

odstínová odchylka ΔE*, Avg (relativní síla pro reflektanci), Wgt (vážená síla po reflektanci)

Ke kalibraci bylo použito údajů ze stanovení sorpční závislosti. Nejdříve byla proměřena kalibrační řada vzorků před desorpcí, ze kterých byly následně získány hodnoty koncentrace jódu zbylých na krytech ran po desorpci.

Graf 2.10 - Kalibrační křivka – závislost K/S na koncentraci sorbovaného jódu



Poté byly proměřeny vzorky před a po desorpci, z čehož byla získána data L*a*b*, odstínová odchylka ΔE*, relativní síla pro reflektanci a vážená síla po reflektanci. Dále byly získány i hodnoty K/S.

Tabulka 2.29 - Vypočítané množství mg I_2/m^2 po desorpci z hodnot K/S (5 % jódu)

5% I_2	Destilovaná voda	Destilovaná voda + HA	Fyziologický roztok	Fyziologický roztok + HA
PA [g]	1,0175	1,0657	1,0383	1,0469
Stanovení I_2 titrací [%]	5,559	5,296	5,675	5,451
Nasorbováno mg I_2/PA	57,85	52,48	57,95	55,07
Desorbováno mg I_2	**43,51**	**23,59**	**36,36**	**26,00**
Po desorpci mg I_2/PA	14,34	28,89	21,59	29,07
K/S	0,588	1,557	1,071	1,569
Nasorbováno mg I_2/m^2	2842,90	2462,05	2790,54	2629,99
Desorbováno mg I_2	2138,23	1106,60	1750,86	1241,60
Po desorpci I_2 mg I_2/m^2	704,67	1355,45	1039,68	1388,38
Desorpce [%]	**75,21**	**44,95**	**62,74**	**47,21**

Tabulka 2.30 - Vypočítané množství I_2 mg/m^2 po desorpci z hodnot K/S (1,7 % jódu)

1,7% I_2	Destilovaná voda	Destilovaná voda + HA	Fyziologický roztok	Fyziologický roztok + HA
PA [g]	0,9926	1,0422	1,0402	1,0190
Stanovení I_2 titrací [%]	1,823	1,675	1,786	1,884
Nasorbováno mg I_2/PA	18,71	16,34	17,48	18,84
Desorbováno mg I_2	**11,14**	**11,03**	**11,14**	**11,65**
Po desorpci mg I_2/PA	7,57	5,31	6,34	7,19
K/S	0,375	0,368	0,375	0,409
Nasorbováno mg I_2/m^2	942,27	784,09	840,08	924,42
Desorbováno mg I_2	561,15	529,17	535,47	571,64
Po desorpci I_2 mg I_2/m^2	381,11	254,92	304,61	352,78
Desorpce [%]	**59,54**	**67,50**	**63,73**	**61,84**

Tabulka 2.31 - Vypočítané množství I_2 mg/m^2 po desorpci z hodnot K/S (5 % jódu + škrob)

5% I_2 + škrob	Destilovaná voda	Destilovaná voda + HA	Fyziologický roztok	Fyziologický roztok + HA
PA [g]	0,4993	0,6531	0,5338	0,6581
Stanovení I_2 titrací [%]	5,404	5,200	5,404	5,200
Nasorbováno mg I_2/PA	114,41	83,99	107,01	83,35
Desorbováno mg I_2	**95,00**	**64,05**	**89,69**	**62,86**
Po desorpci mg I_2/PA	19,41	19,94	17,32	20,49
K/S	0,926	0,961	0,787	0,998
Nasorbováno mg I_2/m^2	11456,59	6429,92	10023,55	6332,59
Desorbováno mg I_2	9512,87	4903,36	8401,22	4775,83
Po desorpci I_2 mg I_2/m^2	1943,72	1526,57	1622,33	1556,75
Desorpce [%]	**83,03**	**76,26**	**83,81**	**75,42**

2.5 Kvalitativní důkazy desorpce jódu z pleteniny PA-6

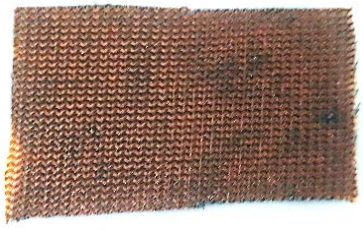
2.5.1 Desorpce jódu ve vlhkém prostředí modelové rány s vrstvou HA – škrob

Ke kvalitativním důkazům desorpce jódu z pleteniny PA-6 byly použity vzorky s obsahem 5 % jódu. Vzorky byly zkoumány jak v destilované vodě tak ve fyziologickém roztoku.

K těmto kvalitativním důkazům byl vytvořen tenký list o plošné hmotnosti cca 15 g/m^2 ze staplových vláken HA + škrob. Dále byl vytvořen list o plošné hmotnosti cca 15 g/m^2 ze staplových vláken pouze 100 % HA. A naposledy byla vrstva staplových mikrovláken 100 % HA nafiltrována na čistou pleteninu PA-6, jako doprovodné tkaniny.

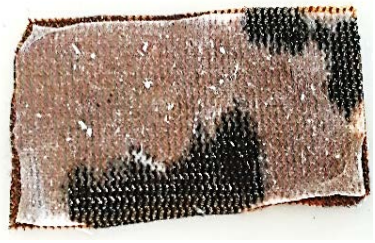
Byly vytvořeny dvě řady, jedna pro destilovanou vodu a druhá pro fyziologický roztok. Do Petriho misek bylo vloženo kolečko filtračního papíru o průměru 9 cm a na něj byly odpipetováno 2 ml buď destilované vody nebo fyziologického roztoku. Na každý ovlhčený filtrační papír byla vložena vrstva listu HA + škrob. Na tuto vrstvu byla položena jodovaná pletenina PA-6. Odlišnost kvalitativních důkazů byla provedena rozdílnou další vrstvou nebo bez další vrstvy následovně:

1) Na vrstvu jodované pleteniny PA-6 nebyla přidána žádná další vrstva.



Obrázek 2.9 - Jodované pletenina PA-6 bez další vrstvy

2) Na tuto jodovanou pleteninu PA-6 byla předem nafiltrována vrstva staplového mikrovlákna 100 % HA.



Obrázek 2.10 - Jodovaná pletenina PA-6 + vrstva staplového mikrovlákna 100 % HA

3) Na vrstvu jodované pleteniny PA-6 byla položena vrstva pleteniny PA-6 s nafiltrovanou vrstvou staplového mikrovlákna 100 % HA.

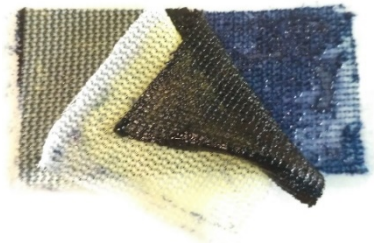
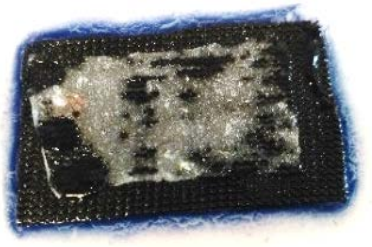
Obrázek 2.11 - Jodovaná pletenina PA-6 + doprovodná pletenina PA-6 s vrstvou staplového mikrovlákna 100 % HA

4) Na vrstvu jodované pleteniny PA-6 byl položen samostatný list staplového mikrovlákna 100 % HA, připravený ze staplových vláken HA.

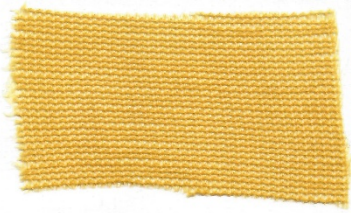
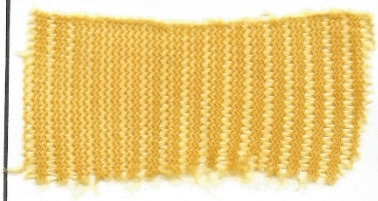
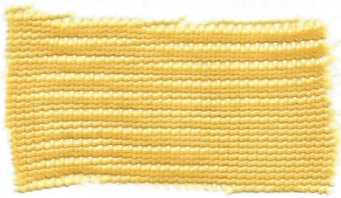
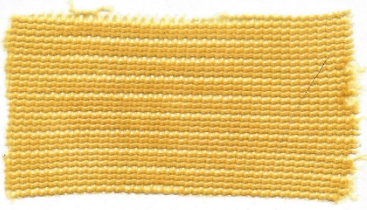
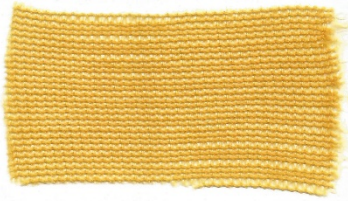
Obrázek 2.12 - Jodovaná pletenina PA-6 + samostatný list staplového mikrovlákna 100 % HA

Již po 30 minutách byla výrazně modře zbarvena vrstva HA – škrob, jako důkaz migrace I_2 z PA pleteniny. Kvalitativní důkazy desorpce jódu z pleteniny PA-6 u vzorků s obsahem 5 % jódu (v destilované vodě a fyziologickém roztoku) byly zobrazeny na následujících fotografiích v tabulce 2.32.

Tabulka 2.32 – Kvalitativní důkazy desorpce I_2 z pleteniny PA-6 s obsahem 5 % po 2 h v destilované vodě a fyziologickém roztoku

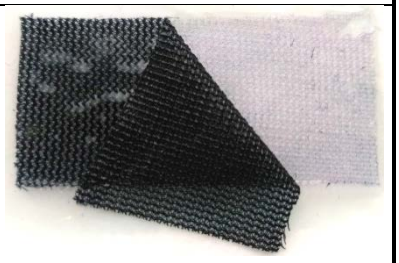
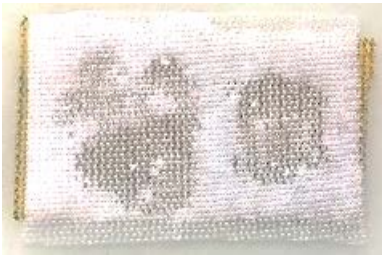
5% I_2 **Podklad HA – škrob**	**Destilovaná voda** **(po 2 h)**	**Fyziologický roztok** **(po 2 h)**
1) Jodované pletenina PA-6		
2) Jodovaná pletenina PA-6 s nafiltrovanou vrstvou staplového mikrovlákna 100 % HA		
3) Jodované pletenina PA-6 + vrstva pleteniny PA-6 s nafiltrovanou vrstvou staplového mikrovlákna 100 % HA		
4) Jodovaná pletenina PA-6 + samostatný list ze staplových mikrovláken 100 % HA		

Tabulka 2.33 - Pleteniny PA-6 s počátečním obsahem 5 % I_2 po desorpci 2 h kvalitativních důkazů

5% jódu **Podklad HA – škrob**	**Jodovaný PA-6 po důkazu se škrobem** **Destilovaná voda (po 2 h)**	**Jodovaný PA-6 po důkazu se škrobem** **Fyziologický roztok (po 2 h)**
1) Jodované pletenina PA-6		
2) Jodovaná pletenina PA-6 s nafiltrovánou vrstvou staplového mikrovlákna 100 % HA		
3) A) Jodované pletenina PA-6 + vrstva pleteniny PA-6 s nafiltrovanou vrstvou staplového mikrovlákna 100 % HA		
3) B) Doprovodná vrstva PA-6		
4) Jodovaná pletenina PA-6 + samostatný list ze staplových mikrovláken 100 % HA		

Stejný postup byl použit i u jodované pleteniny PA-6 s obsahem 1,7 % jódu v prostředí fyziologického roztoku.

Tabulka 2.34 - Kvalitativní důkazy desorpce I_2 z pleteniny PA-6 s obsahem 1,7 % po 5 minutách a po 2 h ve fyziologickém roztoku

1,7 % I_2 **Podklad HA – škrob**	**Fyziologický roztok** **(po 5 min)**	**Fyziologický roztok** **(po 2 h)**
1) Jodované pletenina PA-6		
2) Jodovaná pletenina PA-6 s nafiltrovánou vrstva staplového mikrovlákna 100 % HA		
3) Jodované pletenina PA-6 + vrstva pleteniny PA-6 s nafiltrovanou vrstvou staplového mikrovlákna 100 % HA		
4) Jodovaná pletenina PA-6 + samostatný list ze staplových mikrovláken 100 % HA		

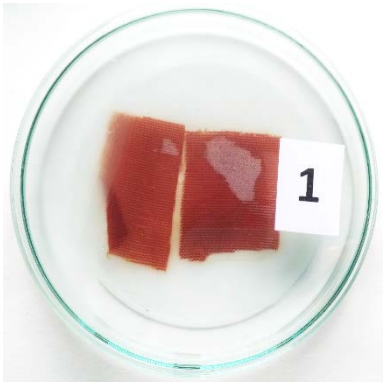
Tabulka 2.35 - Pleteniny PA-6 s počátečním obsahem 1,7 % po desorpci 2 h kvalitativních důkazů

1,7 % jódu **Podklad HA – škrob**	**Fyziologický roztok** **(po 2 h)**
1) Jodované pletenina PA-6	
2) Jodovaná pletenina PA-6 s nafiltrovánou vrstvou staplového mikrovlákna 100 % HA	
3) A) Jodované pletenina PA-6 + vrstva pleteniny PA-6 s nafiltrovanou vrstvou staplového mikrovlákna 100 % HA	
3) B) Doprovodná vrstva PA-6	
4) Jodovaná pletenina PA-6 + samostatný list ze staplových mikrovláken 100 % HA	

2.5.2 Sublimace jódu z jodovaných materiálů

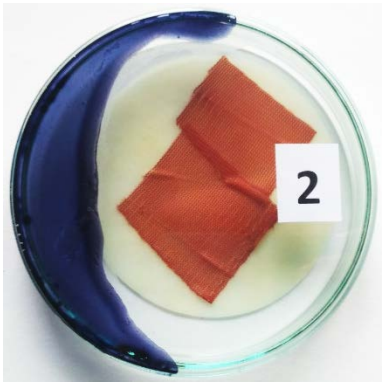
Pro kvalitativní důkazy sublimace jódu z pleteniny PA-6 byly vybrány připravené kryty ran s obsahem 5,2 % jódu. Celková doba trvání byla 24 hodin. Vzorky jsou očíslovány a kvalitativní důkazy byly provedeny následovně:

1) Pletenina na ovlhčeném filtračním papíře (2 ml destilované vody na filtračním papíře o průměru 9 cm), překryto PP folií - zasušený škrobový maz na víčku petriho misky se nebarví.



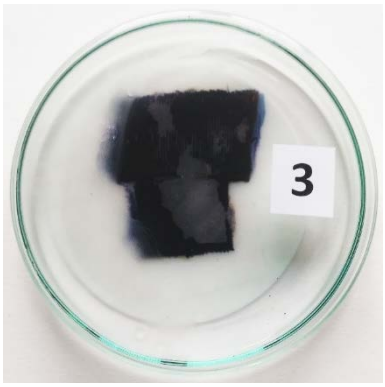
Obrázek 2.13 - Pletenina na ovlhčeném filtračním papíře překryta PP folií

2) Pletenina na ovlhčeném filtračním papíře - zasušený škrobový maz na víčku Petriho misky se zbarví vysublimovaným jódem do sytého modrého odstínu během 60 minut.



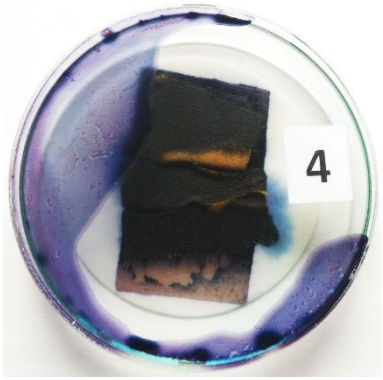
Obrázek 2.14 - Pletenina na ovlhčeném filtračním papíře

3) Pletenina na ovlhčeném filtračním papíře, na kterém je vrstva staplových mikrovláken ze směsi kyselina hyaluronová (HA) a škrobu, překryto PP folií - zasušený škrobový maz na víčku petriho misky se nebarví.



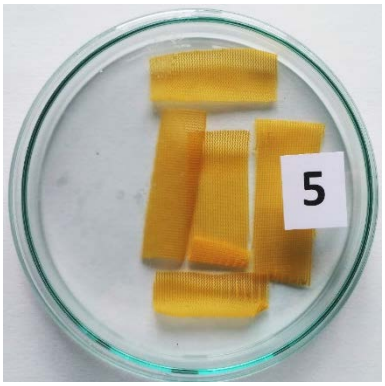
Obrázek 2.15 - Pletenina s vrstvou staplových mikrovláken HA + škrob překrytá PP folií na ovlhčeném filtračním papíře

4) Pletenina na ovlhčeném filtračním papíře, na kterém je vrstva staplových mikrovláken ze směsi kyselina hyaluronová (HA) a škrobu - zasušený škrobový maz na víčku Petriho misky se zbarví vysublimovaným jódem do sytého modrého odstínu během 60 minut.



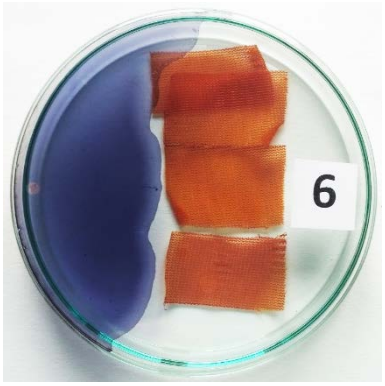
Obrázek 2.16 - Pletenina s vrstvou staplových mikrovláken HA + škrob na ovlhčeném filtračním papíře

5) Polyamidová pletenina (PA-6) s obsahem 1,7 % jódu. Jód z pleteniny netěká v suchém prostředí bez navlhčení ani po dvou měsících pozorování – vrstva zasušeného škrobového mazu nemodrá.



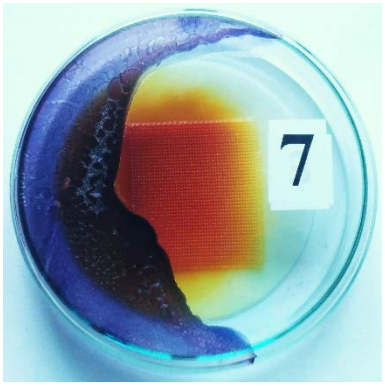
Obrázek 2.17 - Pletenina s obsahem 1,7 % jódu v suchém prostředí

6) Polyamidová pletenina (PA-6) s obsahem 5,2 % jódu. Jód z pleteniny těká v suchém prostředí bez navlhčení – již po týdnu se objevuje zřetelné modré zbarvení zasušeného škrobového mazu.



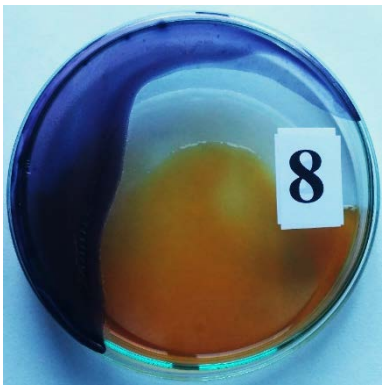
Obrázek 2.18 - Pletenina s obsahem 5,2 % jódu v suchém prostředí

7) Komerční produkt INADINE (na pletené mřížce z viskózového hedvábí nanesena pasta z PEG a jodovaného povidonu). Kryt rozměrů 5 x 5 cm položen na ovlhčený filtrační papír – během 60 min zjevné modrání škrobového mazu. Fotografován stav po 24 hodinách.



Obrázek 2.19 – Komerční produkt INADINE® na ovlhčeném filtračním papíře

Komerční produkt Hyodine® na navlhčeném filtračním papíře. Během 60 min zjevné modrání škrobového mazu. Fotografován stav po 24 hodinách.



Obrázek 2.20 - Komerční produkt Hyodine® na ovlhčeném filtračním papíře

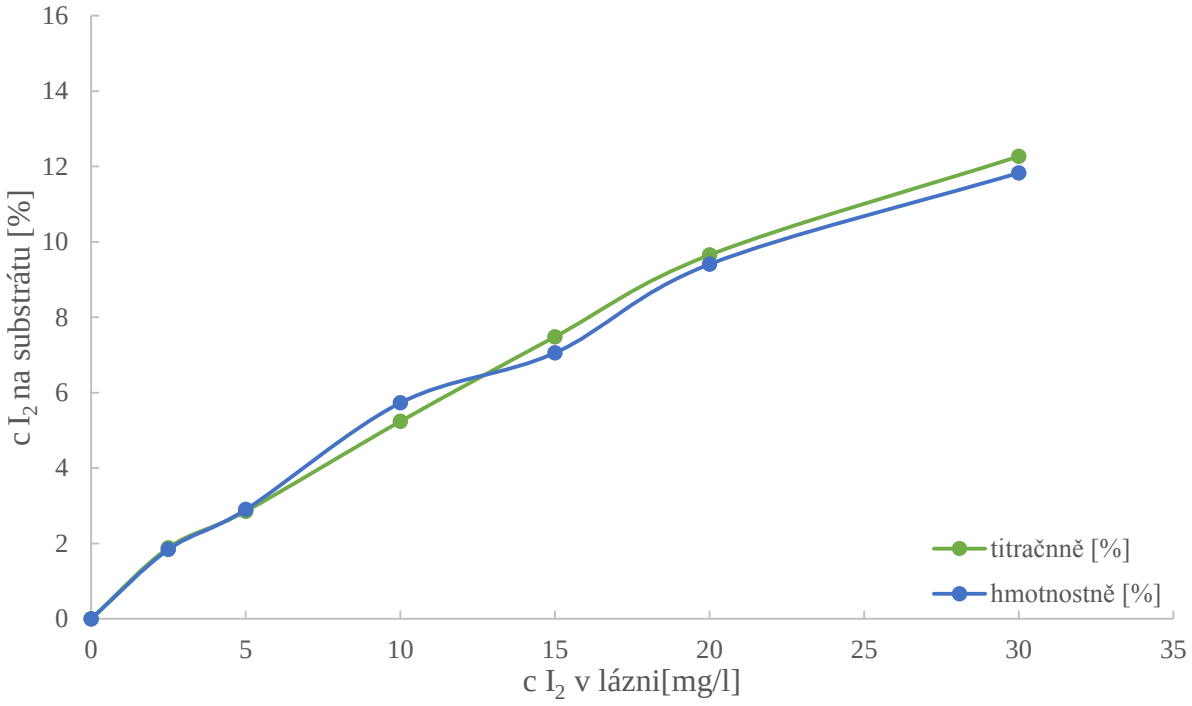
3 DISKUZE

3.1 Sorpční izotermy

Jód byl na osnovní pleteninu Winola z polyamidu 6 (o plošné hmotnosti 50 g/m^2, 44 dtex, praná, fixovaná, další parametry viz příloha č. 1) nanášen sorpcí z vodného roztoku jódu a jodidu draselného při laboratorní teplotě metodou dle Dr. Schwertaska a námi modifikovanou metodou. Obě varianty dávají přibližně stejné výsledky. Modifikovaná metoda, kde se používá větší objem lázně umožňující lepší míchání, však poskytuje rovnoměrnější nános jódu na pletenině – hodnoceno pouze vizuálně. Pro exaktní sorpci jódu na polyamid by bylo zřejmě nutno použít klimatizované místnosti nebo boxu (nebyl k dispozici), aby byl vyloučen vliv kolísající teploty v laboratoři na koncentraci jódu na polyamidu, tj. vliv teploty na rovnovážnou sorpci jódu.

Množství jódu na pletenině bylo stanoveno na základě jeho úbytku v sorpční lázni. Stanovení bylo provedeno titračně klasickou jodometrií. Bylo však také provedeno hmotnostní stanovení na základě přírůstku hmotnosti jodovaného materiálu. Obě stanovení spolu celkem dobře korespondují (graf č. 2.2). Pro přesnější hmotnostní stanovení by však bylo nutno polyamidovou pleteninu před i po sorpci jódu kondicionovat v prostředí definované relativní vlhkosti vzduchu.

Graf 2.2. - Sorpční izoterma jódu na PA pletenině z dlouhé lázně



3.2 Antimikrobiální jodovaný polymer s různým obsahem jódu

Popsaným způsobem byly získány vzorky polyamidové pleteniny s různým obsahem jódu. Pro určení dalšího postupu prací bylo nutno určit antibakteriální účinek jodovaného materiálu. Na katedře biologických a biochemických věd FCHT Univerzity Pardubice byly Ing. Ivetou Brožkovou, Ph.D. otestovány vzorky jodovaného polyamidu s obsahem jódu 1,7; 4,5 a 12 % na mikroorganismech Klebsiella pneumoniae (Gram-negativní), Staphylococcus aureus (Gram-positivní) a Candida albicans (kvasinka). Vzorek s 1,7 % jódu nevykazoval žádný antibakteriální účinek. Vzorek s 4,5 % jódu vykazoval bakteriostatický účinek vůči Klebsiella pneumoniae a Staphylococcus aureus. Oproti Candida albicans se žádný účinek neprojevil. Vzorek s 12 % jódu vykazoval baktericidní účinek vůči všem třem testovaným mikroorganismům.

Zde je nutno připomenout, že kryt rány připravený z materiálu s obsahem 1,7 % jódu v kombinaci s vrstvou staplových mikrovláken z kyseliny hyaluronové při testování na externím významném mikrobiologickém pracovišti rovněž nevykazoval žádný antimikrobiální účinek.

Na základě antimikrobiálních testů byly pro další studium desorpce jódu z polyamidu zvoleny a připraveny vzorky s obsahem cca 5 % jódu. U vzorků s obsahem jódu 8 % a více procent se prokazatelně projevuje sklon k sublimaci jódu z jodovaného polyamidu. Jak bude dále ještě připomenuto, sublimaci jódu z polyamidu je možno prokázat i pro materiál s obsahem 5 % jódu. Při vyšších koncentracích jódu na materiálu nad 7 %, můžeme také očekávat nebezpečí poškození živé tkáně účinkem jódu.

3.3 Desorpce z dlouhé lázně – sledování absorbance desorpčního roztoku

Studium využití množství jódu na materiálu bylo provedeno metodou studia desorpce jódu z jódovaného materiálu. Pro studium desorpce byla zvolena dvojí metodika:

Desorpce na dlouhé lázni, kdy k jodované polyamidové pletenině bylo přidáno dostatečné množství lázně (vody) – pro 1 g materiálu 25 ml vody, aby bylo možno vzorek lázně odebrat a na spektrofotometru změřit absorbanci jako funkci koncentrace jódu v roztoku. Tato metoda stanovení adsorbance roztoku se neosvědčila, zřejmě pro nízkou koncentraci jódu v desorpčním roztoku. Vyloučit není možno ani těkání (sublimaci) jódu z roztoku a interakci jódu s eventuálně přidávanou kyselinou hyaluronovou. Jako výhodnější se proto ukázala metoda stanovení koncentrace jódu na jodovaném polyamidu za použití metod pro objektivní měření barevnosti.

Desorpce na dlouhé lázni byla ověřována v destilované vodě při 37 °C. Byla stanovena koncentrace desorbovaného jódu v lázni spektrofotometricky. Protože desorpce jódu z materiálu probíhá jen do určité rovnováhy, zbývá po pěti hodinách ještě určité množství jódu na materiálu, jehož koncentraci lze určit za použití spektrofotometrických metod pro měřen koncentrace barevných sloučenin na materiálu – metody pro objektivní měření barevnosti.

Desorpce byla rovněž sledována ve fyziologickém roztoku, který simuluje vlastnosti tělních tekutin. Dále byla desorpce studována v přítomnosti kyseliny hyaluronové ve formě plošného útvaru ze staplových mikrovláken HA, který bude součástí předpokládaného kombinovaného krytu rány.

3.3.1 Bilance desorbovaného jódu

Na základě sorpčních izoterem můžeme výpočtem stanovit množství jódu na studovaných vzorcích (tabulka 2.29). Pro polyamidovou pleteninu plošné hmotnosti cca 50 g/m^2 představuje pro koncentraci 5,56 % hmotnostních jódu na materiálu koncentraci 2,84 g jódu sorbovaného na jeden metr čtverečný. Pro námi hodnocené vzorky o rozměrech 13 x 13 cm (tj. 0,0169 m^2) je množství jódu sorbovaného na vzorek uvedených rozměrů 57,85 mg jódu. Obdobnou úvahou dospějeme ke koncentracím jódu na polyamidovém nosiči o rozměrech 5 x 5 cm (rozměr krytu komerčního produktu INADINE®) – koncentrace jódu 6,25 mg na vzorku uvedených rozměrů. Pro rozměr vzorku 2 x 2 cm (rozměr vzorku při testování antimikrobiální účinnosti) je na tomto vzorku množství jódu 1 mg.

Z tohoto množství se do rány desorbuje pouze jeho část. Za studovaných podmínek se nejvíce desorbuje do vodní lázně, výrazně méně jódu přechází do fyziologického roztoku a také za přítomnosti kyseliny hyaluronové. Na desorpci jódu má tedy vliv iontová síla roztoku (fyziologický roztok) a také viskozita roztoku (přítomnost biopolymeru – kyselina hyaluronová).

Protože výsledky stanovení množství desorbovaného jódu na základě měření adsorbance desorpčního roztoku nejsou zcela spolehlivé (tabulka 2.17 – 2.20, 2.24, 2.25) byla absolutní množství desorbovaného jódu z tkaniny stanovena na základě stanovení K/S poskytnuté metodou objektivního měření barevnosti, jejíž použití se pro naše účely ukázalo být velmi vhodné.

Při aplikaci této metody na posouzení desorbovaného množství jódu v dlouhé lázni zjistíme, že ve vodném prostředí se ze vzorku 13x13 cm o koncentraci 5,56 % jódu desorbuje během pěti hodin 66,52 % jódu, tj. z vázaných 57,85 mg jódu se uvolní 43,51 mg jódu. Ve fyziologickém roztoku se za stejných podmínek uvolní pouze 47,78 % jódu, což představuje 36,36 mg jódu. V systému destilovaná voda v kombinaci s kyselinou hyaluronovou se uvolní 30,25 %, což představuje 23,59 mg jódu. V lázni z fyziologického roztoku a kyseliny hyaluronové se uvolní z materiálu pouze 28,1 % jódu, což představuje 26,0 mg jódu. Desorpce byla sledována při teplotě 37 °C. Rozdílné sytosti „vybarvení“ jodované pleteniny po desorpci jsou pozorovatelné i vizuálně. Tato metodika poskytuje velmi přesné údaje pro množství uvolněného jódu za různých podmínek.

Obdobné závěry o vlivu přísad do desorpční lázně (NaCl, HA) můžeme učinit i i na základě měření adsorbance desorpčního roztoku. S ohledem na nízkou koncentraci jódu a na jeho možnou sublimaci z lázně, event. interakci s HA jsou výsledky tohoto způsobu měření zatíženy značnou chybou. K chybám přispívá i pozvolné rozpouštění HA pro krátké časy měření. K zvýraznění desorbovaného jódu bylo do desorpčních roztoků přidáno určité množství jódu. Kromě usnadnění spektrofotometrického stanovení množství desorbovaného jódu do roztoku byl pozorován další zajímavý jev, kterého je možno prakticky využít. Při studiu desorpce jódu z polyamidu za přítomnosti škrobu v desorpčním roztoku bylo při hodnocení množství desorbovaného jódu z polyamidu pomocí objektivních metod měření barevnosti zjištěno, že desorbce probíhá ve zvýšené míře za přítomnosti škrobu v desorpční lázni. Vhodnou modifikací vrstvy staplových mikrovláken by bylo možno dosáhnout vyššího využití desorbovaného jódu. K podstatnému zlepšení stanovení jódu v desorpční lázni nepřispěje ani zvýraznění zbarvení roztoku jódu přídavkem škrobového mazu.

3.3.2 Desorpce jódu v přítomností staplových mikrovláken kyseliny hyaluronové

Kyselina hyaluronová při studiu desorpce byla použita ve formě staplového mikrovlákna zpracovaných do plošného útvaru (listu papíru), který byl aplikován třemi způsoby:

1) Útvar ze staplových mikrovláken byl připraven bezprostředně na jódované polyamidové pletenině.

2) Vrstva staplových mikrovláken byla připravena ve formě samonosné vrstvy, která byla při desorpci položena na jódovanou pleteninu.

3) Vrstva staplových mikrovláken byla připravena na polyamidové pletenině, jaká byla použita při studiu sorpce (a desorpce) jódu.

Analogicky je možno v těchto třech variantách navrhnout i kombinovaný kryt rány složený z vrstvy jodovaného polyamidu a vrstvy staplových mikrovláken. Každá varianta má svoje přednosti i nevýhody.

Ad 1) Nejjednodušší varianta, při nafiltrování staplových mikrovláken jako jejich suspenze v izopropanolu však může dojít k vymývání části jódu z jódované vrstvy polyamidu. Také při dlouhodobém skladování této formy krytu není zcela vyřešen problém kontaktu jódu, který má z pevné fáze schopnost sublimovat, s biopolymerem – kyselinou hyaluronovou.

Ad 2) Forma samonosné vrstvy staplových mikrovláken v kombinaci s jodovanou polyamidovou pleteninou je pro přípravu kombinovaného krytu zcela nevhodná. Vzhledem k rozpustnosti kyseliny hyaluronové ve vodě a velmi jemné formy staplových mikrovláken dochází již při manipulaci ve vlhkém prostředí krytí rány k rychlému rozpouštění této vrstvy, lepení a dalším problémům.

Ad 3) Tento způsob tvorby kombinovaného krytu z jódované polyamidové pleteniny a na samostatné polyamidové pletenině nafiltrované vrstvy staplového mikrovlákna je možno považovat za optimální z hlediska přípravy. Při jeho aplikaci na ránu je však nutno předpokládat možnost sorpce jódu, který se uvolňuje z nosiče jódu na čistou polyamidovou pleteninu v ráně. Tento jev byl potvrzen při kvalitativním posuzování migrace jódu na modelové ráně. Bylo by možno volit variantu, kdy staplová mikrovlákna budou nafiltrována na materiálu, který by nesorboval jód – polypropylen. Pro konečnou distribuci je také možno doporučit oddělenou depozici obou materiálů např. v polypropylenové folii.

Tyto popsané varianty krytů ran byly hodnoceny kvalitativně pro koncentraci 1,7 % a 5 % jódu na pletenině s různými variantami přiložené vrstvy staplových mikrovláken. Postup je popsán v kap. 2.5.1 s výsledky zdokumentovanými na obr. 2.8 – 2.11 a v tabulkách 2.32 – 2.35. Desorpce jódu byla zvýrazněna použitím vrstvy staplových mikrovláken z kombinace škrob-HA. Během 30 min došlo k intenzivnímu modrému zbarvení škrobu uvolněným jódem. Fotograficky byl experiment zdokumentován po 2 hodinách. Vizuálním posouzením zbarvené jódované pleteniny zbytkovým jódem nebylo pozorováno zásadních rozdílů při použití destilované vody a fyziologického roztoku, podobně jako mezi jednotlivými formami vrstev

ze staplových mikrovláken kyseliny hyaluronové. Tento jev je možno přičítat použití podložní vrstvy staplových mikrovláken ze směsi kyseliny hyaluronové a škrobu. Přítomný škrob váže uvolňovaný jód do komplexu a posouvá rovnováhu ve prospěch desorpce jódu. Domněnku by bylo nutno ověřit například hodnocením antimikrobiální účinnosti kombinovaného krytu připraveného z jódovaného polyamidu a vrstvy staplových mikrovláken z kyseliny hyaluronové ve srovnání s vrstvou staplových mikrovláken ze směsi škrobu a kyseliny hyaluronové.

Obdobně byla studována i desorpce jódu z vrstvy s obsahem 1,7 % jódu, množství desorbovaného jódu je zřejmě natolik nízké, že není potvrzen antibakteriální účinek.

Desorpce ve vlhkém prostředí, kde byla pouze kvalitativně sledována desorpce v podmínkách, které do určité míry modelují podmínky v ráně. Zde byly výsledky pouze fotograficky zdokumentovány (tabulky 2.32 a 2.34).

Při přechovávání jódovaného materiálu v suchém stavu a při studiu desorpce ve vlhkém prostředí byla potvrzena sublimace jódu. Tuto skutečnost ilustruje výsledky popsané v kap. 2.5.2 a zachycené na obr. 2.12 – 2.19. Sublimující jód byl indikován škrobovým mazem naneseným a usušeným na víčku Petriho misky. Sublimující jód zabarvuje vrstvu tohoto škrobu do klasického modrého odstínu. Varianta č. 1 a 2 uvedené řady ilustruje skutečnost, že systém přikrytý polypropylenovou folií neumožňuje sublimaci jódu a škrobová vrstva na víčku se nezabarví. Této skutečnosti by bylo možno využít i při konstrukci složeného krytu rány, pokud by ovšem nevadilo, že použitá folie brání také odvodu tekutin (exudátu) z rány. Obdobné výsledky jsou také u varianty č. 3 a 4, kde je použito kromě jodovaného polyamidu také vrstvy staplových mikrovláken kyseliny hyaluronové. Výsledky byly fotograficky zdokumentovány po 24 hodinách.

Sublimaci jódu lze takto potvrdit i na materiálech v suchém stavu. Varianta 6 potvrzuje sublimaci jódu z jodovaného polyamidu při koncentraci jódu 5 % v suchém prostředí. Sublimovaný jód byl potvrzen již po týdnu sledování. Varianta s 1,7 % vázaného jódu neprokázala zbarvení ani po dvou měsících – jód z této varianty buď vůbec nesublimuje nebo jen v nedekovatelném množství.

Varianty č. 7 a 8 potvrzují sublimaci jódu z komerčních produktů. Varianta 7 – komerční produkt INADINE® ve vlhkém prostředí. Varianta 8 komerční produkt Hyiodine®, který sám je vodným roztokem kyseliny hyaluronové a trijodidu draselného.

3.3.3 Ověření antimikrobiální účinnosti kombinovaného krytu rány připraveného kombinací jodované polyamidové pleteniny a vrstvy staplových mikrovláken z kyseliny hyaluronové

Na základě získaných zkušeností byl navržen kryt rány z kombinace jódované polyamidové pleteniny s koncentrací jódu 5,2 %. Na tuto pleteninu byla bezprostředně nafiltrováná vrstva staplových mikrovláken z kyseliny hyaluronové. Antibakteriální účinek tohoto krytu byl otestován Ing. Ivetou Brožkovou, Ph.D. vůči třem mikroorganismům. Výsledky jsou uvedeny v následující tabulce. Testování bylo provedeno opakovaně a to ve dvojí variantě. V prvém případě byla vrstva jodované pleteniny položena na petriho misku jodovanou vrstvou na vykultivované mikroorganismy, ve druhém případě byla na kulturu mikroorganismů přiložen kryt rány vrstvou staplového mikrovlákna. V obou případech byl opět potvrzen bakteriostatický účinek, výsledky obou variant jsou srovnatelné, ale přece jen byly lepší, pokud byla na kultivační misku položena jódovaná vrstva. V prostředí rány by určitě bylo vhodnější přiložit první vrstvu s jódem (antibakteriální účinky) a následně vrstvu s HA (lepší hojení). Výsledky jsou uvedeny v následující tabulce s hodnotami inhibičních zón.

Tabulka 3.1 – Hodnoty inhibičních zón testovaných bakteriálních kultur

Bakteriální kultura	**5,2 % I_2 na PAD + 0,2 g HA**			
Escherichia coli	Antimikrobiální účinek	Spodní strana I_2 Inhibiční zóna [mm]	Antimikrobiální účinek	Spodní strana HA Inhibiční zóna [mm]
	BS	2 x 2	BS	2 x 4
Staphylococcus aureus	BS	3 x 3	BS	3 x 3
	BS	1 x 1	BS	1 x 1
Candida albicans	BS	1 x 1	BS	1 x 1
	BS	6 x 8	BS	1 x 1
	BS	5 x 6	BS	1 x 1

BS = bakteriostatický

Přesto, že desorpce jódu z jodované polyamidové pleteniny je inhibována přítomností kyseliny hyaluronové, při konečném testování kombinovaného krytu bylo dosaženo velmi uspokojivých výsledků.

4 ZÁVĚR

Byl optimalizován způsob přípravy jodované polyamidové pleteniny. Koncentrace jódu na materiálu byla stanovena titrační metodou na základě úbytku jódu ze sorpční lázně nebo na základě nárůstu hmotnosti jodovaného materiálu.

Jódovaný materiál byl dán k testování jeho antimikrobiálního účinku.

Různými postupy za zvolených podmínek byla potvrzena desorpce jódu z jódovaného materiálu. Jako optimální metoda pro sledování desorpce jódu z textilního materiálu se jeví metoda objektivního měření barevnosti, která je v současnosti na vysoké úrovni, jak z metodického pohledu, tak přístrojového vybavení. Tuto metodu lze rovněž jako nejvhodnější doporučit pro hodnocení stability jódovaného materiálu při dlouhodobém skladování kombinovaného krytu rány.

Na základě dosažených poznatků byl navržen a připraven kryt rány jako kombinace jodované polyamidové pleteniny a vrstvy staplového mikrovlákna z kyseliny hyaluronové.

Při testování na externím pracovišti byl potvrzen bakteriostatický účinek připraveného krytu rány.

Na základě prokázání příznivého vlivu přítomnosti škrobu na množství desorbovaného jódu je možno doporučit přípravu a otestování antimikrobiální účinnosti kombinovaného krytu připraveného z jódované polyamidové pleteniny a vrstvy staplových mikrovláken ze směsi kyseliny hyaluronové a škrobu.

5 POUŽITÁ LITERATURA

[1] KAWAGUCHI, Akio. *Structure of iodine-nylon 6 complex:* 1. The investigation of the lattice constants and hydrostatic compression of the complex crystal. *Polymer*. Japan, 1992, **33**(18), 3983-3984.

[2] LINCOVÁ, Dagmar. *Základní a aplikovaná farmakologie*. Praha: Karolinum, 2005. ISBN 80-246-0538-4.

[3] HUGO, W.B. *A brief history of heat and chemical preservation and disinfection.* Journal Applied Bacteriology. 1991, (71), Adonis 002188479100084X 9-18.

[4] VALLIN, E. *Traite des desinfectants et de la desinfectantion.* Paris: Masson, 1882.

[5] FLEMING, Alexandr. *The action of chemical and physiological antiseptics in a septic wound*. Br J Surg. London, 1919, (7), 99-129.

[6] MINISTERSTVO ZDRAVOTNICTVÍ ČESKÉ REPUBLIKY. *Český lékopis*. Praha: Grada Publishing, spol. s.r.o., 1997, 1978 s. ISBN 80-7169-625-0.

[7] MELICHERČÍKOVÁ, Věra. *Desinfekce a sterilizace ve zdravotnictví*. Praha: Grada, 1994. ISBN 80-7169-095-3.

[8] HAMPL, František, Stanislav RÁDL a Jaroslav PALEČEK. *Farmakochemie*. 2. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2007. ISBN 978-80-7080-639-5.

[9] MOULAY, Saad. *Molecular iodine/polymer complexes*. Journal of Polymer Engineering. 2013, **33**(5), 389–443. DOI: DOI 10.1515/polyeng-2012-0122 .

[10] SINGHAL, Jai Paul a Alok R. Ray. *Adsorption of iodine on nylon-6.* Trands of Biomaterials Artifi. 2002, **11**(1), 46-51.

[11] MILIČ, Richard, VEČEŘA, Miroslav *Laboratorní příručka pro technologii polymerů,* VŠCHT Pardubice, 1990 str. 46 ISBN: 80-85113-23-6

5.1 Elektronické zdroje

[12] NECAS, J., L. BARTOSIKOVA, P. BRAUNER a J. KOLAR. *Hyaluronic acid (hyaluronan): a review*. Veterinarni Medicina [online]. 2008, **53**(8), 397–411 [cit. 2018-04-09].

[13] SELVARAJ, Dhivya, Vijaya VISWANADHA a Santhini ELANGO. Wound dressings – a review. *Biomedicine* [online]. 2015, **5**(22) [cit. 2018-04-08]. DOI: 10.7603/s40681-015-0022-9. Dostupné z: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4662938/

[14] HOLZBECHER. *Hojení ran* [online]. b.r. [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: http://www.holzbecher.net/kompetence/holzbecher-medical/hojeni-ran/

[15] WOUNDEUCATORS. *Wound Dressings* [online]. b.r. [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: https://woundeducators.com/resources/wound-dressings/

[16] ZDRAVOTNICTVÍ A MEDICINA. *Léčba chronický ran* [online]. b.r. [cit. 2018-04-11]. Dostupné z: https://zdravi.euro.cz/clanek/postgradualni-medicina/lecba-chronickych-ran-vcera-dnes-a-zitra-167128

[17] NANO{STUDIJNÍ]MATERIÁLY. *Kryty ran* [online]. In: . b.r. [cit. 2018-04-11]. Technická Univerzita v Liberci. Dostupné z: https://nanoed.tul.cz/pluginfile.php/4540/mod_resource/content/0/3%20predna%C5%A1ka%20new.pdf

[18] ZETUVIR PLUS. *Zetuvit* [online]. In: . b.r. [cit. 2018-04-11]. Dostupné z: https://m.hartmann.info/en-AU/our-products/Wound-Management/Absorbent-Pad/Extra-Absorbent/Zetuvit%C2%AE-Plus

[19] HARTMANN. Ošetřování ran, Portál pro lékaře a zdravodníky. *Atruman vlkké krytí* [online]. b.r. [cit. 2018-04-11]. Dostupné z: https://www.lecbarany.cz/produkty/vlhke-kryti/atrauman-ag#slozeni

[20] ZDRAVOTNICKÉ POTŘEBY. *Atrauman ag* [online]. In: . b.r. [cit. 2018-04-11]. Dostupné z: http://www.zdravotnicke-potreby.net/detail.php?id=23989

[21] HARTMANN. *Ataumann* [online]. In: . b.r. [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: https://hartmann.info/en-AU/our-products/Wound-Management/Contact-Layers/Impregnated-Contact-Layers/Atrauman%C2%AE#products

[22] POSPÍŠILOVÁ, Alena. Léčba chronických ran moderními krycími prostředky. *Praktické lékarenství* [online]. b.r., **2010**(6) [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: https://www.praktickelekarenstvi.cz/pdfs/lek/2010/06/04.pdf

[23] *MEDIQ*. *Polyuretanový transparentní film* [online]. In: . b.r. [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: http://tuoteluettelo.mediq.fi/n341795/suprasorb-f-haavakalvo-steriili

[24] HARTMANN. *Permafoam* [online]. In: . b.r. [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: https://www.lecbarany.cz/produkty/vlhke-kryti/permafoam

[25] SIBBALD, Gary, David LEAOER a Douglas QUEEN. Iodine Made Easy: Infection, Wound bed preparation. *Wounds International* [online]. b.r. [cit. 2018-03-10]. Dostupné z: https://www.curezone.org/forums/am.asp?i=1940125

[26] SELVAGGI, G, K MONSTREY a Van LANDUYT. The role of iodine in antisepsis and wound management: a reappraisal. *Acta Chir Belg* [online]. 2003, (103), 241-247 [cit. 2018-03-10].

[27] HOCHEL. Igor a DEMNEROVÁ Kateřina. *Antimikrobiální látky*. Old-biomikro.vscht.cz [online]. b.r. [cit. 2018-03-06]. Dostupné z: http://old-biomikro.vscht.cz/vyuka/fm/L9_Antimikrobialni_latky.pdf

[28] LEPŠÍ PÉČE. *Desinfekce operačního pole*. w*ww.lepsipece.cz* [online]. b.r. [cit. 2018-03-06]. Dostupné z: http://lepsipece.cz/hygiena-dezinfekce/dezinfekce-operacniho-pole/

[29] LIKOCHEM. *Lugolův roztok* [online]. b.r. [cit. 2018-04-11]. Dostupné z: https://www.likochem.cz/cz-detail-902013754-lugoluv-roztok-12-g-10-ml-kapaci-lahvicka.html

[30] LIKOCHEM. *Jodová tinktura* [online]. b.r. [cit. 2018-04-11]. Dostupné z: https://www.likochem.cz/cz-detail-902013757-jodova-tinktura-10-ml-kapaci-lahvicka.html

[31] AIMS MEDICAL GROUP. *Inadine* [online]. b.r. [cit. 2018-04-11]. Dostupné z: https://aimsmedical.com.au/index.php?route=product/product&product_id=3035

[32] BETADINE, Dezinfekce, která nepálí. *Betadine* [online]. b.r. [cit. 2018-04-11]. Dostupné z: http://www.dezinfekce-betadine.cz/

[33] LÉKÁRNA.CZ. *Betadine roztok* [online]. In: . b.r. [cit. 2018-04-11]. Dostupné z: https://www.lekarna.cz/betadine-liq-1x30ml/pribalovy-letak/

[34] *INADINE DRESSING (IODINE) Inadine balení* [online]. In: . b.r. [cit. 2018-04-11]. Dostupné z: https://www.amazon.co.uk/inadine-dressing-5cmx5cm-sterile-dressings/dp/B002ZGUY1W

[35] LÉKARNA.CZ *Jodisol* [online]. In: . b.r. [cit. 2018-04-11]. Dostupné z: https://www.lekarna.cz/jodisol-roztok-liq-1x80gm-1/

[36] SLONKOVÁ. V. *Hojení chronický ran v dermatologii* [online]. b.r. [cit. 2018-04-11]. Dostupné z: https://is.muni.cz/el/1411/jaro2017/VLTZ0451c/um/TZKM-CZ-2017_Slonkova.pdf?lang=cs

[37] SMITH&NEPHEW. *Iodosorb produkt* [online]. b.r. [cit. 2018-04-11]. Dostupné z: http://www.smith-nephew.com/key-products/advanced-wound-management/iodosorb1/

[38] BOWERS MEDICAL SUPPLY. *Iodosorb* [online]. In: . b.r. [cit. 2018-04-11]. Dostupné z: https://www.bowersmedical.com/online-catalogue-product/smith-and-nephew-iodosorb%E2%97%8A-iodine-paste/

[39] DAHLHAUSEN.CZ Intenzivní péče. *Hyodine* [online]. In: . b.r. [cit. 2018-04-11]. Dostupné z: https://www.aktivnihojeni.cz/media/attachments/2017/12/14/hyiodine_brozura_cz.pdf

[40] HYODINE. *Hyodine* [online]. b.r. [cit. 2018-02-28]. Dostupné z: https://hyiodine.cz/o-hyiodine

[41] PETRENKO, Martin. *Operační výkony v gynekologii a porodnictví* [online]. b.r. [cit. 2018-03-06]. Dostupné z: http://docplayer.cz/63297-Operacnivykony-v-gynekologii-a-porodnictvi.html

[42] ZELENÁ HVĚZDA. *Softasept (R) N bezbarvý* [online]. b.r. [cit. 2018-03-06]. Dostupné z: http://www.zelenahvezda.cz/zdravotnicke-potreby/softasept-r-n

[43] BRAUN MEDICAL. *Softasept (R) N* [online]. b.r. [cit. 2018-03-06]. Dostupné z: https://www.bbraun.cz/content/dam/catalog/bbraun/bbraunProductCatalog/S/AEM2015/cs-cz/b2/softasept-n.pdf.bb-.06447527/softasept-n.pdf

[44] CHEMPOINT. Vědci pro průmysl a praxi. *Známý neznámý hyaluronan*. [online]. b.r. [cit. 2018-04-09]. Dostupné z: http://www.chempoint.cz/znamy-neznamy-hyaluronan

[45] KYSELINA HYALUROVNOVÁ. *Molekula mládí* [online]. b.r. [cit. 2018-04-10]. Dostupné z: https://www.molekula-mladi.cz/neco-malo-z-historie

[46] WORTHINGRON BIOCHEMICAL CORPORATION. *Hyaluronic acid* [online]. In: . b.r. [cit. 2018-04-09]. Dostupné z: http://www.worthington-biochem.com:8080/enzyme-manual/VHHA/

[47] HASCALL. Vincent C. a LAURENT Torvard. C. *Hyaluronan: Structure and physical properties* [online]. b.r. [cit. 2018-04-09]. Dostupné z: http://glycoforum. gr.jp/science/hyaluronan/HA01/HA01E.html

[48] TRB CHEMEDICA UK VISMED. *Model of the hyaluronan ribbon in a 3-dimensional domain* [online]. In: . b.r. [cit. 2018-04-09]. Dostupné z: http://vismed.trbchemedica. co.uk/business-professionals/role-and-purpose-of-hyaluronan/structure-of-hyaluronan

[49] CONTRIPRO. *Formy a speciality hyaluronanu* [online]. b.r. [cit. 2018-04-11]. Dostupné z: https://www.contipro.cz/portfolio/formy-a-speciality-hyaluronanu

[50] NECAS, J. BARTOSIKOVA, L. BRAUNER P. KOLAR J. Hyaluronic acid (hyaluronan): a review, Veterinarni Medicina, 53, 2008 (8): 397-411 In: . b.r. [cit. 2018-04-09]. Dostupné z: https://www.vri.cz/docs/vetmed/53-8-397.pdf

[51] CONTRIPRO. Forms of Hyaluronan. Výroba [online]. In: . b.r. [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: https://www.contipro.cz/portfolio/farmaceuticka-kyselina-hyaluronova

[52] MANUFACTURING CHEMIST. *Hydrogels* [online]. In: . b.r. [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: https://www.manufacturingchemist.com/technical/article_page/Hyaluronic_ acid__the_biotech_way/41631

[53] CONTRIPRO. Forms of Hyaluronan. *Microfibres* [online]. In: . b.r. [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: https://contipro.com/portfolio/manufacturer-of-hyaluronan-forms

[54] CONTRIPRO. Forms of Hyaluronan. Nanofibres [online]. In: . b.r. [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: https://contipro.com/portfolio/manufacturer-of-hyaluronan-forms

[55] CONTRIPRO. Forms of Hyaluronan. *Polymerics micelles* [online]. In: . b.r. [cit. 2018-

04-08]. Dostupné z: https://contipro.com/portfolio/manufacturer-of-hyaluronan-forms

[56] CONTRIPRO. Forms of Hyaluronan. *Staple Fibers* [online]. In: . b.r. [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: https://contipro.com/portfolio/manufacturer-of-hyaluronan-forms

[57] CONTRIPRO. Forms of Hyaluronan. Thin *films* [online]. In: . b.r. [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: https://contipro.com/portfolio/manufacturer-of-hyaluronan-forms

[58] HARTMANN. Ošetřování ran. Portál pro lékaře a zdravotníky. *Jak produkt funguje*. [online]. b.r. [cit. 2018-04-10]. Dostupné z: https://www.lecbarany.cz/produkty/vlhke-kryti/atrauman-ag#jak-produkt-funguje

[59] POLYMERS. KNETSCH, Menno a Leo KOOLE. *New Strategies in the Development of Antimicrobial Coatings: The Example of Increasing Usage of Silver and Silver Nanoparticles.* Polymers [online]. 2011, **3**(1), 340-366 [cit. 2018-04-10]. DOI: 10.3390/polym3010340. Dostupné z: http://www.mdpi.com/2073-4360/3/1/340/htm

[60] HARTMANN. Ošetřování ran. Portál pro lékaře a zdravotníky. Atrauman *(R) Ag* [online]. In: . b.r. [cit. 2018-04-10]. Dostupné z: https://www.lecbarany.cz/images_obsah/produkty/600x600/86.jpg

[61] ŠURÍN, Stanislav. *Octenidine dihydrochloride - nové možnosti antiseptika v liečbe rán* [online]. b.r. [cit. 2018-03-06]. Dostupné z: http://www.akutne.cz/res/publikace/61-octenidine-v-lie-be-r-n-mikulov.pdf

[62] AKTIVNÍ HOJENÍ. *Solerex* [online]. b.r. [cit. 2018-04-10]. Dostupné z: https://www.aktivnihojeni.cz/#sorelex

[63] CONTIPRO. *Solerex* [online]. b.r. [cit. 2018-04-10]. Dostupné z: https://www.contipro.cz/portfolio/pripravky-na-hojeni-ran/sorelex

[64] CONTIPRO. *Solerex krytí pro infikované rány. brožura* [online]. In: . b.r. [cit. 2018-04-10]. Dostupné z: https://www.aktivnihojeni.cz/media/attachments/2017/12/14/sorelex-brozura_cz.pdf

[65] CONTIPRO. *Solerex* [online]. In: . b.r. [cit. 2018-04-10]. Dostupné z: https://www.contipro.cz/portfolio/pripravky-na-hojeni-ran/sorelex

[66] KELNEROVÁ, Jarmila a kol., *Ošetřovatelství pro střední zdravotnické školy 2. ročník* - 2. díl, 2016, 2. přepracované a doplněné vydání s.260, Grada Publishing, ISBN 978-80-127-5330-0

[67] ČERNÝ, Michal, *Objektivní měření barevnosti,* Fakkulta chemicko-technologická Kolektiv autorů SODB. *Měření barevnosti a jeho využití v koloristické praxi*. Československý kolorista, 1980.

[68] PIHAN, Roman, *Fotografie a fototechniky, Vše o světle - Barevné modely*, Praktické využití Lab modelu [online]. In: . b.r. [cit. 2018-04-10]. Dostupné z: http://www.fotoroman.cz/tech2/svetlo05color_model.htm

5.2 Patent

[69] Satyanarayana Kota, Kali Satya Bhujanga Rao Adibhatla, Chowdary Nannapaneni Venkaiah. Natco Pharma Limited. *Improved process for the preparation of cadexomer iodine*. b.r. Francie. 2007 WO2008117300A2.

[70] Burgert, L., Hrdina, R. Velebný V. a kol. Kryty ran a způsob jejich přípravy. From Czech rep. (2014) CZ 304651 B6 20140820, WO 2013167098A2

6 PŘÍLOHY

Příloha č. 1

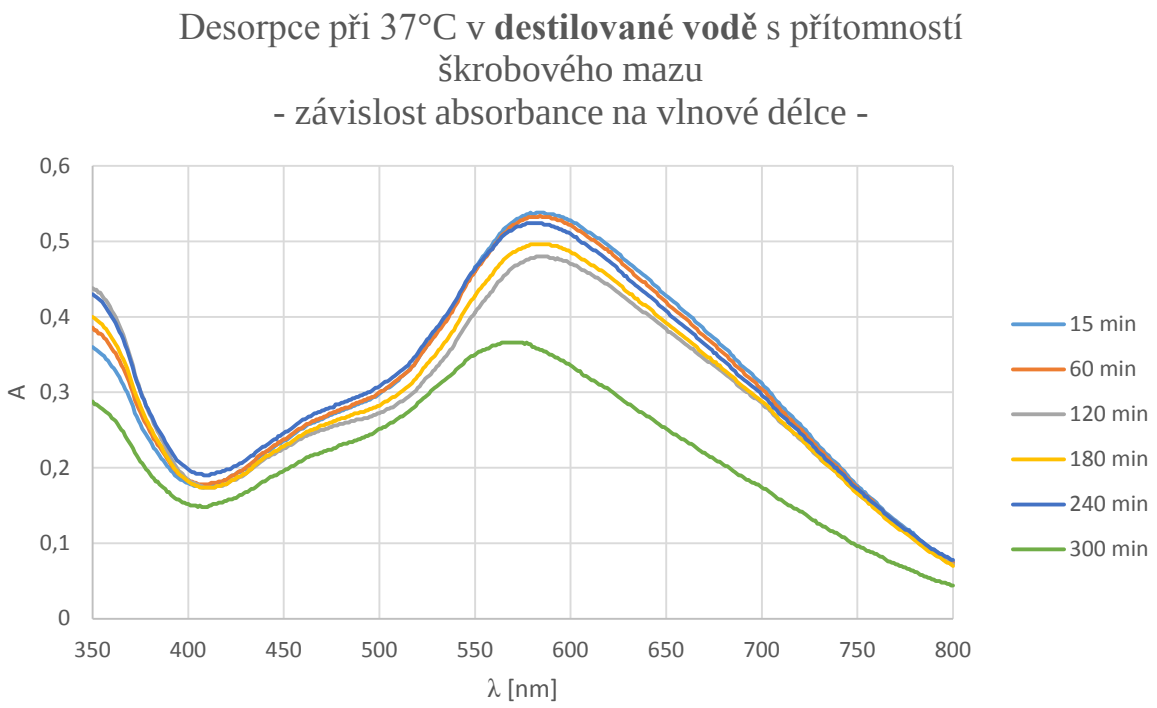
Druh : **WINOLA**
Účel použití : podšívková pletenina

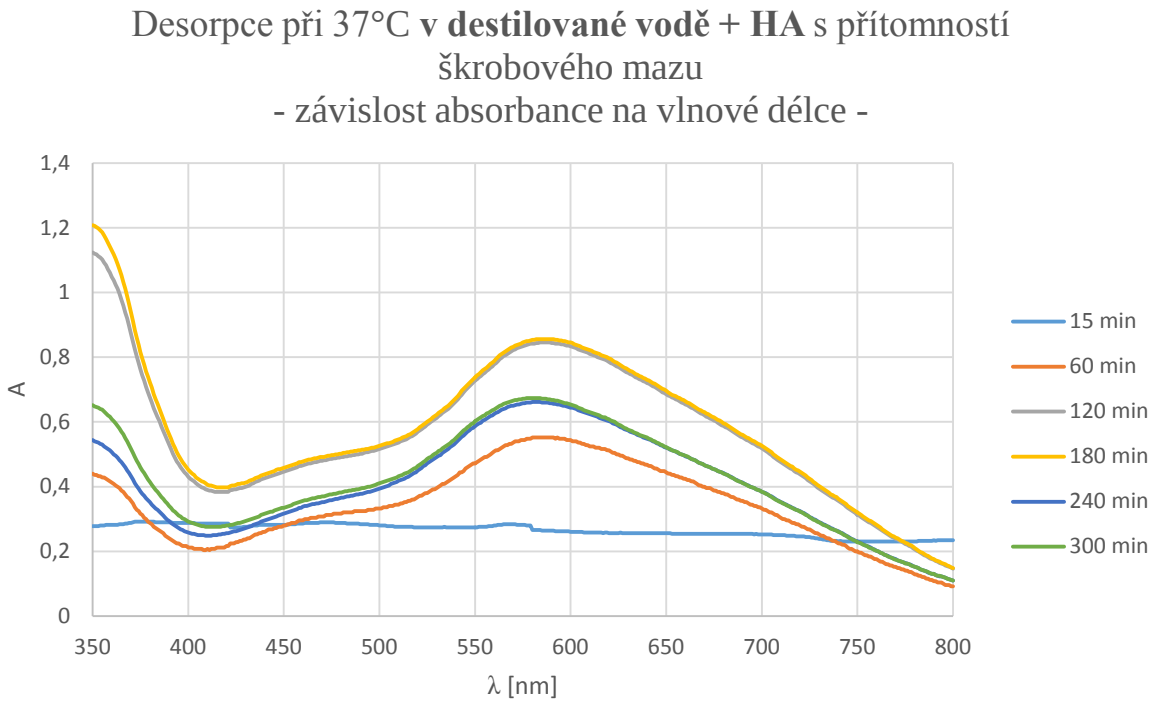
Hodnoty konstrukčně technologických parametrů a užitných vlastností

Ukazatel		Zkouší se podle
Šíře	160 cm - 2 %	ČSN EN 1773 (80 0843)
Počet sloupků na 1 cm Počet řádků na 1 cm	11,- inform. 14,- inform.	ČSN EN 14971 (80 0868)
Hmotnost m^2	50 g ± 10 %	ČSN EN 12127 (80 0849)
Materiál	44 dtex polyamid M	ČSN EN ISO 2076 (80 0010) ČSN ISO 1144 (80 0050)
Úprava	praní, barvení	
Pevnost v tahu po sloupku po řádku	min. 150 N min. 280 N	PN 45539961/028/80/08 (ČSN 80 0810)
Rozměrová změna v ručním praní - po sloupku - po řádku	 max. 5 % max. 3 %	PNs 47451963/024/80/98
Stálosti vybarvení min. v chem.čištění při žehlení s. při otěru s. v praní 40 °C ve vodě v potu	 3-4/3-4 4/4 4 4/3 3/3 3/3	 ČSN EN ISO 105-D01 (80 0166) ČSN EN ISO 105-X11 (80 0138) ČSN EN ISO 105-X12 (80 0139) ČSN EN ISO 105-C10 (80 0146) ČSN EN ISO 105-E01 (80 0143) ČSN EN ISO 105-E04 (80 0165)
Symboly ošetřování		ČSN EN ISO 3758 (80 0005)

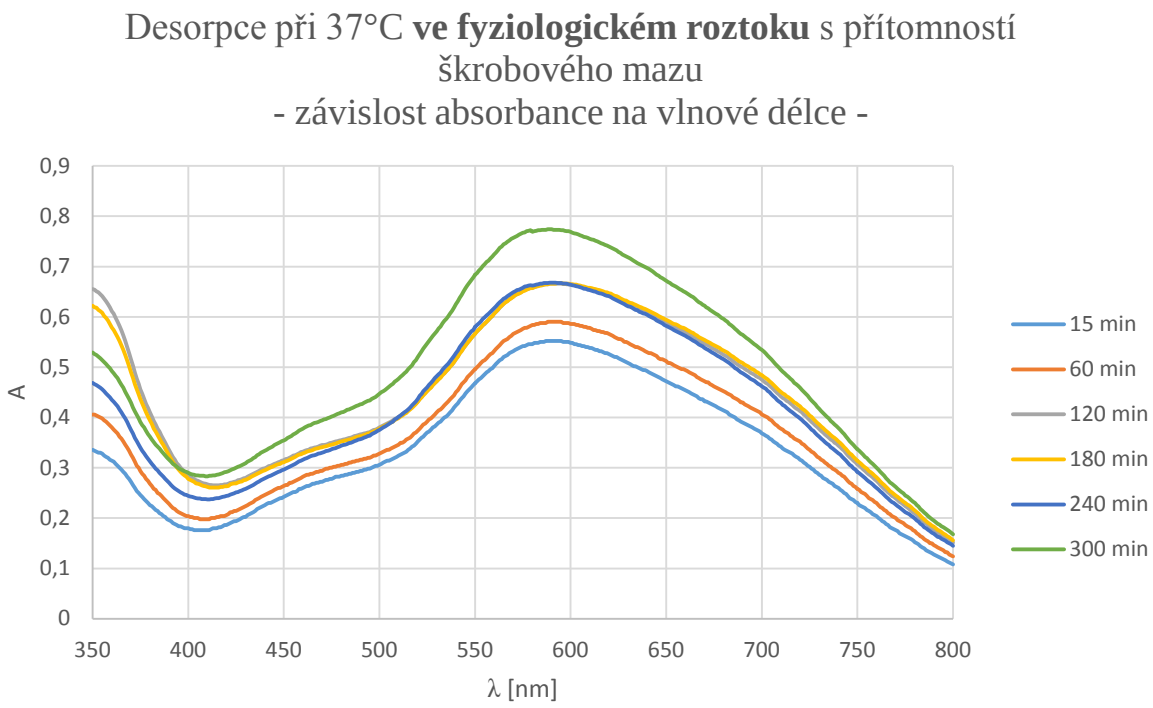
Listopad 2014

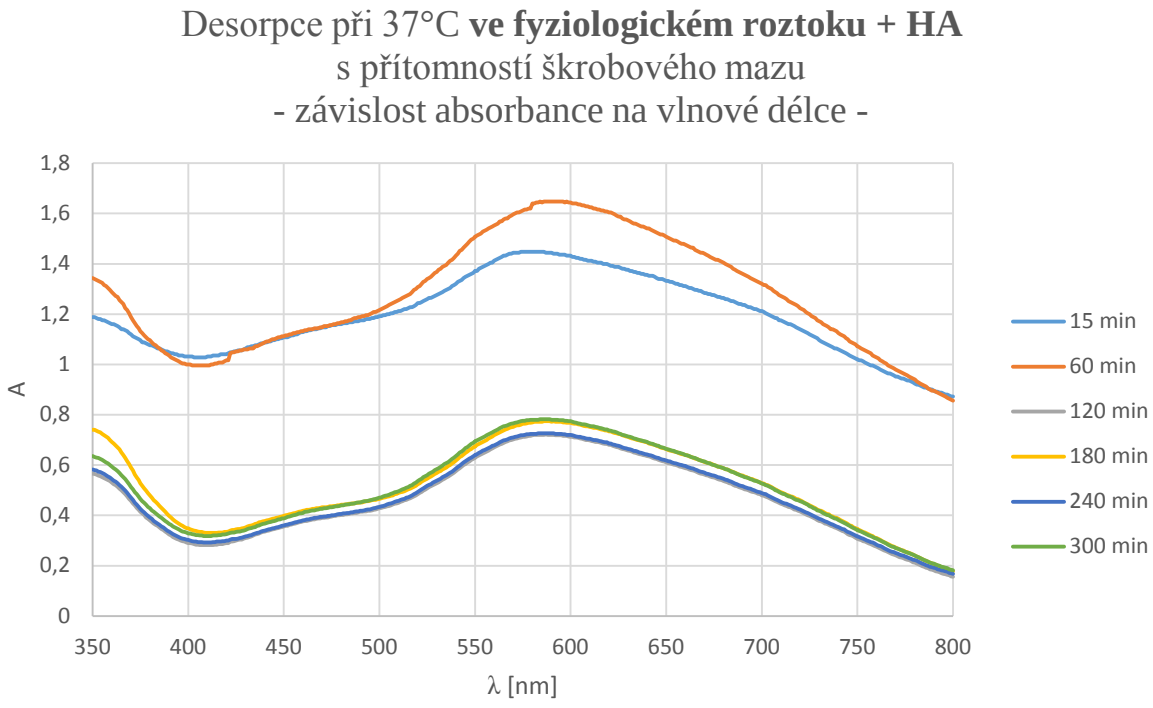
Příloha č. 2


Desorpce při 37°C v **destilované vodě** s přítomností škrobového mazu
- závislost absorbance na vlnové délce -
A
λ [nm]
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0
350
400
450
500
550
600
650
700
750
800
15 min
60 min
120 min
180 min
240 min
300 min


Desorpce při 37°C **v destilované vodě + HA** s přítomností škrobového mazu
- závislost absorbance na vlnové délce -
A
λ [nm]
1,4
1,2
1
0,8
0,6
0,4
0,2
0
350
400
450
500
550
600
650
700
750
800
15 min
60 min
120 min
180 min
240 min
300 min

Příloha č. 3


Desorpce při 37°C **ve fyziologickém roztoku** s přítomností škrobového mazu
- závislost absorbance na vlnové délce -
A
λ [nm]
0,9
0,8
0,7
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0
350
400
450
500
550
600
650
700
750
800
15 min
60 min
120 min
180 min
240 min
300 min


Desorpce při 37°C **ve fyziologickém roztoku + HA** s přítomností škrobového mazu
- závislost absorbance na vlnové délce -
A
λ [nm]
1,8
1,6
1,4
1,2
1
0,8
0,6
0,4
0,2
0
350
400
450
500
550
600
650
700
750
800
15 min
60 min
120 min
180 min
240 min
300 min

Údaje pro knihovnickou databázi

Název práce	Vývoj aktivní části krytu ran s obsahem jódu a kyseliny hyaluronové
Autor práce	Bc. Martina Slabá
Obor	Vlákna a textilní chemie
Rok obhajoby	2018
Vedoucí práce	doc. Ing. Ladislav Burgert, CSc.
Anotace	V předložené diplomové práci byla ověřována možnost přípravy aktivní části krytu rány, který by obsahoval nosič jódu a vrstvu staplových mikrovláken z kyseliny hyaluronové. Jako nosič jódu, ze kterého je jód uvolňován při aplikaci na vlhké prostředí rány, je ověřována jódovaná pletenina z polyamidu 6. Experimentální část práce je zaměřena na přípravu jódovaného polyamidu a studium podmínek desorpce z tohoto materiálu. Kombinaci vrstvy staplových mikrovláken z kyseliny hyaluronové s jódovanou polyamidovou pleteninou, stejně jako distribuci této kombinace, je možno realizovat v několika variantách.
Klíčová slova	kryt rány, jód, staplová mikrovlákna kyseliny hyaluronové, antimikrobiální účinek