



Diplomová práce

Vliv složení a teploty skladování na stabilitu zvlákňovacích roztoků biodegradabilních polyesterů

Studijní program:

N0723A270001 Textilní inženýrství

Autor práce:

Bc. Roman Suchomel

Vedoucí práce:

doc. Ing. Eva Kuželová Košťáková, Ph.D.

Katedra chemie

Liberec 2023



Zadání diplomové práce

Vliv složení a teploty skladování na stabilitu zvláknovacích roztoků biodegradabilních polyesterů

<i>Jméno a příjmení:</i>	Bc. Roman Suchomel
<i>Osobní číslo:</i>	T19000085
<i>Studijní program:</i>	N0723A270001 Textilní inženýrství
<i>Zadávací katedra:</i>	Katedra netkaných textilií a nanovláknenných materiálů
<i>Akademický rok:</i>	2022/2023

Zásady pro vypracování:

1. Seznamte se s problematikou elektrického zvláknování biodegradabilních polyesterů, zejména PCL, PLCL a PLA.
2. Vypracujte literární rešerši na téma spojené s problematikou vlivu rozpouštědel případně i podmínek skladování roztoků na jejich zvláknitelnost.
3. Navrhněte experiment zohledňující vliv složení polymerních roztoků a teploty skladování na jejich stabilitu pro elektrické zvláknování z jehly a navrhněte vhodné metody testování.
4. Proveďte tento experiment a otestujte vyrobené materiály.
5. Zhodnoťte výsledky a diskutujte je, vyvoďte závěry.

Rozsah grafických prací: dle potřeby dokumentace
Rozsah pracovní zprávy: 40-60 dle potřeby
Forma zpracování práce: tištěná/elektronická
Jazyk práce: čeština

Seznam odborné literatury:

1. Bongiovanni Abel, Silvestre, Liliانا Liverani, Aldo R. Boccaccini, a Gustavo A. Abraham. "Effect of Benign Solvents Composition on Poly(ϵ -Caprolactone) Electrospun Fiber Properties". *Materials Letters* 245 (červen 2019): 86–89.
<https://doi.org/10.1016/j.matlet.2019.02.107>.
2. Van der Schueren, Lien, Bert De Schoenmaker, Özlem I. Kalaoglu, a Karen De Clerck. "An Alternative Solvent System for the Steady State Electrospinning of Polycaprolactone". *European Polymer Journal* 47, č. 6 (červen 2011): 1256–63.
<https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2011.02.025>.
3. Gil-Castell, O., J.D. Badia, E. Strömberg, S. Karlsson, a A. Ribes-Greus. "Effect of the Dissolution Time into an Acid Hydrolytic Solvent to Tailor Electrospun Nanofibrous Polycaprolactone Scaffolds". *European Polymer Journal* 87 (únor 2017): 174–87.
<https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2016.12.005>.

Vedoucí práce: doc. Ing. Eva Kuželová Košťáková, Ph.D.
Katedra chemie

Datum zadání práce: 1. listopadu 2022
Předpokládaný termín odevzdání: 2. června 2023

doc. Ing. Vladimír Bajzík, Ph.D.
děkan

L.S.

doc. Ing. Jiří Chvojka, Ph.D.
vedoucí katedry

V Liberci dne 1. listopadu 2022

Prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci jsem vypracoval samostatně jako původní dílo s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé diplomové práce a konzultantem.

Jsem si vědom toho, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu Technické univerzity v Liberci.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti Technickou univerzitu v Liberci; v tomto případě má Technická univerzita v Liberci právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Současně čestně prohlašuji, že text elektronické podoby práce vložený do IS/STAG se shoduje s textem tištěné podoby práce.

Beru na vědomí, že má diplomová práce bude zveřejněna Technickou univerzitou v Liberci v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů.

Jsem si vědom následků, které podle zákona o vysokých školách mohou vyplývat z porušení tohoto prohlášení.

Poděkování:

Chtěl bych poděkovat především své vedoucí doc. Ing. Evě Kuželové Košťákové, Ph.D za její odborné vedení, metodologickou pomoc a ochotu při zpracování mé diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat své rodině za dlouholetou trpělivost a za to, že mě celou dobu studia podporovala.

ANOTACE:

Cílem této diplomové práce bylo prozkoumat chování roztoků biodegradabilních polyesterů, jak změna rozpouštědel a teplota skladování ovlivní jejich zvláknitelnost. V teoretické části je čtenář stručně seznámen s typy biodegradabilních polyesterů a jejich využitím ve tkáňovém inženýrství. Další části se zabývají procesem elektrostatického zvláknování, polymerními rozpouštědly a vlivy těchto rozpouštědel. Experimentální část pak řeší problematiku zvláknitelnosti biodegradabilních polyesterů, jako je PCL (polykaprokaton) a kopolymer PLCL (70 : 30), a vliv použití odlišných rozpouštědel na zvláknitelnost těchto polymerů. Taktéž byl sledován dopad rozdílné teploty uskladnění roztoků na proces elektrostatického zvláknování a kvalitu vyrobeného materiálu z hlediska průměrů vláken.

KLÍČOVÁ SLOVA:

Degradace, polykaprolakton, elektrostatické zvláknování, skladování

ANOTTATION:

The aim of this thesis was to investigate behavior of biodegradable polyester solutions, how changing solvents and storage temperature will affect their spinnability. In the theoretical part, the reader is briefly introduced to the types of biodegradable polyesters and their use in tissue engineering. Other sections deal with the electrospinning process, polymer solvents and the effects of these solvents. The experimental part then deals with the issue of spinnability of biodegradable polyesters, such as PCL (polycaprocato) and PLCL copolymer (70 : 30), and the effect of the use of different solvents on the spinnability of these polymers. The impact of different solution storage temperatures on the electrospinning process and the quality of the produced material in terms of fiber diameters.

KEY WORDS:

Degradation, polycaprolactone, electrospinning, storage

Obsah

1	Úvod.....	11
2	Teoretická část	12
2.1.	Biodegradabilní polyestery	12
2.1.1.	Polymer kyseliny glykolové.....	13
2.1.2.	Polymer kyseliny mléčné	14
2.1.3.	Polykaprolakton	15
2.1.4.	Poly(lactic-co-glycolic).....	15
2.1.5.	Poly(L-lactide-co-ε-kaprolakton).....	16
2.2.	Tkáňové inženýrství	17
2.2.1.	Biodegradabilita	17
2.2.2.	Klasifikace biodegradabilních polymerů.....	18
2.2.3.	Biokompatibilita.....	19
2.2.4.	Využití biodegradabilních polyesterových materiálů v medicíně.....	20
2.3.	Elektrostatické zvlákňování.....	21
2.3.1.	Vlivy na zvláknitelnost.....	22
2.3.2.	Rozpouštědlové systémy	23
2.3.3.	Vliv rozpouštědel na zvláknitelnost polymerů.....	24
2.4.	Elektronová mikroskopie.....	26
2.4.1.	Transmisní mikroskopie.....	27
2.4.2.	Rastrovací mikroskopie.....	27
2.5.	Chromatografie	27
2.5.1.	Gelová permeační chromatografie	28
3	Experimentální část.....	29
3.1.	Použité chemikálie.....	29
3.2.	Přístroje a programy	30
3.3.	Příprava roztoků	30

3.4.	Popis zařízení pro zvlákňování	32
3.5.	Zvlákňovací proces	34
3.6.	Příprava vzorků pro SEM	35
3.7.	Příprava vzorků pro GPC	35
3.8.	Měření průměrů vláken	36
3.8.1.	Vyhodnocení dat	38
4	Výsledky a diskuse	39
4.1.1.	Vzorek č. 1	39
4.1.2.	Vzorek č. 2	41
4.1.3.	Vzorek č. 3	43
4.1.4.	Vzorek č. 4	45
4.1.5.	Vzorek č. 5	47
4.1.6.	Vzorek č. 6	49
4.1.7.	Vzorek č. 7	51
4.1.8.	Vzorek č. 8	53
4.1.9.	Vzorek č. 9	55
4.1.10.	Vzorek č. 10.....	57
4.2.	Vliv rozpouštědel na PLCL	59
4.3.	Vliv rozpouštědel na PCL 45.....	60
4.4.	Vliv teploty na PLCL vzorky č. 2 a 3	62
4.5.	Vliv teploty na PLCL vzorky č. 4, 5 a 6.....	63
4.6.	Vliv teploty na PCL 45 vzorky č. 8 a 9	64
5	Závěr	65
6	Použitá literatura	67
7	Seznam obrázků	71
8	Seznam tabulek	72
9	Seznam grafů	72

10	Seznam příloh.....	73
----	--------------------	----

Seznam zkratek

PCL	polykaprolakton
PGA	polymer kyseliny glykolové
PLA	polymer kyseliny mléčné
PLGA	kopolymer kyseliny mléčné a glykolové
PLCL	kopolymer kaprolaktonu a kyseliny mléčné
PBS	polybutylensukcinát
PES	polyethylen sulfonát
THF	tetrahydrofuran
L-LA	monomer kyseliny mléčné
D-LA	monomer kyseliny mléčné
AC	střídavý elektrický proud
DC	stejnoseměrný elektrický proud
TEM	transmisní elektronová mikroskopie
SEM	skenovací elektronová mikroskopie
GPC	gelová permeační chromatografie
T_m	teplota tání
T_g	teplota skelného přechodu
M_n	číselný střední molekulová hmotnost
M_w	molekulová hmotnost

1 Úvod

Tato diplomová práce se zabývá zkoumáním efektu rozlišných rozpouštědel a teplot skladování na zvláknitelnost biodegradabilních polyesterů. Zkoumání vlivu rozpouštědel na různé biodegradabilní polymerní roztoky je důležité nejen pro jejich zvláknitelnost, ale i pro jejich následné využití. Výrobky z biodegradabilních polymerů se totiž dostávají do přímého kontaktu s lidským tělem, a to nejen s pokožkou, ale mnohem častěji jsou tyto materiály ve tkáňovém inženýrství vloženy přímo do lidského těla.

Polymery pro tkáňové inženýrství a produkty z nich jsou tak pod velkým drobnohledem, jelikož tyto materiály musí být pro lidské tělo bezpečné. To znamená, že musí být zcela netoxické a nesmí vyvolávat reakci imunitního systému. Dále by tyto materiály měly dosahovat co nejvhodnějších mechanických vlastností, a to pevnosti v tahu, ohybu, smyku, průměru vláken či porezity výsledného materiálu, to vše na základě typu nahrazované tkáně a místa působení. Všechny tyto vlastnosti by si daný materiál měl udržet po dobu, než dojde k vytvoření nové požadované tkáně.

V teoretické části této diplomové práce se čtenář seznámí s důležitými prvky pro porozumění biodegradabilním polyesterům, jaké mají využití ve tkáňovém inženýrství a procesu elektrostatického zvláknování. Dále je čtenář obeznámen s rozpouštědly, která hrají podstatnou roli v polymerních roztocích. Bohužel se odborná literatura věnuje tématu hodnocení stability polymerních materiálů ve zvláknovacích roztocích pro elektrostatické zvláknování velmi málo a nebylo možné vytvořit na toto téma plnohodnotnou rešerši. Avšak problematika je naznačena díky literatuře zaměřené na volbu rozpouštědlových systémů a volbou méně rizikových rozpouštědel z hlediska zdravotního i environmentálního.

Experimentální část této práce se zabývá sledováním polymeru PCL ve dvou variantách molekulových hmotností $M_n = 45\ 000$, $M_n = 80\ 000$ a kopolymeru PLCL a vlivu rozdílných rozpouštědel na tyto polymery, a to z hlediska zvláknitelnosti polymerních roztoků z nich vyrobených a schopnosti roztoků zvláknovat pomocí elektrostatického zvláknování z jehly. Taktéž byl sledován vliv teploty uskladnění těchto polymerních roztoků nejen na samotný proces elektrostatického zvláknování, ale hlavně na to, jak se uskladnění a různý typ rozpouštědel projeví na výsledném materiálu.

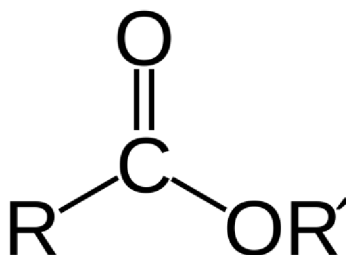
2 Teoretická část

Hlavním cílem této práce je tvorba nanovláknenného materiálu z roztoků složených z PCL a PLCL (kopolymer kaprolaktonu s kyselinou mléčnou) v kombinaci s různými rozpouštědly a sledování změn, které probíhají vlivem doby uskladnění, a to i za rozdílných teplotních podmínek. Proto část rešerše se bude těmto biodegradabilním polyesterům věnovat obšírněji. Další část se zaměří na tkáňové inženýrství, ve kterém jsou tyto polymery použity, a princip výroby vláknenné vrstvy za pomoci elektrostatického zvláknování, díky kterému byl zvlákněn materiál pro experimentální část. Závěr teoretické části bude věnován vlivu odlišných rozpouštědel nejen na zvláknitelnost daných polymerů.

2.1. Biodegradabilní polyestery

Biodegradabilní polyestery jsou v současné době nejvíce využívány a testovány jako základní materiály ve tkáňovém inženýrství při výrobě scaffoldů. Pro většinu materiálů využívaných ve tkáňovém inženýrství jsou důležité jejich biokompatibilní a biodegradabilní vlastnosti společně s povrchovými vlastnostmi, které podporují proliferaci a usazování buněk na povrchu materiálu (1).

Biodegradabilní polyestery jsou díky výskytu esterové vazby ve své struktuře využitelným materiálem nejen z hlediska vynikajících biologických vlastností, kterými jsou biokompatibilita a biodegradabilita, ale tyto polymery taktéž dosahují i skvělých fyzikálních a chemických vlastností. Biodegradabilní polyestery se vyznačují tím, že ve své chemické struktuře obsahují esterovou skupinu, viz obrázek 1. Biologicky rozložitelné polyestery se mohou rozkládat díky kombinaci podstatných rysů struktury hlavního řetězce s určitým stupněm hydrofilnosti a krystalinity (1, 2).



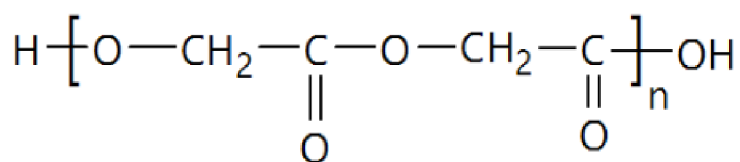
Obrázek 1: Strukturální vzorec esterové skupiny, převzato z (3)

Biodegradabilní polyestery jsou téměř jedinými biologicky odbouratelnými sloučeninami, jež dosahují vysoké molekulové hmotnosti. Tyto polymery lze rozdělit do dvou skupin na základě vazby jejich monomerních skupin. První skupinou jsou níže více rozepsané polyhydroxyalkanoáty. Jedná se o polymery, jež jsou syntetizované z karboxylových kyselin. Mezi tyto polymery patří často používané polyestery, jako jsou PGA, PCL, PLA. Druhou skupinu představují poly(alkylendikarboxyláty), tyto polymery jsou vyrobeny pomocí polykondenzace diolů a dikarboxylových kyselin, mezi které spadá PBS a PES (1, 2, 4).

2.1.1. Polymer kyseliny glykolové

Polymer PGA, z anglického: Polyglycolic acid, je nejzákladnějším alifatickým polyesterem, viz obrázek 2. Tento polymer spadá mezi termoplastické biodegradabilní polymery. Jeho teplota T_m se pohybuje okolo 225–230 °C a T_g mezi 35–40 °C. Díky své vysoké pevnosti se PGA používá například jako implantát při nápravě kostních zlomenin ve formě čepů, šroubů, plátů a tyčí. Avšak jako u většiny syntetických biodegradabilních materiálů byly pozorovány nežádoucí účinky, v tomto případě ve formě selhání fixace, dislokace zlomeniny nebo zánětlivá reakce vůči cizímu tělesu. Výskyt těchto nežádoucích účinků je přímo úměrný věku pacienta, u mladších pacientů byly proto spatřeny jen zřídka (5).

Procento krystalinity se u PGA pohybuje mezi 35–50 %, v případě využití stehů in-vitro se jeho celková degradace pohybuje okolo 20 dnů. Vyrobený nanovláknenný materiál z PGA však důsledkem své degradace po 7 dnech přichází o 50 % své pevnosti. Degradace in-vitro probíhá vlivem enzymaticky katalyzovaného štěpení (hydrolýzy). PGA je nerozpustný ve většině organických rozpouštědel, až na ta rozpouštědla, která obsahují vysoké procento fluoru, jako například v 1,1,1,3,3,3 hexafluoro-2-propanol (6–8).

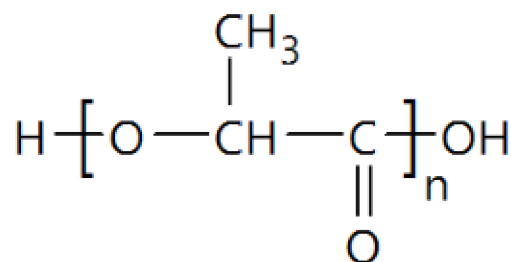


Obrázek 2: Strukturální vzorec PGA, převzato z (9)

2.1.2. Polymer kyseliny mléčné

Polymer PLA, z anglického Polylactic acid, spadá mezi termoplastické alifatické polyestery, viz obrázek 3. Komerčně využívaný PLA dosahuje teploty tání (T_m) kolem 142 °C a skelného přechodu (T_g) 55 °C. Oproti PGA však tento polymer obsahuje v každé funkční jednotce methylovou skupinu, degraduje pomaleji a je více hydrofobní. PLA je zcela rozpustný v rozpouštědlech, jako je dioxan, acetonitril, chloroform, zatímco jen částečně rozpustný v toluenu a acetonu. PLA je zcela nerozpustný ve vodě, alkoholech či lineárních uhlovodících. Vlivem chiralit diesteru kyseliny existují tři různé formy monomeru, dvě stereoizomerní L- (L-LA) a D- (D-LA) formy a jedna racemická D (DL-LA) forma. Tyto formy vypovídají o rozdílné prostorové orientaci atomárních vazeb a tato prostorová orientace ovlivňuje výsledné vlastnosti polymeru (10, 11).

Chiralita LA jednotek poskytuje možnost manipulovat nejen s fyzikálními a mechanickými vlastnostmi PLA, ale taktéž s rychlostí jeho degradace. Stereoizomerní L-LA a D-LA (PLLA) formy vytvářejí izotaktický polymerní řetězec, který se nachází v semikristalické formě, dosahující mezi 37–72 % stupně krystalinity. Má vyšší pevnost, teplotu T_m kolem 175 °C, teplotou T_g 50–80 °C a pomalejší degradací, než je tomu u racemické D formy. D (PDLLA) má atakticky uspořádaný polymerní řetězec, což znamená, že daný řetězec je amorfní, a tedy i více flexibilní, bez pevného bodu tání a dosahuje rychlejších degradací (10, 11).

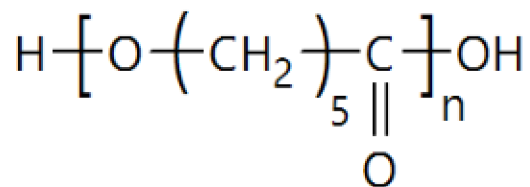


Obrázek 3: Strukturální vzorec PLA, převzato z (9)

2.1.3. Polykaprolakton

Polymer PCL, z anglického poly(ϵ -caprolactone), je semikristalický polymerem. PCL je biodegradabilní polymer s krystalinitou dosahující 45–67 %, viz obrázek 4. PCL disponuje proti jiným polymerům výjimečnými vlastnostmi, jako je T_g -60 °C a T_m kolem 60 °C, pro použití ve zdravotnictví. Avšak PCL má mnohem delší dobu degradace než výše zmíněné polyestery. Avšak po nějaké době díky pokrokům ve zdravotnictví a tkáňovém inženýrství jejich přínos vzrostl. Jelikož při fyziologické teplotě nabývá kaučukovitého stavu, našel PCL využití ve tkáňovém inženýrství ve formě scaffoldů a dlouhodobém uvolňování léčiv (12, 13).

Celková degradace PCL se pohybuje mezi 2–3 roky, délka této degradace je zapříčiněna množstvím hydrofobních $-\text{CH}_2$ skupin v jeho základní struktuře. K degradaci PCL dochází vlivem hydrolyzy esterové vazby a působením mikroorganismů. PCL je zcela rozpustný polymer v 1,4-dioxanu, chloroformu atd. K degradaci tohoto polymeru dochází po mnohem delší době, než je tomu u ostatních biodegradabilních polyesterů, proto našel častější využití v náhradách a při regeneraci tvrdších tkání, jako jsou kosti. Avšak při snížení jeho molekulární hmotnosti a s tím spojením zkrácení času degradace se dá použít i při regeneraci měkkých tkání (12, 13).

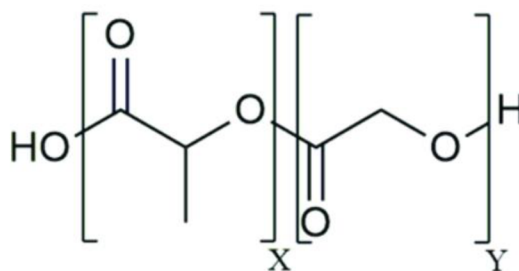


Obrázek 4: Strukturální vzorec PCL, převzato z (9)

2.1.4. Poly(lactic-co-glycolic)

Polymer PLGA, z anglického poly(lactic-co-glycolic acid), je kopolymerem kyseliny mléčné a kyseliny glykolové. PLGA patří mezi nejvíce využívané biodegradabilní polyestery pro tkáňové inženýrství, viz obrázek 5. Teplota tání a skelného přechodu je ovlivňována poměrem kyseliny mléčné s kyselinou glykolovou v jeho struktuře. Typicky používané PLGA polymery v hmotnostních poměrech 50 : 50 LA a GL dosahují T_g 40 – 60 °C. PLGA může dosahovat jak plně amorfni struktury, tak i semikristalické s vysokým obsahem krystalinity. Avšak u PLGA se spíše používá označení amorfniho polymery (5, 14).

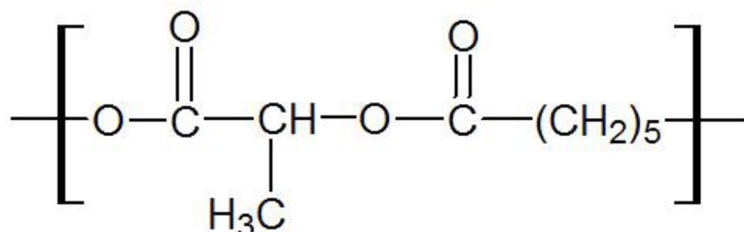
Svou popularitu ve tkáňovém inženýrství si našel díky své skvělé biokompatibilitě a variabilní biodegradabilitě, která je určena poměrem kyseliny mléčné a kyseliny glykolové v jeho řetězci. Oproti jeho stavebním homopolymerům je skvěle rozpustný ve velké škále rozpouštědel. Při výskytu většího poměru kyseliny mléčné je rozpustný v rozpouštědlech na bázi chloru. S vyšším poměrem kyseliny glykolové je zapotřebí rozpouštědla na bázi fluoru, kterým je například hexafluoro-2-propanol. Degradace PLGA dochází pomocí hydrolyzy jeho esterových vazeb (5, 14).



Obrázek 5: Strukturální vzorec PLGA, převzato z (15)

2.1.5. Poly(L-lactide-co-ε-kaprolakton)

Polymer PLCL, taktéž znám pod zkratkou P(LLA-CL), z anglického poly(L-lactide-co-ε-caprolactone), je kopolymerem kyseliny mléčné a kaprolaktonu, viz obrázek 6. PLCL lze vyrobit v různých variantách, a to na základě poměru kyseliny mléčné a polykaprolaktonu. Nejčastěji se využívá PLA a PCL v hmotnostních poměrech 90 : 10 nebo 70 : 30. Tento poměr pak vypovídá o následných fyzikálních, mechanických a degradabilních vlastnostech výsledného materiálu. Degradace PLCL a ostatních biodegradabilních polyesterů je obvykle způsobena hydrolyzou esterových vazeb v hlavním řetězci, vlivem této degradace pak dochází k formování karboxylových kyselin na koncích řetězců, které fungují jako katalyzátor reakce. Následkem čeho dochází k tvorbě kyseliny 6-hydroxykapronové, kyseliny mléčné a oligomerů (16, 17).



Obrázek 6: Strukturální vzorec PLCL, převzato z (18)

2.2. Tkáňové inženýrství

Tkáňové inženýrství je komplexní obor, využívající poznatků z inženýrství a biologických věd pro vývoj biologických náhrad, které mají úplně obnovit, udržet nebo zlepšit fungování tkání. Tkáňové inženýrství se zabývá zkoumáním možností využití buněk v interakci s předem vyrobenými strukturami pro náhrady tkání či orgánů. Využití předem vyrobených struktur je podstatnou částí tkáňového inženýrství. Takovými strukturám se říká tkáňové nosiče neboli scaffoldy. Scaffoldy ve tkáňovém inženýrství hrají významnou roli, jelikož buňky samotné nedokáží vytvářet komplexní tří dimenzionální struktury (19).

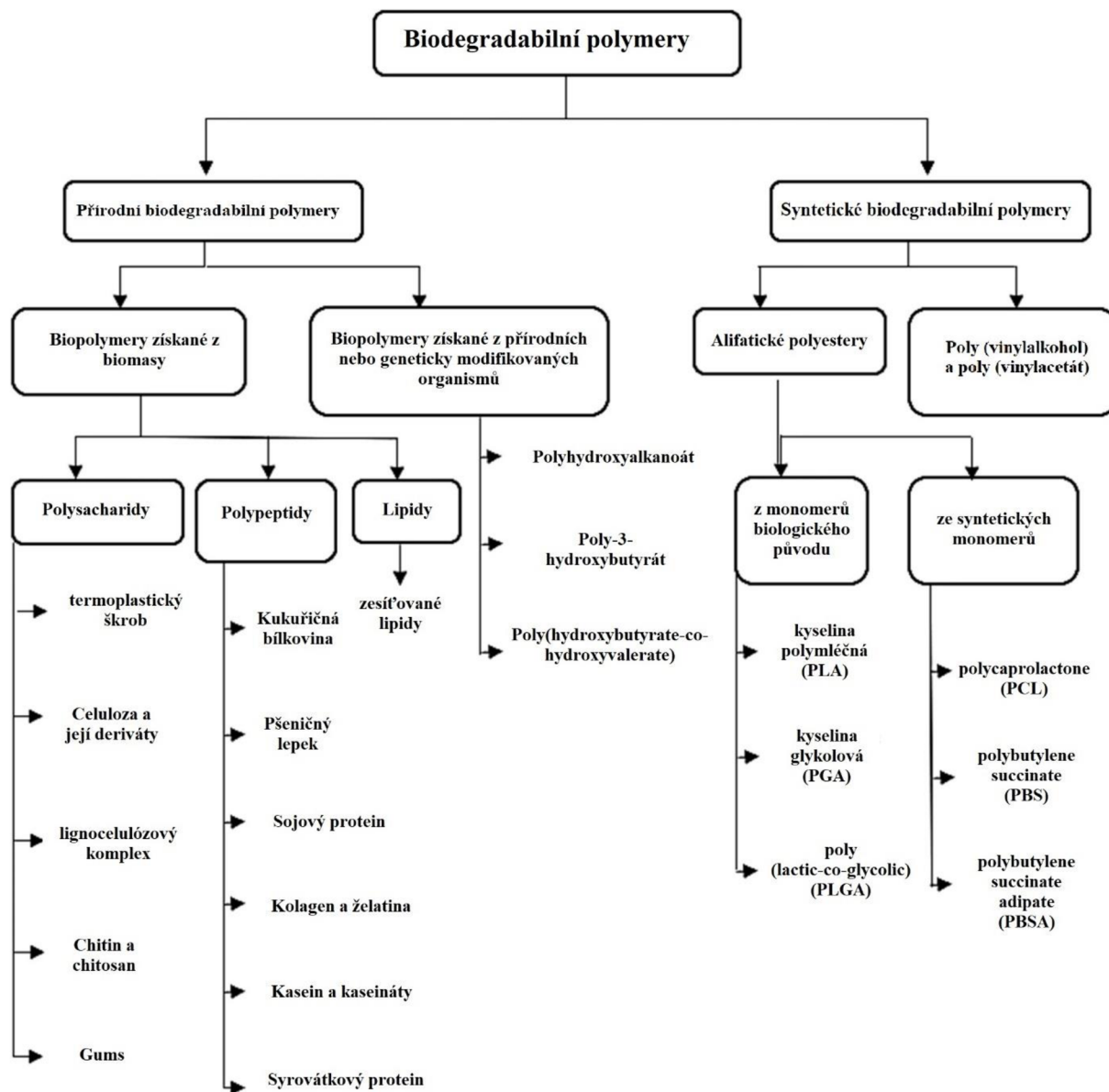
Scaffoldy pro tkáňové inženýrství musí splňovat širokou škálu funkcí. Jejich struktura musí být co nejvíce podobná mezibuněčné hmotě, což znamená, že daná struktura musí vytvářet co možná nejlepší prostředí pro proliferaci, adhezi a migraci buněk. Scaffold tedy musí mít dostatečné množství a velikost pórů a také povrch, který bude pro buňky dostatečně adhezivní. Pro správné fungování je důležitou součástí biokompatibilita scaffoldu. To znamená, že daná struktura by se měla materiálně blížit lidskému organismu, neměla by být toxická, aby nedocházelo k vytváření zbytečných komplikací či odmítnutí dané struktury tělem. Biodegradabilita patří k nejdůležitější vlastnosti materiálů, které využívá tkáňové inženýrství, jelikož je fyziologicky výhodnější, pokud dojde k degradaci a odstranění daného materiálu tělem, než dělat další zdravotnické zákroky. Mezi nejvíce využívané biodegradabilní materiály řadíme biodegradabilní polyestery (20).

2.2.1. Biodegradabilita

Pro některé materiály, které jsou využívány ve tkáňovém inženýrství, je důležité, aby u nich docházelo k procesu biodegradace. Tento proces je vlastní ať už některým přírodním tak i syntetickým polymerům. Avšak syntetické polymery mají jednu výhodu, a to modifikovatelnost dle jejich požadavku na použití. Biodegradace degradabilních polymerů je definována jako chemická degradace materiálů vlivem enzymatické práce mikroorganismů, jako jsou bakterie, houby nebo řasy. Biodegradace se řadí mezi typ degradace polymeru zahrnující biologické aktivity, při které dochází ke změně chemického složení, strukturních a mechanických vlastností polymeru na snadno metabolizovatelné produkty. K degradaci přírodních polymerů, jako jsou proteiny a sacharidy, dochází vlivem oxidace a hydrolýzy. Při procesu biodegradace se polymery pomocí metabolizace rozkládají na oxid uhličitý, metan a vodu (21, 22).

2.2.2. Klasifikace biodegradabilních polymerů

Biodegradabilní polymery se dají rozdělit dle několika kategorií. Takovéto kategorie mohou být vytvořeny na základě využitelnosti, ekonomické náročnosti výroby, chemického složení... Níže jsou rozděleny polymery na základě jejich původu, viz obrázek č. 7 (22).



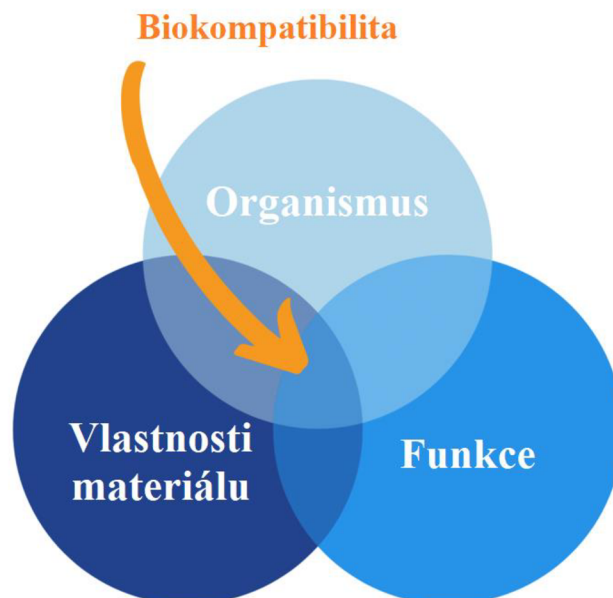
Obrázek 7: Klasifikace biodegradabilních polymerů, převzato a přeloženo z (22)

2.2.3. Biokompatibilita

Dalším z důležitých pojmů pro tkáňové inženýrství je biokompatibilita. Biokompatibilita vypovídá o chování cizího materiálu v organismu, kdy je zapotřebí, aby dané těleso interagovalo s organismem šetrně. Jelikož každý živý organismus rozpozná cizí těleso, které do něj nepatří, začne na něj reagovat imunitní systém. Proto je zapotřebí, aby těleso implementované do těla bylo z látek podobných organismu, podobné strukturou či povrchem a tvarem, aby se minimalizovala rizika (23).

Proto má biokompatibilita několik základních definic:

- Materiál, z kterého se nevyklučují pro tělo toxické sloučeniny ani nevyvolává imunitní odpověď daného organismu.
- Funkce materiálu musí generovat vhodnou biologickou odezvu při konkrétních aplikacích.
- Porovnání tkáňové odpovědi materiálu implantovaného v těle hostitele tkáňovou odpovědí rozpoznanou jako vhodný kontrolní materiál.
- Materiál, musí splňovat svoji funkci s respektem k lékařské terapii bez vyvolávání vedlejších účinků příjemce a generovat nejvhodnější tkáňovou a buněčnou odezvu.
- Implementovaný materiál funguje v souladu s tkání, aniž by vytvářel jakékoli změny.



Obrázek 8: Diagram biokompatibility, převzato a přeloženo z (23)

2.2.4. Využití biodegradabilních polyesterových materiálů v medicíně

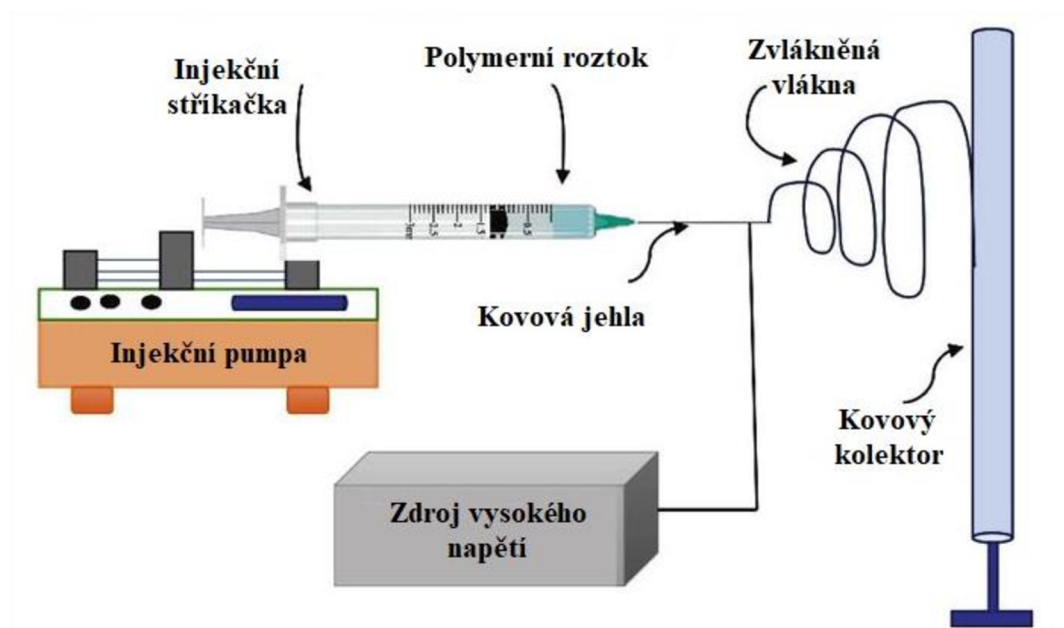
Textilní materiály byly využívány ve zdravotnictví už odjakživa. Avšak počáteční využití přírodních materiálů nebylo zcela výhodné, jelikož tyto materiály mohly vyvolat velký počet vedlejších efektů na fyziologii daného organismu. Proto bylo třeba pochopit, proč k takovýmto vedlejším účinkům dochází a jak jejich vzniku zamezit. Z počátku byla tendence využívat přírodní materiály, ale využití těchto materiálů je omezené, a to z důvodu jejich struktury i mechanických vlastností. Syntetické materiály však tato omezení dokáží kompenzovat, a to tím, že jsme schopni vytvořit polymerní materiály přesně pro konkrétní funkci, kterou mají zastávat (11, 22).

Biodegradabilní polyestery, jako jsou PLGA, PLA a PCL, patří mezi nejpoužívanější polymerní materiály pro stehy, dodávání léčiv a implantační struktury. Polymer PLGA se začal běžně využívat pro šicí nitě už v 70. letech 20. století a rozsah jeho použití se nadále zvětšoval. Dnes dokáže zastat úlohu fixačních šroubů kostí, plátů, používá se jako kotva, při nápravě kýly, jako umělá kůže či se jím mohou podávat léčiva. Polymer PLA díky své vysoké mechanické pevnosti našel komerční využití o něco později, a to v 90. letech 20. století. Dnes se využívá pro fixování kostí při zlomeninách, jako fixační šrouby kostí, opravách menisku, rekonstrukčních operacích či jako scaffold. Ukazuje se však, že pevnost PLA může zapříčinit špatnou fixaci kostí během opětovné modelace. Polymer PCL také našel využití až v 90. letech 20. století, společně se vznikem tkáňového inženýrství. PCL se využívá při opravách tkání, opravách srdeční chlopně, jako chirurgické sítky či jako stenty, scaffoldy (11, 22).

2.3. Elektrostatické zvlákňování

Elektrostatické zvlákňování je proces, při kterém dochází k tvorbě vláken za pomoci elektricky nabitého proudu polymerního roztoku, případně taveniny. Proces výroby nanovláken pomocí elektrostatického zvlákňování se vyvinul z elektrohydrodynamického sprejování (EHD), při kterém dochází k rozptylování kapek roztoku vlivem elektrického napětí. Avšak po vynálezu elektrostatického zvlákňování se usoudilo, že tato metoda má mnohonásobně větší využití při výrobě nanovláknenného materiálu než EHD, při kterém dochází jen k vytváření drobných kapek (24, 25).

Vlákna vyrobená procesem elektrostatického zvlákňování se pohybují svojí jemností v řádech nanometrů, to znamená do 1000 nm. Zařízení pro výrobu vláken elektrostatickým zvlákňováním z jehly se skládá z viz obrázek 9. Injekční pumpa, injekční stříkačka s kovovou jehlou obsahující polymerní roztok, kovový kolektor a zdroj vysokého napětí (24, 25).



Obrázek 9: Schéma elektrostatického zvlákňování z jehly, převzato a přeloženo z (26)

Při elektrostatickém zvlákňování se využívá dvou opačně nabitých elektrod, či jedné kladně nabitě elektrody a uzemněného kolektoru, kdy elektroda nabitá kladně je přímo v kontaktu s roztokem/taveninou polymeru. Druhá elektroda je pak upevněna na kolektoru, kolektorem může být jakýkoli elektricky vodivý materiál. Na kladné elektrodě tedy dochází vlivem elektrického napětí k indukci elektrického náboje na povrchu polymerního roztoku. V moment, kdy elektrické pole nabyde takové síly, že začne překonávat síly od povrchového napětí roztoku, se na povrchu roztoku začne vytvářet takzvaný Taylorův kužel a následné tažení vláken z Taylorova kuželu směrem ke kolektoru (24, 25).

2.3.1. Vlivy na zvláknitelnost

Jelikož při procesu elektrostatického zvlákňování dochází k výrobě vláken o velikostech mikro/nano metrů, proces výroby takovýchto vláken je nesmírně choulostivý na velký počet proměnných. Od proměnných, které jsou přímo spojeny s konstrukcí samotného elektrostaticky zvlákňujícího zařízení, až po proměnné, jež člověka nemusí hned napadnout.

Kvalita a jemnost vláken vyrobeného vlákenného materiálu je ovlivněna různými hledisky, všechny tyto prvky by se daly rozdělit do několika podkategorií: přesný typ technologie elektrostatického zvlákňování, vstupní rozměry, typ či tvar a vlastnost elektricky zvlákňujícího zařízení, a to jak zvlákňovací elektrody, tak kolektoru, vlastnosti spojené s polymerním roztokem a okolní podmínky (27).

a) Technologie elektrického zvlákňování –

Zvolený typ zařízení pro elektrostatické zvlákňování je první významný prvek ovlivňující výsledný nanovláknenný materiál. Mezi tyto technologie spadá například klasické zvlákňování z jehly/tyčky, koaxiální zvlákňování (27).

b) Vstupní rozměry a vlastnosti elektrického zařízení –

Vstupními rozměry a vlastnostmi jako je typ použitého proudu, zda je střídavý AC, nebo stejnosměrný DC (v takovém případě hovoříme o elektrostatickém zvlákňování), jaké je použité napětí, vzdálenost mezi kolektorem a zvlákňujícím prvkem, rychlost dodávání polymerního roztoku, typ kolektoru, tvarem elektrody, průměrem a tvarem trysky/jehly či jiného dávkovacího zařízení (27).

c) Vlastnostmi polymerního roztoku/taveniny –

Vlastnosti polymerního roztoku či případné taveniny jsou ovlivněny velkým množstvím hledisek. Rozdíl mezi roztokem a taveninou je v jejich koncentraci polymeru, a tak spjaté její viskozitě. Dále je proces elektrického zvlákňování ovlivněn typem použitého polymeru a typem rozpouštědla v něm použitého, poměrem jednotlivých polymerů v kopolymeru, poměrem rozpouštědla s polymerem, u nichž řešíme, zda nedochází k segregaci jednotlivých částí či k samotné degradaci polymeru v polymerním roztoku (27).

d) Okolní podmínky –

Elektrické zvlákňování ovlivňuje rovněž teplota a vlhkost prostředí v kterém dochází k danému zvlákňování, jelikož teplota a vlhkost mají přímo úměrný vliv na rychlost odpařování rozpouštědla při samotném zvlákňování avšak regulace těchto podmínek je možná pomocí klimatizace či v samotném zvlákňovacím zařízení, jako je nanospider (27).

2.3.2. Rozpouštědlové systémy

V posledních letech se všeobecně začal klást větší důraz na ekologii, a tak se v elektrostatickém zvlákňování rozmohl pojem zelené zvlákňování pro tkáňové inženýrství. Tento pojem vypovídá o ekologičtějším využití méně toxických rozpouštědel místo doposud používaných toxických rozpouštědel, kterými jsou chloroform, DMF atd. Při používání toxických rozpouštědel může docházet k nedostatečnému odpařování rozpouštědla, takovéto rozpouštědlo pak může zůstat ve stopovém množství ve vyrobeném materiálu, a tak vytvářet potenciální komplikace. Avšak při výrobě materiálů z netoxických nebo méně toxických rozpouštědel k takovýmto komplikacím nemůže docházet. Taktéž proto používání netoxických rozpouštědel zvyšuje biokompatibilitu materiálu (28, 29).

Použití takovýchto méně škodlivých rozpouštědel, jako jsou organické kyseliny (směs kyseliny octové a kyseliny mravenčí) se zvažuje hlavně při výrobě materiálů určených pro tkáňové inženýrství, díky čemuž nedochází ke komplikacím ohledně denaturace proteinů. Taktéž při použití těchto méně toxických rozpouštědel se snižuje pravděpodobnost úrazů techniků ve výrobě, snižují se nároky na management odpadu a také se snižují dopady na strojní zařízení (28, 29).

Netoxická rozpouštědla, která jsou šetrná k životnímu prostředí, a tudíž jsou vhodná k výrobě materiálů určených ve tkáňovém inženýrství, vyžadují pečlivé hodnocení jejich kvality. V případě použitých rozpouštědel, jako je směs kyseliny octové a kyseliny mravenčí, dovoluje vytvořit s použitím PCL polymeru stejnoměrná vlákna bez změny jejich fyzikálních a chemických vlastností. Stejnomořného nanovláknenného materiálu lze dosáhnout při použití 10% i 15% PCL koncentrace s rozpouštědly kyseliny octové s kyselinou mravenčí. Ale při výskytu vody v dané směsi se zrychluje proces degradace PCL vlivem hydrolyzy, a tak dojde ke snížení molekulové hmotnosti a koncentrace PCL a místo zvláknování vláken začne docházet k vytváření korálového efektu (30, 31).

2.3.3. Vliv rozpouštědel na zvláknitelnost polymerů

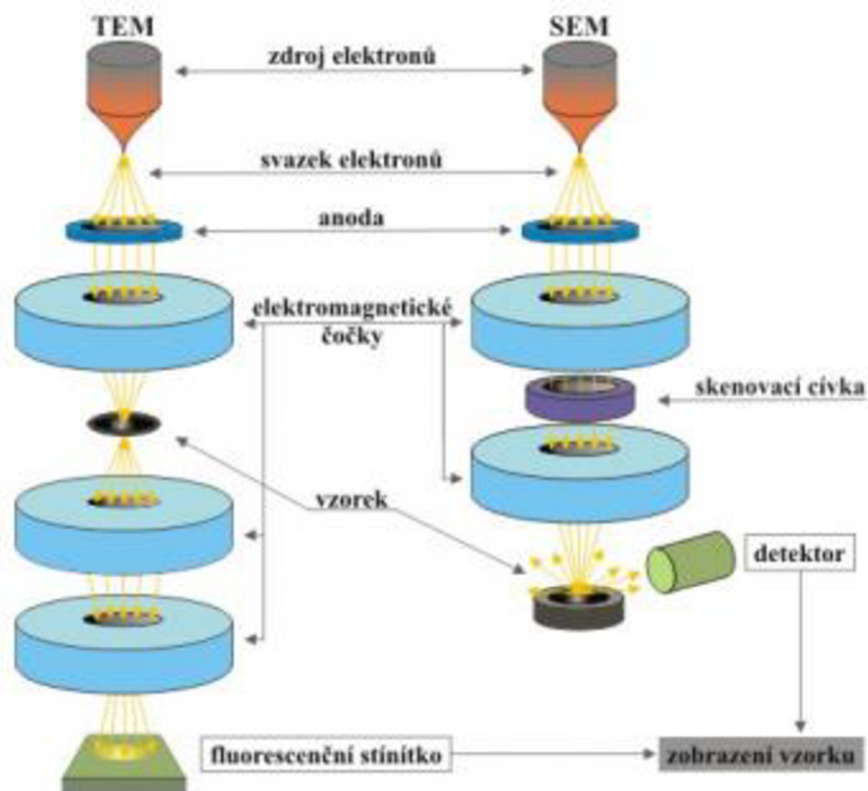
Pro vláknenné materiály využívané ve tkáňovém inženýrství je nesmírně důležité, aby vlákna dosahovala co možná nejmenších průměrů, či docházelo k vytváření průměrů napodobující morfologii přirozené mezibuněčné hmoty, jelikož při takovýchto podmínkách dochází co možná k nejlepšímu růstu buněk a vytváření nové tkáně. Proto je důležité vědět o vlivu rozpouštědel na polymerní roztok, a tak i na výsledný vláknenný materiál (32, 33).

PCL je polymer rozpustný v halogenových rozpouštědlech. U těchto rozpouštědel však dochází obvykle k vytváření vláken o průměrech v rámci jednotek mikrometrů. Proto je podporován výzkum, jenž by vyřešil otázky možné úpravy morfologie a průměrů PCL vláken. Při použití rozpouštědel, jako je chloroform, dochází k vytváření vláken v rámci mikrometrů, přesněji kolem 3–5 um, kdežto při používání rozpouštědel v kombinaci kyseliny octové s kyselinou mravenčí pro výrobu materiálu z PCL dochází k výrobě vláknenného materiálu o rozsahu průměrů 150–450 nm. To poukazuje na možnosti manipulace průměrů vláken a tím i morfologie materiálu na základě změny molekulové hmotnosti polymeru. Při nižší koncentraci polymeru tak ve směsi dochází k vytváření jemnějších vláken, avšak se zvyšující se koncentrací kyseliny mravenčí ve směsi dochází ke zvyšování nerovnoměrnosti v průměru vláken. Rovněž zvyšujícím se množstvím vodného média dochází k urychlení degradace PCL (32, 33).

Testovala se i rozpouštědla vysoce toxická, jako jsou dimethylformamide (DMF), tetrafluoroethylene, methylene chlorid, dichloroethane a pyridin. Některé z těchto polymerů dosahovaly skvělých výsledků v rámci jemností vláken, avšak komplikace se zacházením s těmito rozpouštědly a nereprodukovatelnost jejich výsledků vedla k opuštění od jejich zkoumání. Proto se výzkum zaměřil na možné použití méně toxických rozpouštědel, která by mohla napomoci k výrobě materiálu v rámci nanometrů, se stejným průměrem v celé délce a aby dané výsledky byly stabilní a reprodukovatelné (30, 32).

2.4. Elektronová mikroskopie

Jednou z nejvýznamnějších metod využívaných pro hodnocení materiálů v této diplomové práci byla rastrovací elektronová mikroskopie, proto je zde kapitola se stručně věnující této mikroskopii. S postupným zdokonalováním technologií a zmenšováním výrobků začaly být optické mikroskopy pro některé účely značně nedostačující. Tyto podmínky umožnily vznik elektronových mikroskopů, které svými pozorovacími schopnostmi značně předčí optické mikroskopy. Jak již název sám napovídá, pro funkci elektronového mikroskopu se nevyužívá fotonů, jak je tomu u optického mikroskopu, ale svazku elektronů, které umožňují pozorovat daný objekt. Základní dva typy elektronových mikroskopů viz obrázek 10, jsou transmisní elektronový mikroskop a rastrovací elektronový mikroskop. Mikroskopování elektronovými mikroskopy probíhá při nižší atmosféře nebo vakuu, aby nedocházelo k zeslabování elektronového svazku (34).



Obrázek 10: Elektronová mikroskopie, převzato z (35)

2.4.1. Transmisní mikroskopie

Transmisní elektronová mikroskopie, zkratka TEM, funguje podobným způsobem jako optický mikroskop. Při transmisní elektronové mikroskopii se využívá katody, která emituje elektrony pomocí elektrického pole o napětí dosahujícího 200 kV. Transmisní elektronovou mikroskopii sledujeme vnitřní strukturu vzorku, to znamená, že jsme schopni pozorovat jeho strukturní a mechanické vlastnosti. Pro transmisní mikroskopii je potřeba použít vzorky s nižší tloušťkou. Takovýto vzorek by měl ideálně dosahovat tloušťky 1 μm , jelikož svazek elektronů musí být schopen takovýmto vzorkem projít. Při vyšších tloušťkách vzorku by tak docházelo k pohlcení elektronů a snížení rozlišení mikroskopu. Transmisní elektronový mikroskop má rozlišení okolo 2 nm (34).

2.4.2. Rastrovací mikroskopie

Rastrovací elektronová mikroskopie, zkratka SEM, funguje na bázi snímání odražených elektronů od vzorku. To znamená, že není potřeba tak velkého napětí, jak je tomu u TEM mikroskopů. Při používání SEM mikroskopie pozorujeme jen povrchové vlastnosti vzorku. Jelikož je potřeba, aby při tomto typu mikroskopování docházelo k odražení elektronů od vzorku, zkoumaný materiál musí elektrony ve větším měřítku odrážet buď sám o sobě, nebo musí dojít k úpravě jeho povrchu, aby k tomuto procesu docházelo. Toho můžeme docílit třeba pokovením. Rozlišení rastrovacího elektronového mikroskopu se pohybuje mezi 3–20 nm (34).

2.5. Chromatografie

Další metodou pro hodnocení materiálů v této diplomové práci byla chromatografie. Chromatografie je metoda, která se využívá k separaci složek vzorku vlivem dvou různých fází. Jedna z těchto fází je stacionární a druhá je mobilní. Tyto dvě fáze jsou od sebe odlišné fyzikálně-chemickou vlastností a tím pádem dochází k pohybu těchto fází od sebe, taktéž s mobilní fází je unášen vzorek. Jednotlivé složky vzorku jsou však unášeny v různé míře, jelikož dochází k interakcím se stacionární i pohyblivou částí. Části, u kterých dochází k větší interakci se stacionární fází, se pohybují značně pomaleji než ty, jež interagují s pohyblivou částí. Tímto procesem dochází k oddělování jednotlivých složek směsi (36).

Rozdělování částí při chromatografii může docházet na základě (36):

Fyzikálně-chemických principů

- Adsorpční chromatografie
- Rozdělovací chromatografie
- Iontově výměnná chromatografie
- Gelová chromatografie
- Afinitní chromatografie

Podle skupenství mobilní fáze

- Kapalinová chromatografie
- Plynná chromatografie

Modle uspořádání stacionární fáze

- Kolonová chromatografie
- Kapilární chromatografie
- Tenkovrstvá chromatografie

2.5.1. Gelová permeační chromatografie

Taktéž označovaná jako vylučovací chromatografie. Při GPC-gelové permeační chromatografii dochází k dělení mezi stacionární a pohyblivou částí na základě velikosti částic, případně na základě rozdílných molekulových hmotností částic. Kolona pro gelovou chromatografii je v tomto případě naplněna gelem, tento gel je porézním materiálem a funguje jako stacionární část (37).

Tento gel může být vyroben z polystyrenu, dextranu, polyakrylamidového gelu nebo agarozového gelu. Mobilní část této kolony se skládá z kapaliny rozpouštějící biomolekuly, toto zapříčiňuje vyšší detekci a zvlhčuje povrch. Jelikož gel v koloně vytváří různě velké póry, vlivem těchto pórů dochází k zpomalení průchodu malých částic, kdežto větší částice touto kolonou projdou rychleji. Tento výstup je následně detekován pomocí detektoru, tyto detektory mohou být buď detektory citlivé na koncentraci, objemové vlastnosti, či indexy lomu (37).

3 Experimentální část

Cílem experimentální části práce bylo sledování vlivu odlišných rozpouštědel v polymerních roztocích a vlivu rozdílných teplot skladování na jejich zvláknitelnost pomocí elektrostatického zvláknování a na strukturu výsledných vláken. Byly sledovány polymery PCL 45, PCL 80 a kopolymer PLCL (v poměru vstupních monomerů CL 30 mol% a LA 70 mol%) rozpuštěných za pomoci odlišných rozpouštědel a tyto roztoky uskladněny za jiných teplotních podmínek. Byla sledována schopnost zvláknovat takto namíchané roztoky a dopad rozpouštědel s teplotou skladování na strukturu a průměr vláken z těchto roztoků zvlákněných.

3.1. Použité chemikálie

V této kapitole je v tabulce 1 uveden přehled použitých rozpouštědel a v tabulce 2 použitých polymerních materiálů které byly použity v experimentální části ať už pro výrobu polymerních roztoků nebo k přípravě pro GPC.

Tabulka 1: Použitá rozpouštědla pro tvorbu polymerních roztoků či pro přípravu vzorků pro GPC

Název	Sumární vzorec	Molární hmotnost g/mol	Výrobce
Aceton	C ₃ H ₆ O	58,08	Penta s.r.o.
Chloroform	CHCl ₃	119,38	Penta s.r.o.
Etanol	C ₂ H ₅ OH	46,80	Penta s.r.o.
Kyselina mravenčí	HCOOH	46,03	Penta s.r.o.
Kyselina octová	CH ₃ COOH	60,05	Penta s.r.o.
Tetrahydrofuran	C ₄ H ₈ O	72,11	Penta s.r.o.

Tabulka 2: Použité polymery

Název	Molekulová hmotnost	Výrobce
Polykaprolakton 45	M _n = 45 000	Sigma – Aldrich
Polykaprolakton 80	M _n = 80 000	Sigma – Aldrich
PLCL (70 L-lactide/30 Caprolacton Obchodně – PCL7015	-	Purasorb

3.2. Přístroje a programy

Pro tvorbu polymerních roztoků, vlastní elektrostatische zvlákňování a následné hodnocení vláknenných vzorků byla využita následujících zařízení:

- Zařízení pro jehlové elektrostatische zvlákňování – skládající se z dávkovacího zařízení a v něm umístěném injekční stříkačce s polymerním roztokem zakončené kovovou jehlou připojenou na zdroj vysokého napětí a kolektoru
- Analytické váhy
- Zařízení pro nanášení elektricky vodivé vrstvy na vzorky pro rastrovací elektronovou mikroskopii Quorum Q150RS plus
- Rastrovací elektronový mikroskop VEGA 3 SB Tescan
- Zařízení pro GPC (gelovou permeační chromatografií) Dionex Ultimate 3000 HPLC
- ImageJ, program s balíčkem Fiji pro zpracování obrazu

Dalším nezbytným vybavením pro přípravu roztoků, výrobu vláknenné vrstvy a jejich analýzu byla lednička, mrazák, injekční stříkačka o objemu 10 ml, injekční jehla s $\text{Ø } 1,2 \text{ mm} \times 40 \text{ mm}$ se zarovnaným koncem, magnetické míchadlo, nádobky pro uchování roztoků, nůžky, pipeta, pinzeta a zkumavky pro GPC.

3.3. Příprava roztoků

Nejprve bylo připraveno šest odlišných polymerních roztoků, z nichž některé byly připraveny dvakrát a jeden třikrát. Důvodem byla možnost jejich uskladnění při odlišných teplotách a následné sledování dopadu vlivu rozdílných teplot skladování na zvlákňitelnost roztoků a průměry vláken výsledného materiálu. Rozpouštědla a koncentrace polymerů v jednotlivých roztocích byly voleny dle předchozí zkušeností autora a vedoucí této diplomové práce a dle literární rešerše (29, 38).

Prvních šest roztoků bylo připraveno z 10hm% kopolymeru PLCL v kombinaci s danými rozpouštědly (viz níže). Při přípravě 30 g roztoku to znamená, že bylo třeba použít 3 g PLCL s 27 g rozpouštědel.

Jelikož různé roztoky obsahují jiná rozpouštědla, musel být u nich použit rozlišný hmotnostní poměr rozpouštědel. Roztok č. 1 má hmotnostní poměr rozpouštědel 8 : 2, to znamená, že bylo použito 21,6 g chloroformu a 5,4 g etanolu. Roztoky č. 2 a 3 jsou namíchány stejně s hmotnostním poměrem rozpouštědel 8 : 1 : 1, to znamená, že bylo použito 21,6 g

chloroformu, 2,7 g etanol a 2,7 g kys. octové. Roztoky č. 4,5,6 byly namíchány taktéž podobně s hmotnostním poměrem rozpouštědel 1 : 1 : 1, to znamená, že bylo použito 9 g kys. octové, 9 g kys. mravenčí a 9 g acetonu.

Roztoky č. 7–9 byly namíchány z 16 hm% polymeru PCL 45 v kombinaci s různými rozpouštědly (viz níže). Což při přípravě 30 g roztoku znamená, že je za potřebí použít 4,5 g polymeru s 25,5 g rozpouštědel. Roztok č. 7 byl namíchán s hmotnostním poměrem rozpouštědel 8 : 2, to znamená, že bylo použito 20,4 g chloroformu a 5,1 g etanolu. Roztoky č. 8 a 9 jsou namíchány stejně s hmotnostním poměrem rozpouštědel 8 : 1 : 1, to znamená, že bylo použito 20,4 g chloroformu, 2,55 g etanolu a 2,55 g kys. octové.

Roztok č. 10 byl namíchán z 10hm% polymeru PCL 80 v kombinaci s chloroformem a etanolem, což při 30 g roztoku znamená, že je zapotřebí použít 3 g polymeru a 27 g rozpouštědel. Při hmotnostním poměru rozpouštědel 8 : 2 to znamená, že bylo použito 21,6 g chloroformu a 5,4 g etanolu.

Takto připravené roztoky byly následně po dobu 12 hodin míchány. Po řádném promíchání byly rozděleny do skupin a uloženy dle jejich teplot skladování. Viz následující Tabulka 3.

Tabulka 3: Vzorčky polymerních roztoků, použitá rozpouštědla, hmotnostní poměry a skladování

Číslo	Polymer	c	Rozpouštědla	Hmotnostní poměr	Skladování (teplota)
1	PLCL	10 hm%	Chloroform/etanol	8:2	Laboratoř
2	PLCL	10 hm%	Chloroform/etanol/kyselina octová	8:1:1	Laboratoř
3	PLCL	10 hm%	Chloroform/etanol/kyselina octová	8:1:1	Lednice (5 °C)
4	PLCL	10 hm%	Kyselina octová/kyselina mravenčí/aceton	1:1:1	Laboratoř
5	PLCL	10 hm%	Kyselina octová/kyselina mravenčí/aceton	1:1:1	Lednice (5 °C)
6	PLCL	10 hm%	Kyselina octová/kyselina mravenčí/aceton	1:1:1	Mrazák (-18 °C)
7	PCL 45	16 hm%	Chloroform/etanol	8:2	Laboratoř
8	PCL 45	16 hm%	Chloroform/etanol/kyselina octová	8:1:1	Laboratoř
9	PCL 45	16 hm%	Chloroform/etanol/kyselina octová	8:1:1	Lednice (5 °C)
10	PCL 80	10 hm%	Chloroform/etanol	8:2	Laboratoř

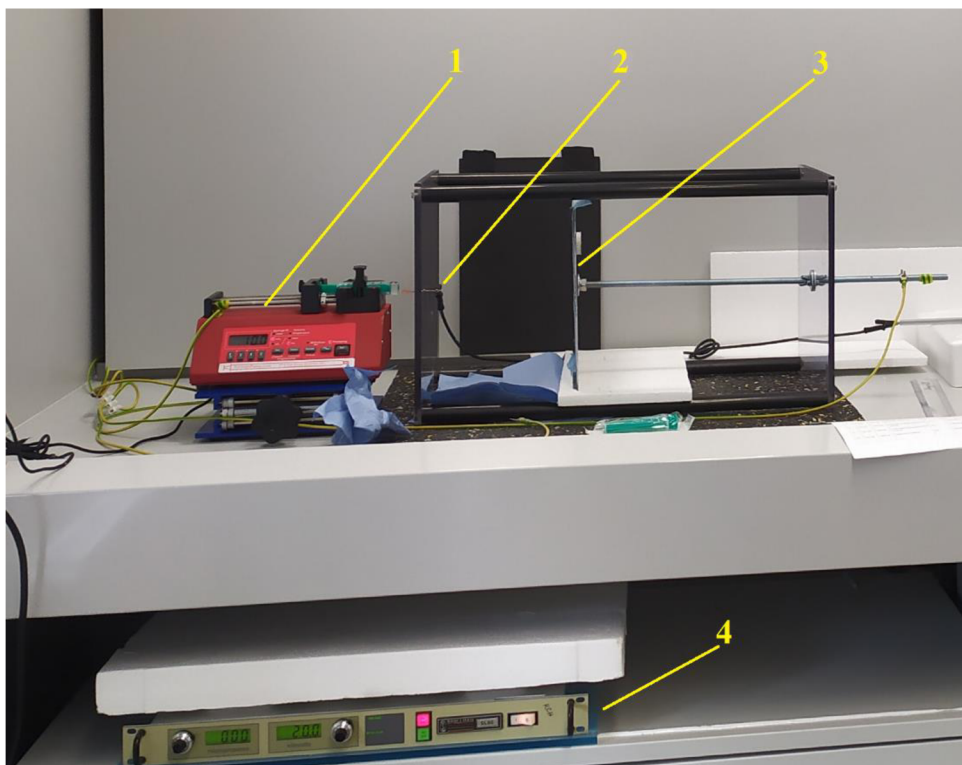
3.4. Popis zařízení pro zvlákňování

Pro účel zvlákňování daných roztoků bylo použito elektrostatického zvlákňování, přesněji řečeno byla zvolena metoda jehlového elektrostatického zvlákňování. Tato metoda se převážně používá při laboratorním zvlákňování menšího obsahu polymerních roztoků. Jak již tomu název sám napovídá, při jehlovém elektrostatickém zvlákňování se využívá jehly pro zvlákňování polymerního roztoku.

V tomto případě jsme zvolili jednoduché zařízení pro jehlové elektrostatické zvlákňování viz obrázek 11, skládající se z:

- dávkovacího zařízení ve formě injekční pumpy. Toto zařízení spolu s injekční stříkačkou dokáže velmi přesně zajistit automatické dávkování malého objemu roztoku, na kterém lze nastavit volitelné jednotky infuze roztoku (ml/h, ul/h, ml/min, ul/min). Rychlost pumpování roztoku je možno v průběhu zvlákňování kdykoli změnit a zařízení se při vyčerpání všeho množství roztoku samo zastaví.
- injekční stříkačky s jehlou, injekční stříkačka v této sestavě funguje jako nádobka malého množství polymerního roztoku, který následně prochází do injekční jehly. Injekční jehla pro elektrostatické zvlákňování musí být z elektricky vodivého materiálu, v ideálním případě se zarovnanou, respektive seříznutou špičkou.
- kolektoru ve formě uzemněné elektricky vodivé, tedy kovové desky. Kolektor funguje jako dopadová plocha, na kterou se při elektrostatickém zvlákňování ukládají vyrobená vlákna. Tento kolektor musí být umístěn v elektricky nevodivé konstrukci tak, aby byl k jehle nejbližší elektricky vodivou plochou. Obvykle je na kolektor umístěn podkladový materiál například papír či vhodná netkaná textilie, aby mohlo docházet ke snazší manipulaci s vyrobeným nanovlákněným materiálem.
- zdroj vysokého elektrického napětí, jež je připojeno na injekční jehlu.

Toto zařízení pro elektrostatické zvlákňování z jehly bylo umístěno v laboratorní digestoři, aby byl zajištěn odtah výparů během zvlákňování. Kvůli bezpečnosti byly jednotlivé kovové prvky zařízení uzemněny (až na injekční jehlu při samotném procesu elektrostatického zvlákňování) a zdroj vysokého napětí, jenž byl umístěn mimo digestoř.



Obrázek 11: Popis laboratorního zvlákňovacího zařízení: 1 – injekční pumpa, 2 – injekční stříkačka s jehlou, 3 – kolektor, 4 – zdroj vysokého napětí

3.5. Zvlákňovací proces

Po dokonalém rozmíchání 0. den byly zvlákňovány jen ty vzorky, které nesledovaly vliv změn teploty skladování (1, 2, 4, 7, 8, 10), jelikož se dá jasně očekávat, že by tyto vzorky měly 0. den stejné výsledky s roztoky nesledujícími vlivu teplot skladování. Avšak v následujících dnech už byly všechny tyto roztoky podrobeny elektrostatickému zvlákňování z jehly.

Elektrostatické zvlákňování každého vzorku probíhalo z nové 10ml injekční stříkačky, do které byly nasáty 3 ml polymerního roztoku. Tento roztok byl pomocí dávkovacího zařízení dodáván rychlostí 10 ml/h. Tato rychlost dodávání polymeru zůstala po většinu zvlákňování vzorků stejná, jen ve výjimečném případě viditelného odkapávání roztoku došlo ke zpomalení rychlosti dodávání. Avšak v takovém případě byly tyto změny zaznamenány.

Polymerní roztok pak putoval skrze elektricky nabitou injekční jehlu s $\text{Ø } 1,2 \text{ mm} \times 40 \text{ mm}$ se zarovnaným koncem, při nutném zmenšení Ø jehly na 0,8 mm z důsledku dočasného nedostatečného množství bylo využito menších jehel pro viditelně viskóznější roztoky, tyto změny byly taktéž zaznamenány. Na elektrické nabití této jehly bylo využito zdroje vysokého napětí o elektrickém proudu $1 \mu\text{A}$ a elektrického napětí 20 kV. Na konci injekční jehly vlivem

konstantního působení elektrického proudu docházelo k tvorbě Taylorova kuželu, jenž vypovídá o zdárném procesu elektrostatického zvlákňování.

Vlákna vycházející z Taylorova kuželu byla odtahována vlivem elektrických sil ke kolektoru, nacházejícího se 17 cm od špičky jehly. Tento kolektor byl první den podložen hliníkovou folií, avšak vlivem ztíženého odejímání části zvlákněného materiálu z hliníkové folie byla zvolena jako podkladový materiál spunbond netkaná textilie s antistatickou úpravou (PFNonwovens, 20g/m²).

Před procesem elektrostatického zvlákňování byly vzorky polymerních roztoků vyjmuty ze svých úložných prostor (vzorky 1, 2, 4, 7, 8, 9, 10 z laboratorní skříňky, vzorky 3, 5, 9 z lednice, vzorek 6 z mrazáku) a byly umístěny na magnetické míchadlo pro rozmíchání. Pro lepší přehlednost byly u každého vzorku zapisovány tyto informace: použité elektrické napětí, elektrický proud, vzdálenost jehly od kolektoru, průměr jehly, teplota v laboratoři a současně byl popsán průběh zvlákňování.

3.6. Příprava vzorků pro SEM

Vzorky pro rastrovací elektronovou mikroskopii (SEM) byly připraveny ze zvlákněných vzorků. Tyto vzorky byly nastříhány a pomocí pinzety odděleny od podkladového materiálu. Následně byly tyto vzorky umístěny pomocí oboustranné izolační pásky na terčíky. Na jednotlivé pozice těchto terčů byl zaznamenán den zvlákňování a číslo zvlákněného vzorku. Takto rozdělené terčíky tak byly připraveny pro pozlacení a následné snímání pomocí elektronového mikroskopu.

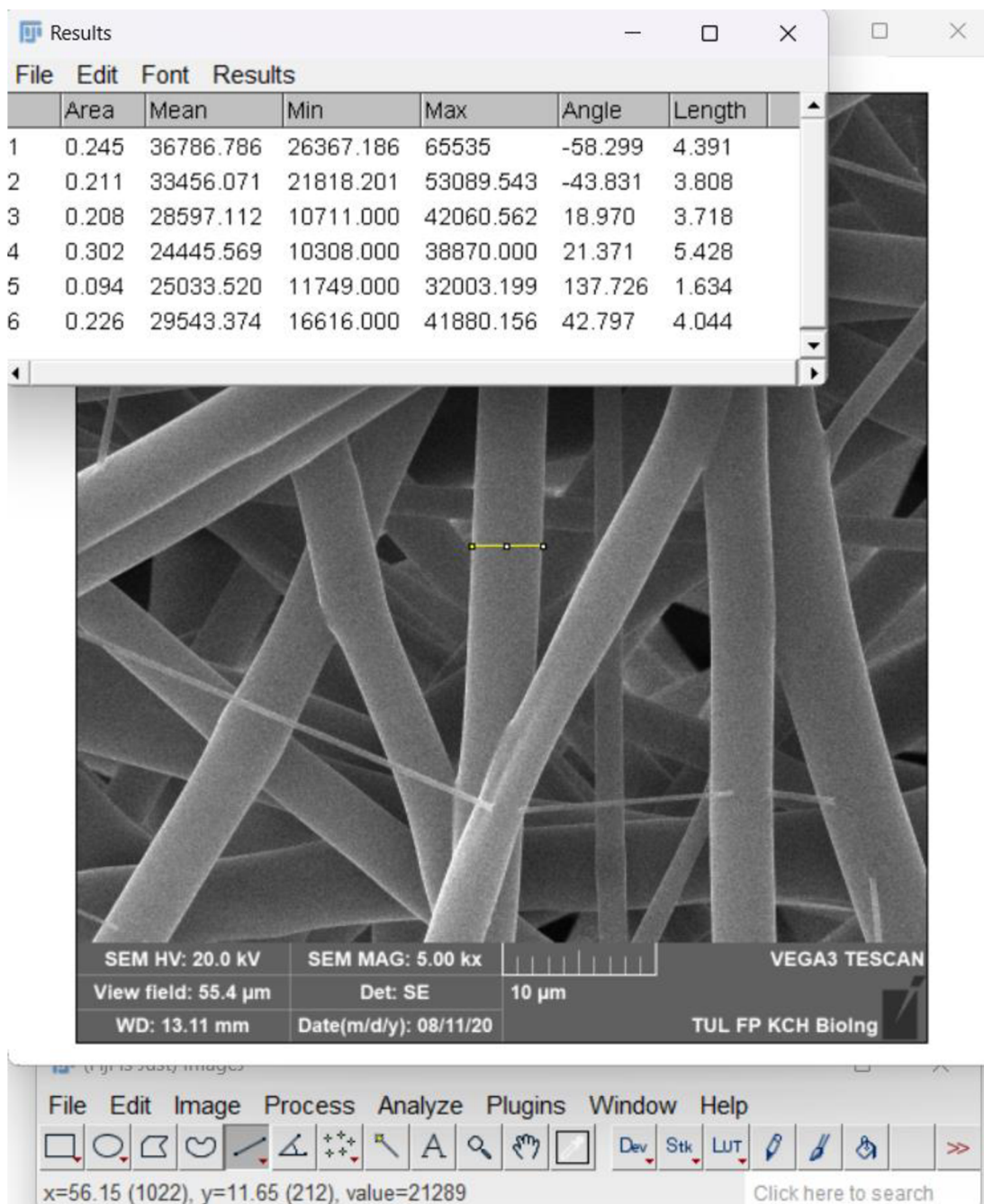
3.7. Příprava vzorků pro GPC

Pro gelovou permeační chromatografii (GPC) byly vzorky připraveny vždy těsně po zvlákňování. Ze zvlákněných vzorků bylo pomocí nůžek a pinzety naváženo na analytických vahách vždy po 4 mg zvlákněného materiálu. Tyto vzorky byly následně pomocí 2ml THF (tetrahydrofuran) rozpuštěny ve zkumavkách. Takto rozpuštěné vzorky se přefiltrovaly do vhodných lahviček určených přímo pro GPC. Vzorky v lahvičkách byly označeny s přesně korespondujícími zvlákněnými vzorky. A následně byly předány Dr. Vítkovi Novotnému z CXI pro vlastní GPC analýzu.

3.8. Měření průměrů vláken

Pro měření průměrů vláken bylo využito záznamů snímků vzorků z rastrovací elektronové mikroskopie (SEM). Snímky byly získány při zvětšeních 100×, 500×, 1000×, 5000× a 10000×, přičemž měřený průměr vláken do této práce byl proveden ze snímků se zvětšením 5000× a 10000×, výběr vždy záležel na kvalitě snímků a co nejlepší možnosti upozorovat přesné ohraničení vláken. Takto získané snímky byly následně pomocí počítačového programu ImageJ s balíčkem pro zpracování obrazu Fiji použity pro získání průměrů vláken. Na zprůměrování průměrů vláken u každého vzorku bylo použito 100 průměrů, tyto průměry prošly další analýzou.

Aby byl zjištěn průměr vláken, bylo třeba nejdříve u daného snímku nastavit měřítko. Nastavení měřítka je nejdůležitější nezbytnou součástí jakékoli analýzy, jelikož bez této činnosti by všechna data postrádala jakýkoli význam. V tomto případě se kalibrování provádělo pomocí porovnání velikosti měřítka s určitým počtem pixelů na obrazovce viz obrázek 12. Po nastavení měřítka mohlo započít měření průměrů jednotlivých vláken.



Obrázek 12: Měření průměrů vláken pomocí programu ImageJ

Získaná data z programu ImageJ byla posléze převedena do programu Microsoft Office Excel 2021, kde byla provedena základní analýza, z níž vzešly informace o průměru vláken či směrodatné odchylce. Taktéž data ze vzorků z jednotlivých dnů byla rozdělena do krabicových grafů pro vizuálně snazší a přehlednější orientaci.

3.8.1. Vyhodnocení dat

Všechny naměřené průměry vláken byly rozděleny do tabulek podle vzorku a dne zvlákňování. Takto naměřené průměry byly posléze zprůměrovány, byla vypočítána směrodatná odchylka těchto průměrů a jejich 95% interval spolehlivosti. Avšak v takto naměřených datech byl hůře pozorovaný trend vlivů rozpouštědel, skladování a teploty skladování. Proto byly všechny tyto průměry převedeny do grafického znázornění pomocí krabicového grafu. Krabicový graf byl zvolen díky jeho schopnosti vypovídat o širším množství analytických parametrů, jako jsou maximální, minimální hodnota, 1. a 3. kvantil, střední hodnota a průměr. Taktéž krabicový graf dokáže znázornit vybočující data.

Průměry vláken	Den 0	Den 1	Den 2	Den 7	Den 14	Den 21	Měsíc 1	Měsíc 2
Vzorek č. 1	3,207	4,4514	3,2367	3,7281	3,837	3,5765	3,7476	2,2447
Vzorek č. 2	/	0,9405	1,248	/	/	/	/	/
Vzorek č. 3	/	3,0358	1,5408	/	0,9476	/	/	/
Vzorek č. 4	0,6089	0,5783	0,7277	0,6563	0,3054	0,2556	0,213	/
Vzorek č. 5	/	0,5722	0,6581	0,7458	0,5117	0,565	0,4632	0,3853
Vzorek č. 6	/	0,5565	0,6668	0,7454	0,4342	0,6496	0,5983	0,5386
Vzorek č. 7	0,4931	0,3664	0,3697	0,697	0,508	0,2911	0,3464	0,4055
Vzorek č. 8	0,2133	0,2826	0,2237	0,1631	/	/	/	/
Vzorek č. 9	/	0,2864	0,328	0,2469	0,1937	0,2321	0,1578	/
Vzorek č. 10	2,451	2,4311	2,4605	2,1963	2,1501	3,7586	3,1681	2,2078

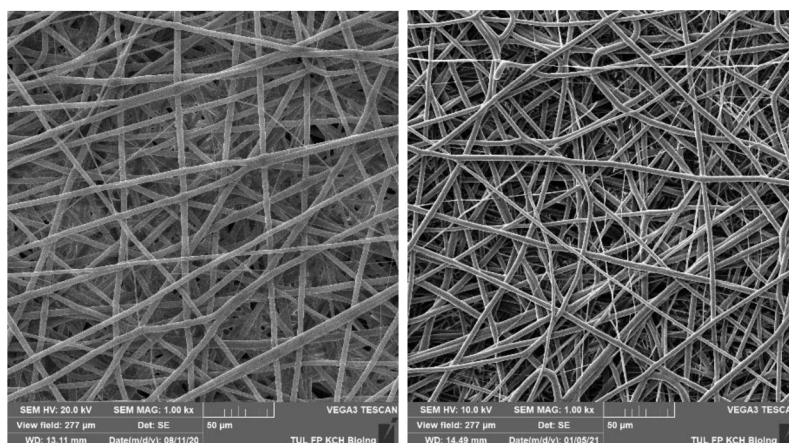
Tabulka 4: Průměrné hodnoty průměrů vláken

4 Výsledky a diskuse

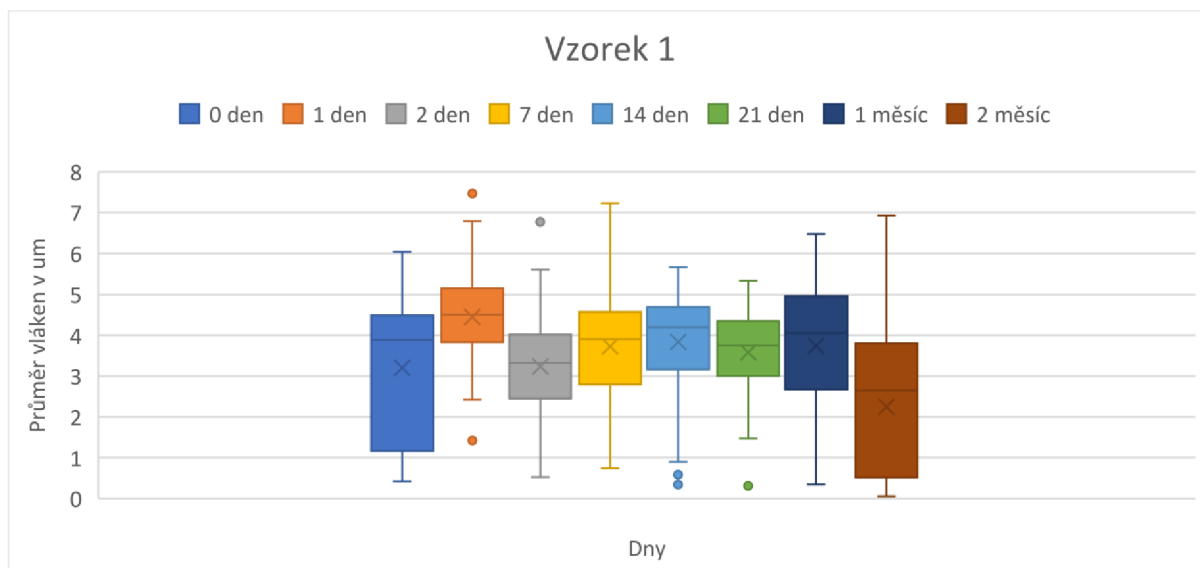
Dále budou uvedeny výsledky průměrů vláken zvlákněných z jednotlivých vzorků polymerních roztoků, detailní popis zvláknování pro jednotlivé vzorky v jednotlivých dne je uveden v příloze 1, vybrané SEM snímky z jednotlivých dnů jsou pak v příloze 2 a naměřená data pro hodnocení průměrů vláken jsou v příloze 3.

4.1.1. Vzorek č. 1

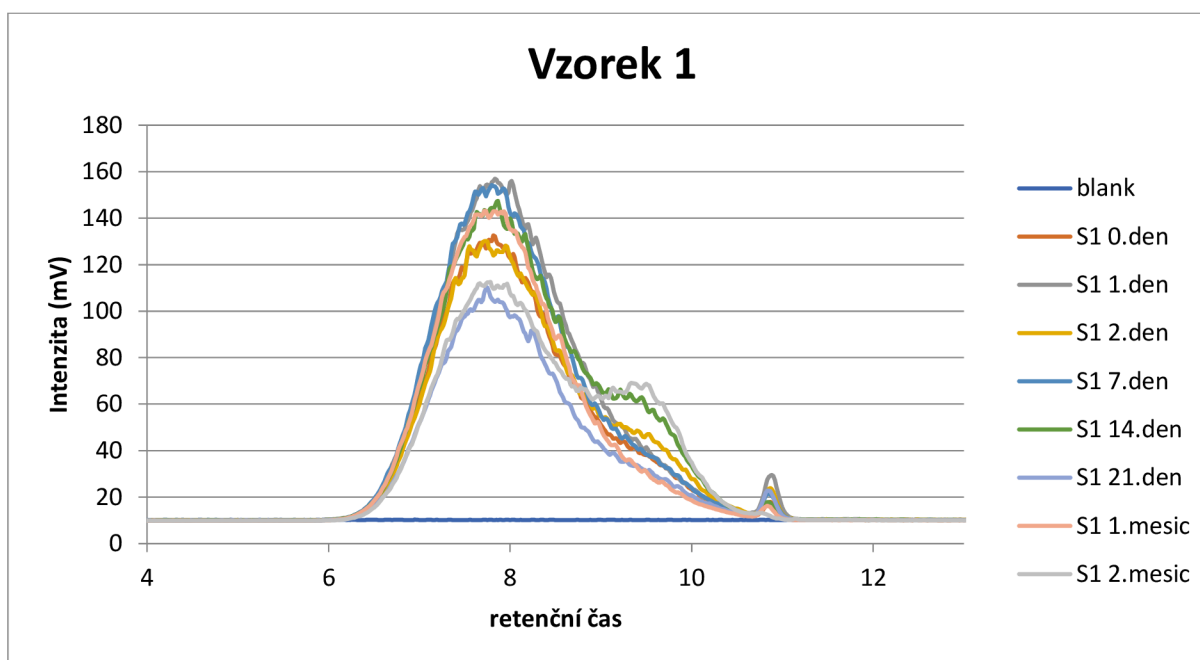
Při zvláknování prvního vzorku roztoku obsahujícího kopolymer PLCL a rozpouštědel chloroform/etanol v rámci měsíců nedocházelo k sebemenším změnám (viz obrázek 13). Dlouhodobější uskladnění polymerního roztoku na něj nemělo žádný vliv, což prokázal jak makroskopický, tak mikroskopický pohled na morfologii vláken, které nevykazovaly žádné viditelné rozdíly v kvalitě materiálu. Drobné vychýlení velikosti průměru vláken (viz graf 1) je patrné jen v první den zvláknování, takovéto vychýlení může být zapříčiněno subjektivním odběrem dat. Avšak dle chromatogramu (viz graf 2) jsou patrné píky polymeru u původní M_w a postupného začátku zvyšování nízkomolekulárního podílu, což vypovídá o pozvolné degradaci.



Obrázek 13: Vybrané SEM snímky zvlákněné struktury vzorku č. 1, 0. den vlevo a 2. měsíc vpravo, měřítko je 50 mikrometrů



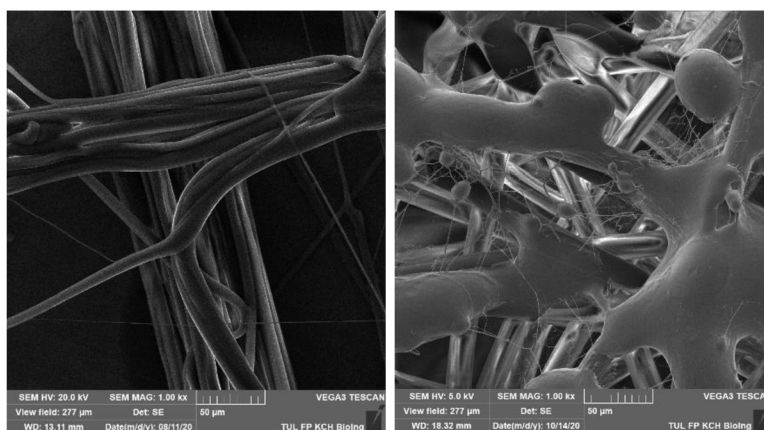
Graf 1: Projevy skladování na průměr vláken vzorku č. 1



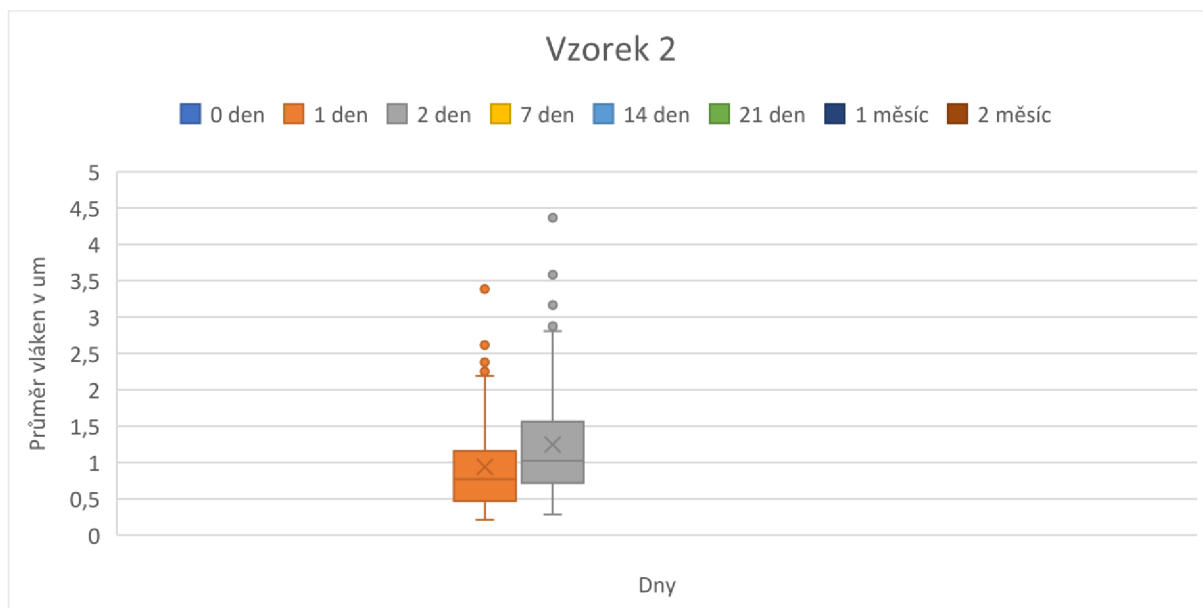
Graf 2: GPC graf vzorku č. 1 – PLCL 10hm% Chloroform/etanol 8 : 2 Laboratorní

4.1.2. Vzorek č. 2

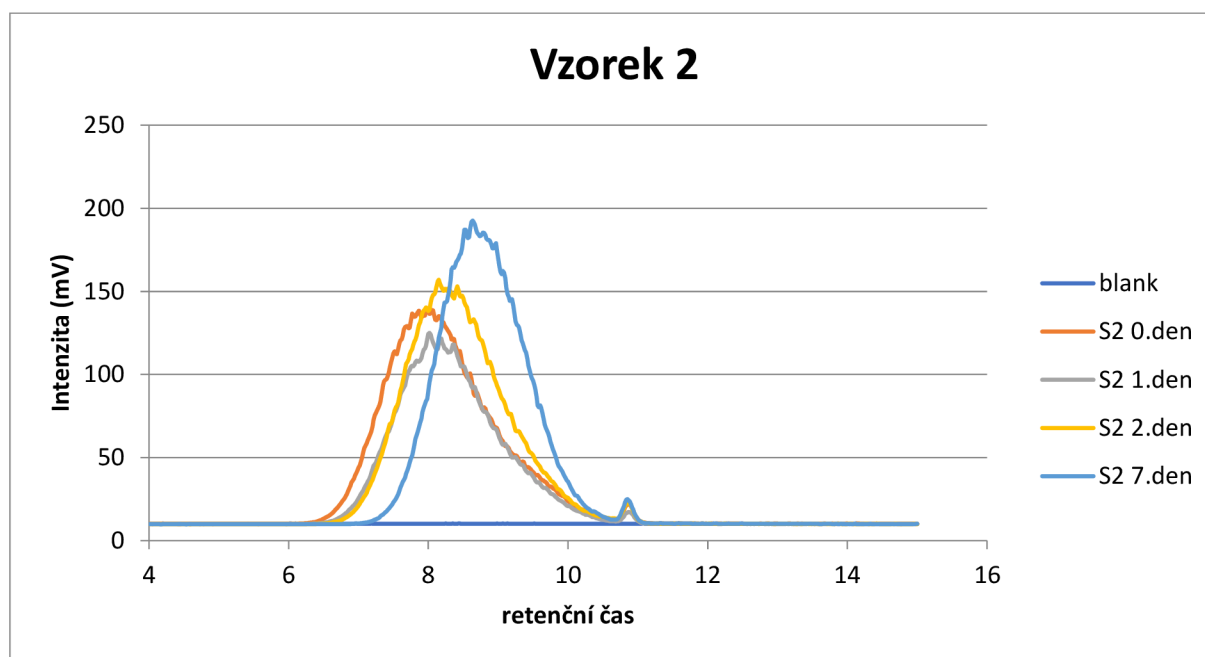
Při zvlákňování druhého vzorku roztoku obsahujícího kopolymer PLCL a rozpouštědel chloroform, etanol a kyselina octová. Již při prvním zvlákňování docházelo k odkapávání polymerního roztoku od jehly, polymerní tryska ve zvlákňovacím prostoru obsahovala dlouhou stabilní zónu a docházelo k usazování možná až vlhkých vláken na podkladový materiál. Což vypovídalo o potenciálním nedostatečném odpařování rozpouštědla. Proto bylo na snaze oddálit jehlu od kolektor ze 17 cm na 20 cm. Avšak bez zdárného účinku. Při pohledu na morfologii vláken z počátku bylo možné sledovat spletnice vláken (viz obrázek 14), avšak ihned následující dny šlo upozorovat úbytku množství vláken a vyplňování podkladového materiálu polymerní hmotou, a tak k tvorbě struktury napodobující folii (viz graf 3). Chromatografie ale ukázala (viz graf 4), že by nedocházelo k odpaření rozpouštědel, ale že tento jev byl zapříčiněn poklesem M_w v průběhu skladování, a tak i kompletní degradaci všech řetězců. Dále už roztok nebylo možné jakkoli zvláknit ani rozprašovat, proto už další dny nebyl používán.



Obrázek 14: Vybrané sem snímky zvlákněné struktury vzorku č. 2, 0. den vlevo a 7. den vpravo, měřítko je 50 mikrometrů



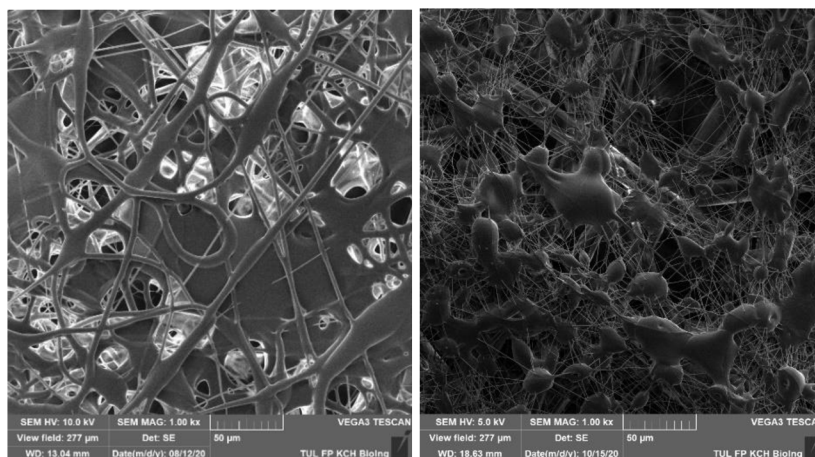
Graf 3: Projevy skladování na průměr vláken vzorku č. 2



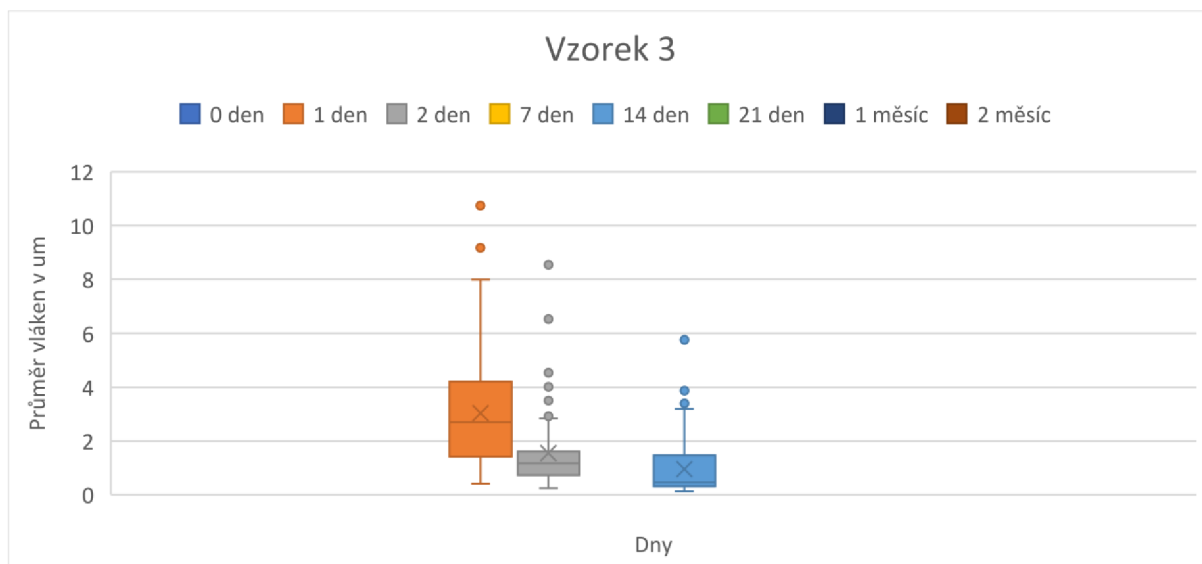
*Graf 4: GPC graf vzorku č. 2 – PLCL 10hm% Chloroform/etanol/kyselina octová 8 : 1 : 1
Laboratorní*

4.1.3. Vzorek č. 3

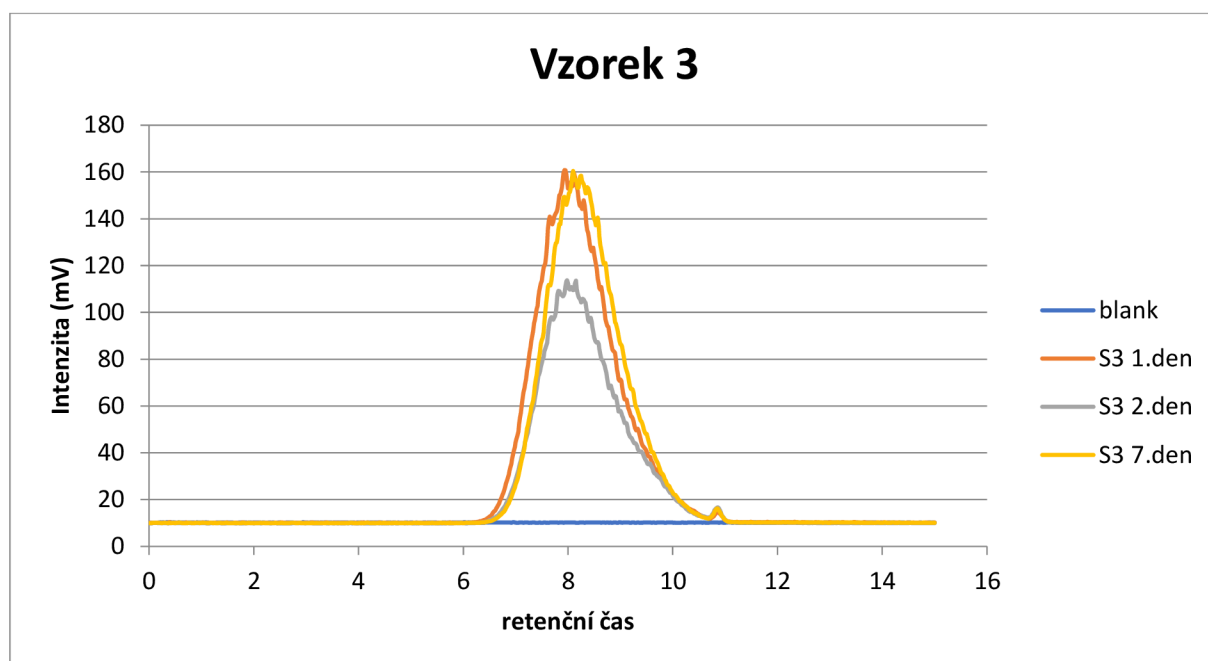
Při zvlákňování třetího uskladněného vzorku v lednici z roztoku obsahujícího kopolymer PLCL a rozpouštědel chloroform, etanol a kyselina octová bylo jako u vzorku č. 2 patrné delší stabilní zóny Taylorova kuželu. Proto bylo na snaze oddálit jehlu od kolektoru z 17 cm na 20 cm. Podle morfologie vlákněné struktury to vypadá, že počáteční dny zvlákňování tomu tak skutečně mohlo být, jelikož docházelo k tvorbě vláken a polymerní hmoty, která jejich mezi vlákněný prostor vyplňovala. Avšak čím starší byl roztok, tím jemnější vlákna se vytvářela (viz obrázek 15). Došlo to až k tomu, že při posledním možném zvlákňování docházelo k tvorbě kapek polymerního roztoku a z nich vycházejících jemných vláken. V 7. den však vlivem vyšší vlhkosti v laboratoři docházelo jen k přenosu polymerní hmoty, a tak výrobě folie (viz graf 5). Chromatografie u vzorku č. 3 neukazuje žádné změny (viz graf 6).



Obrázek 15: Vybrané SEM snímky zvlákněné struktury vzorku č. 3, 1. den vlevo a 14. den vpravo, měřítko je 50 mikrometrů



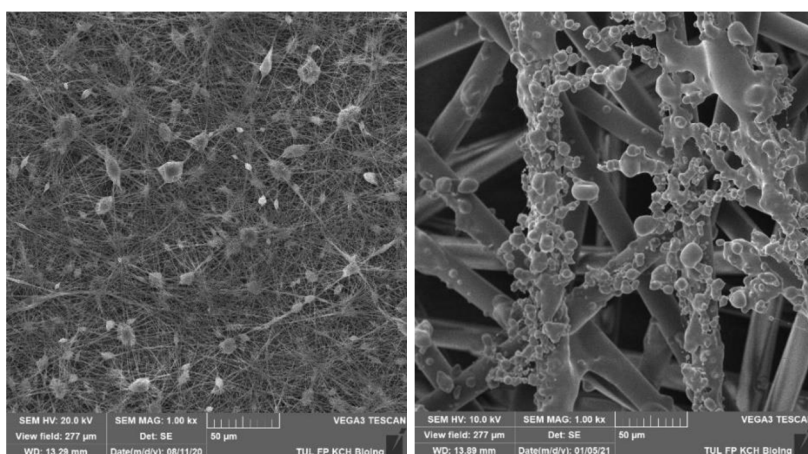
Graf 5: Projevy skladování na průměr vláken vzorku č. 3



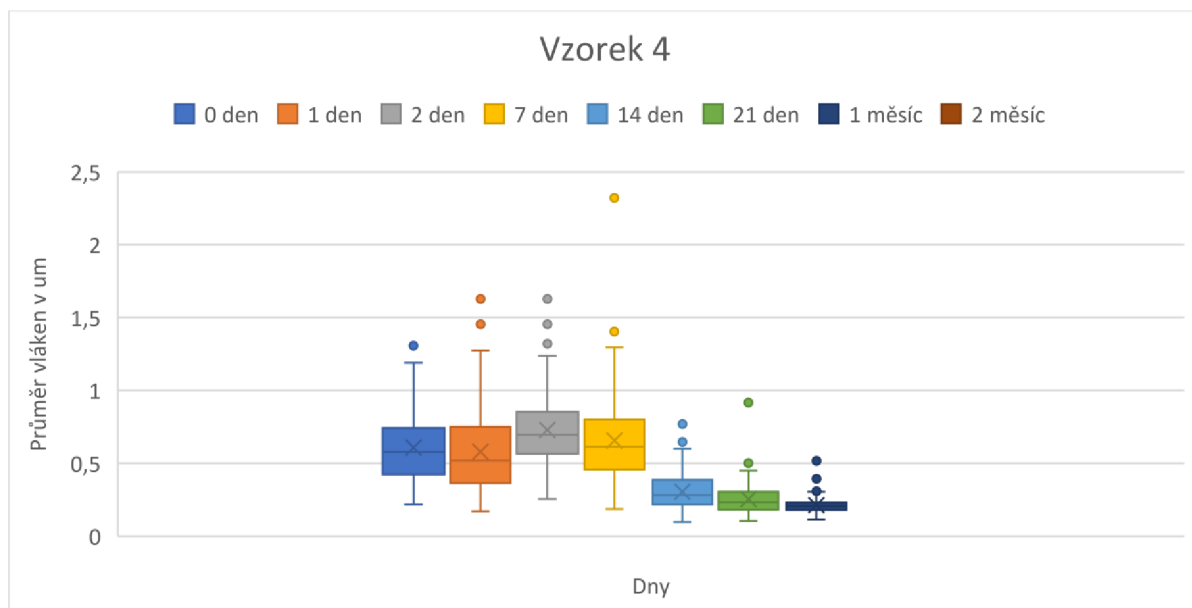
Graf 6: GPC graf vzorku č. 3 – PLCL 10hm% Chloroform/etanol/kyselina octová 8 : 1 : 1
Lednice

4.1.4. Vzorek č. 4

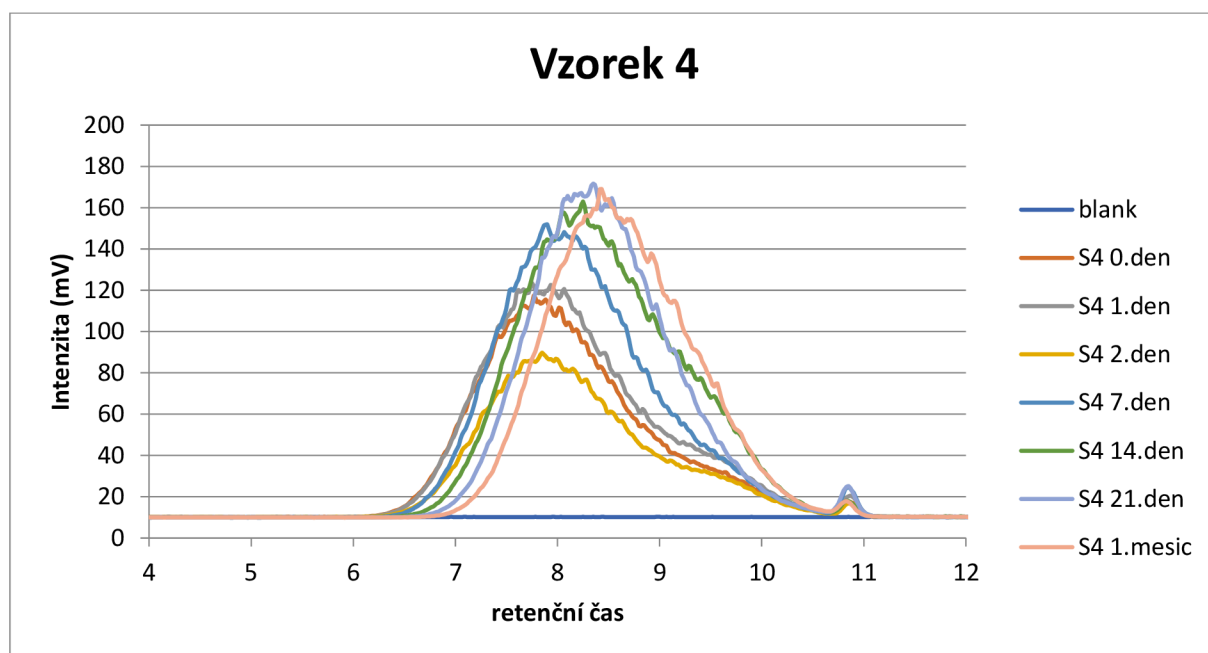
Zvlákňování čtvrtého vzorku roztoku obsahujícího kopolymer PLCL a rozpouštědel v podobě kyseliny octové, kyseliny mravenčí a acetonu, doprovázelo odkapávání polymerního roztoku, proto bylo zpomaleno dodávání polymerního roztoku. Zvlákňující polymer měl krátkou stabilní zónu. Při zvlákňování 14. den bylo pozorováno jasné zhoršení samotného zvlákňování a po 2 měsících polymerní polymer vytvářel jen polymerní kapky které se ukládaly na vlákna podkladového materiálu (viz obrázek 16). S délkou uskladnění polymerního roztoku se na zvlákněném materiálu zvyšovalo množství defektů ve formě polymerních kapek, avšak průměr vláken spojujících tyto kapky se zmenšoval (viz graf 7). Chromatografie pozorovala postupné zvyšování nízkomolekulárního podílu a tím, postupné degradaci polymeru (viz graf 8).



Obrázek 16: Vybrané SEM snímky zvlákněné struktury vzorku č. 4, 0. den vlevo a 2. měsíc vpravo, měřítko je 50 mikrometrů



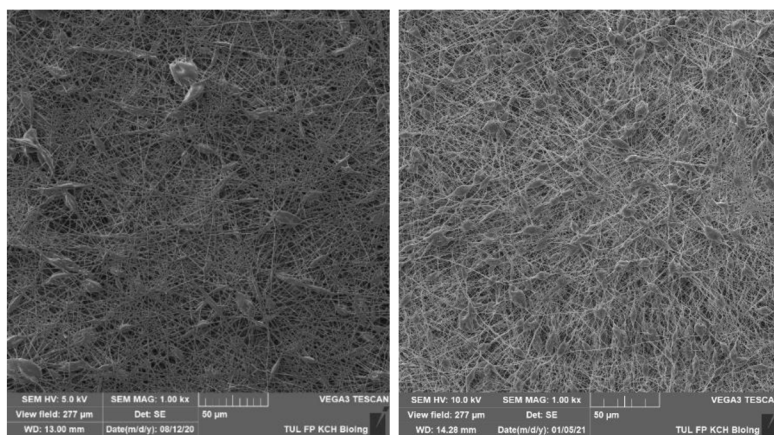
Graf 7: Projevy skladování na průměr vláken vzorku č. 4



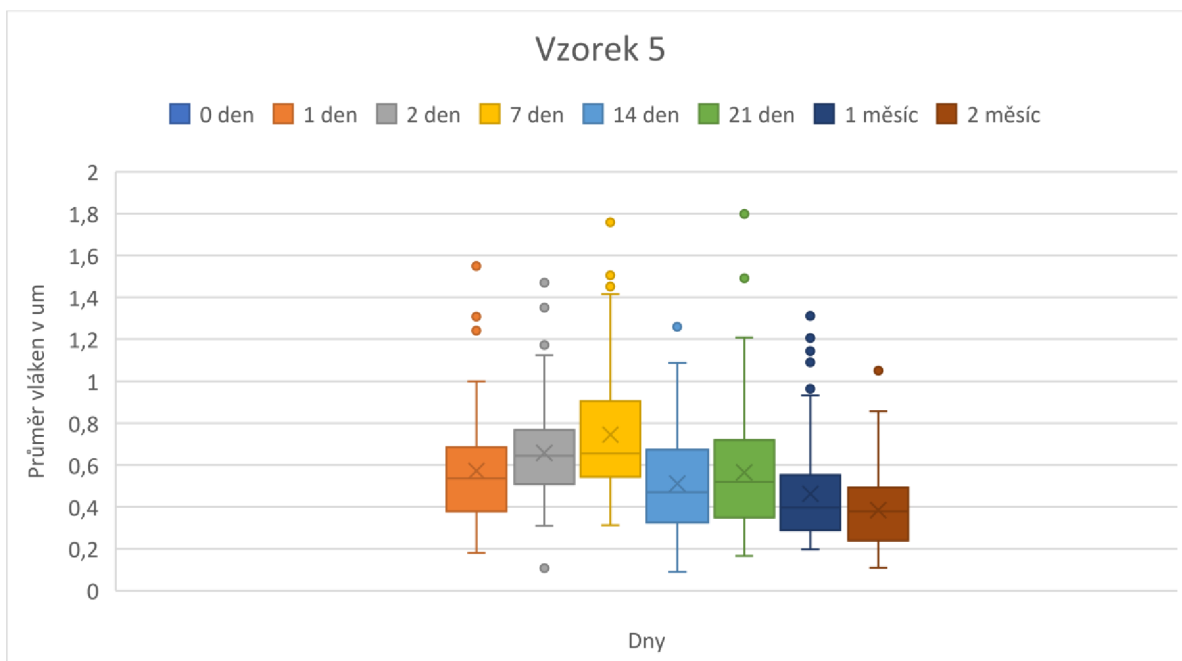
Graf 8: GPC graf vzorku č. 4 – PLCL 10hm% Kyselina octová/kyselina mravenčí/aceton 1 : 1 : 1 Laboratorní

4.1.5. Vzorek č. 5

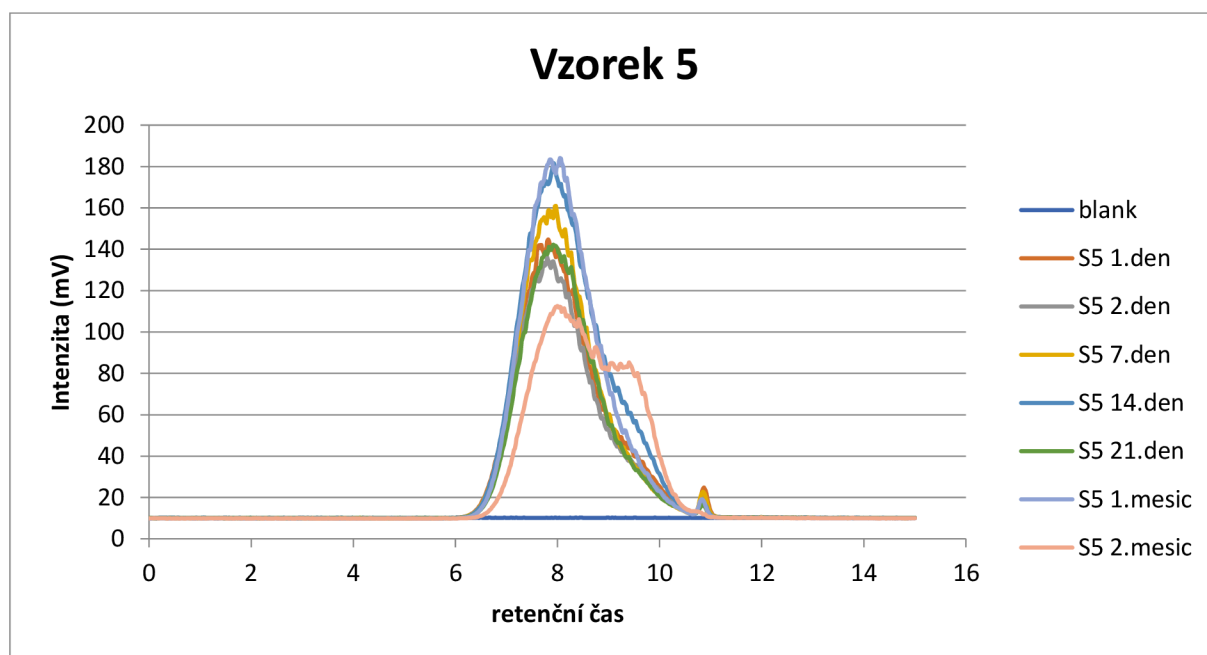
Pátý uskladněný vzorek v lednici z roztoku obsahujícího kopolymer PLCL a rozpouštědel v podobě kyseliny octové, kyseliny mravenčí a acetonu dobře zvlákňoval již od prvního zvlákňování. Taylorův kužel při zvlákňování tohoto roztoku začal 7. den být užší než dny předchozí. Následující zvlákňování bylo patrné vlhčích míst na vyrobeném materiálu. Morfologie vláken se zhoršuje, se zvyšujícím se stářím roztoku dochází ke zvýšení výskytu defektů ve formě malých shluků polymerního materiálu (viz obrázek 17). Průměr vláken se u tohoto vzorku se stářím roztoku zmenšuje (viz graf 9). Z chromatografie je patrné že dochází k pozvolnému rozkladu a vzniku nízkomolekulárních fragmentů (viz graf 10).



Obrázek 17: Vybrané SEM snímky zvlákněné struktury vzorku č. 5, 1. den vlevo a 2. měsíc vpravo, měřítko je 50 mikrometrů



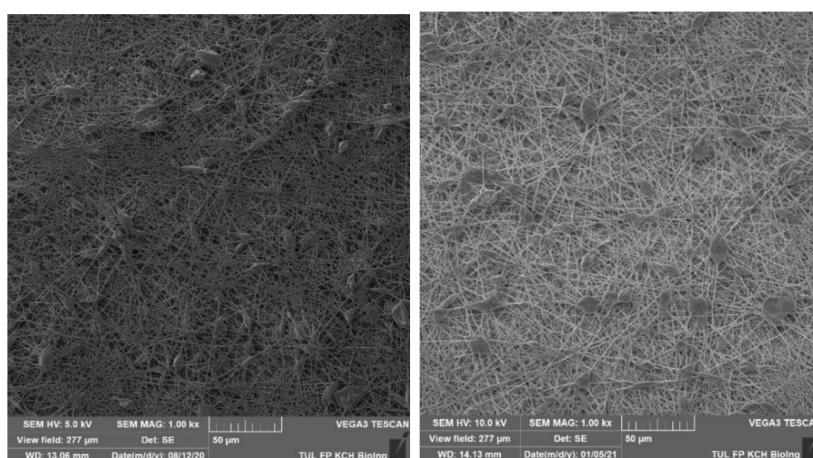
Graf 9: Projevy skladování na průměr vláken vzorku č. 5



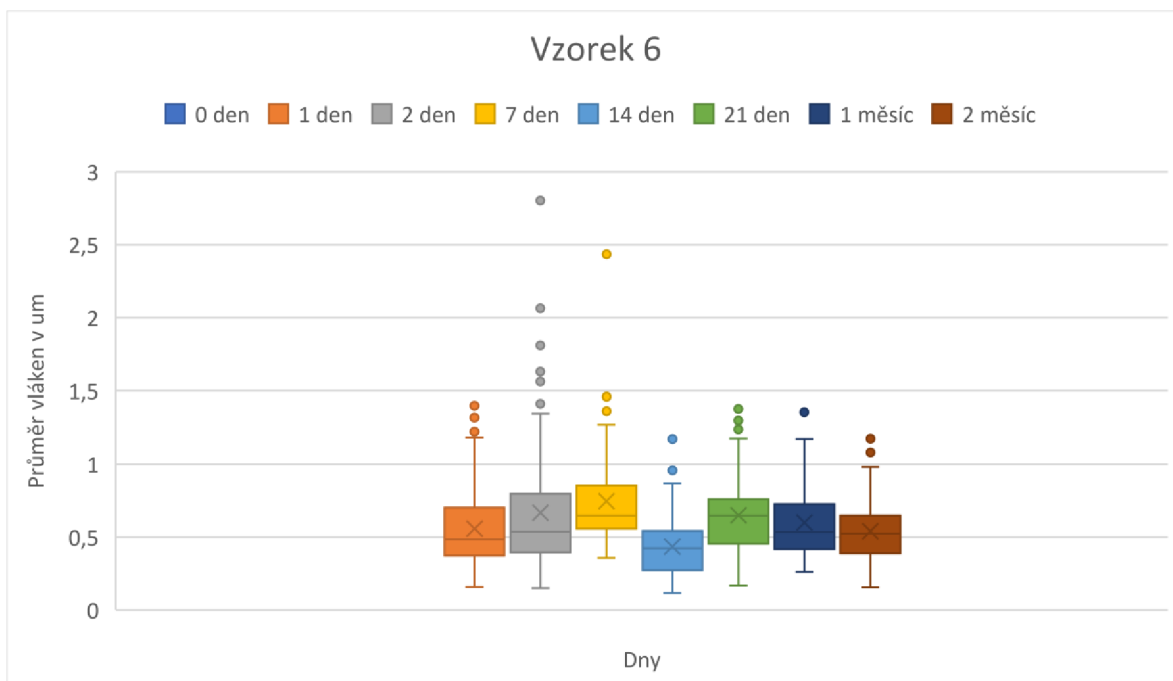
Graf 10: GPC graf vzorku č. 5 – PLCL 10hm% Kyselina octová/kyselina mravenčí/aceton 1 : 1 : 1 Lednice

4.1.6. Vzorek č. 6

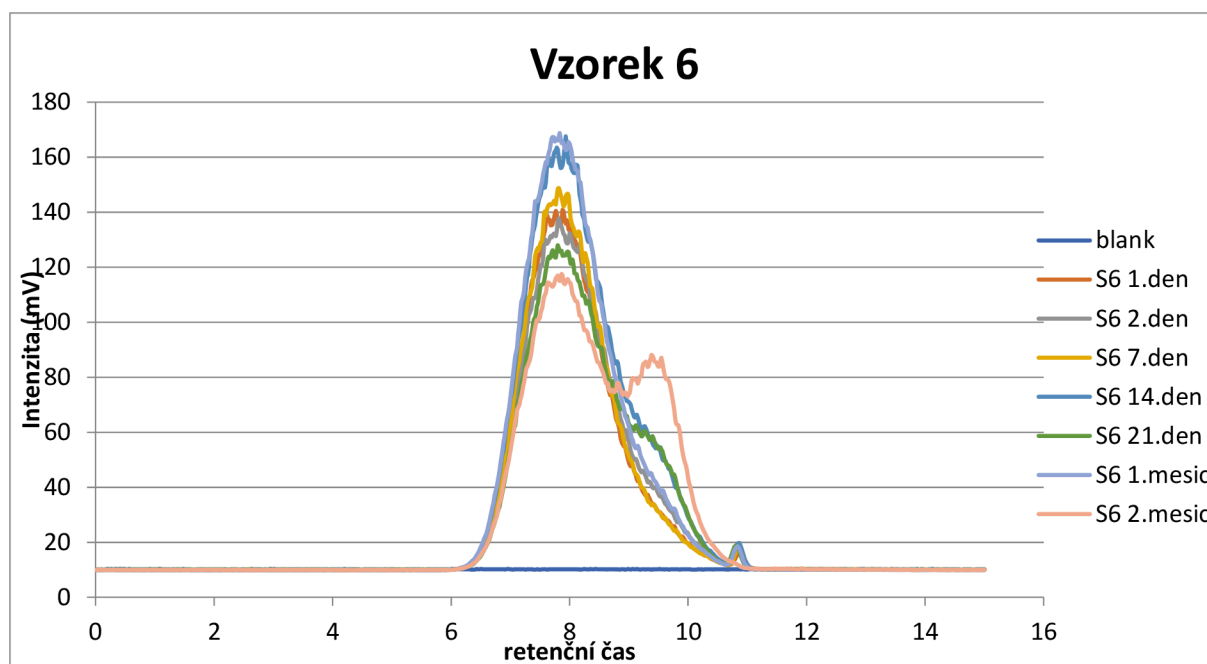
Zvláknění šestého roztoku, jenž byl uložen v mrazáku, obsahujícího kopolymer PLCL a rozpouštědla kyselinu octovou, kyselinu mravenčí a aceton docházelo k dobrému zvláknění po celou dobu pozorování (viz obrázek 18). Taktéž jako u předchozího vzorku docházelo ke vzniku vlhčích míst při zvláknění. U zvláknění 5. vzorku počet defektů v celém časovém období zůstával dosti podobný, i průměry vláken zůstávaly na podobných hodnotách (viz graf 11). Avšak chromatografie ukázala, že u vzorku po 2 měsících začalo docházet k pozvolnému rozkladu a vzniku nízkomolekulárních fragmentů (viz graf 12).



Obrázek 18: Vybrané SEM snímky zvlákněné struktury vzorku č. 6, 1. den vlevo a 2. měsíc vpravo, měřítko je 50 mikrometrů



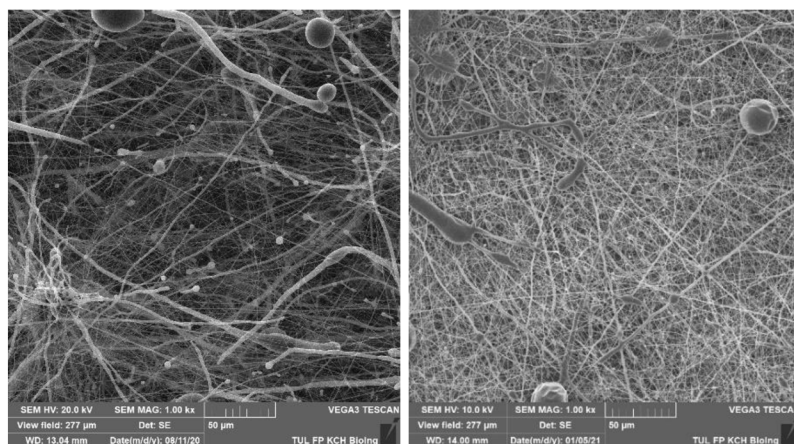
Graf 11: Projev skladování na průměr vláken vzorku č. 6



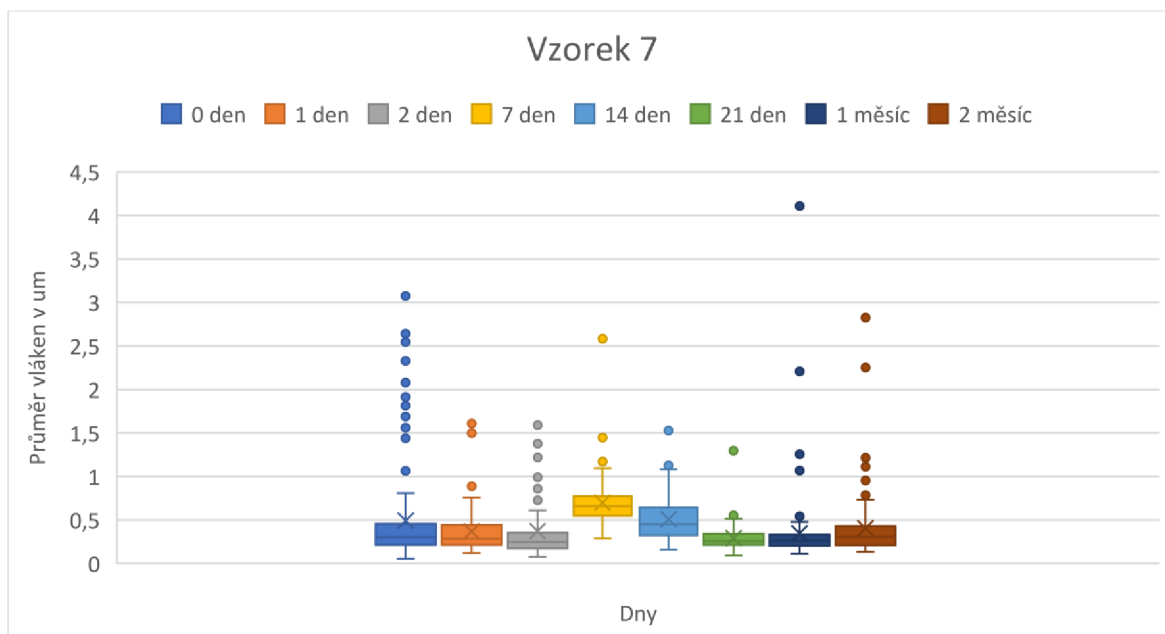
Graf 12: GPC graf vzorku č. 6 – PLCL 10hm% Kyselina octová/kyselina mravenčí/aceton 1 : 1 : 1 Mrazák

4.1.7. Vzorek č. 7

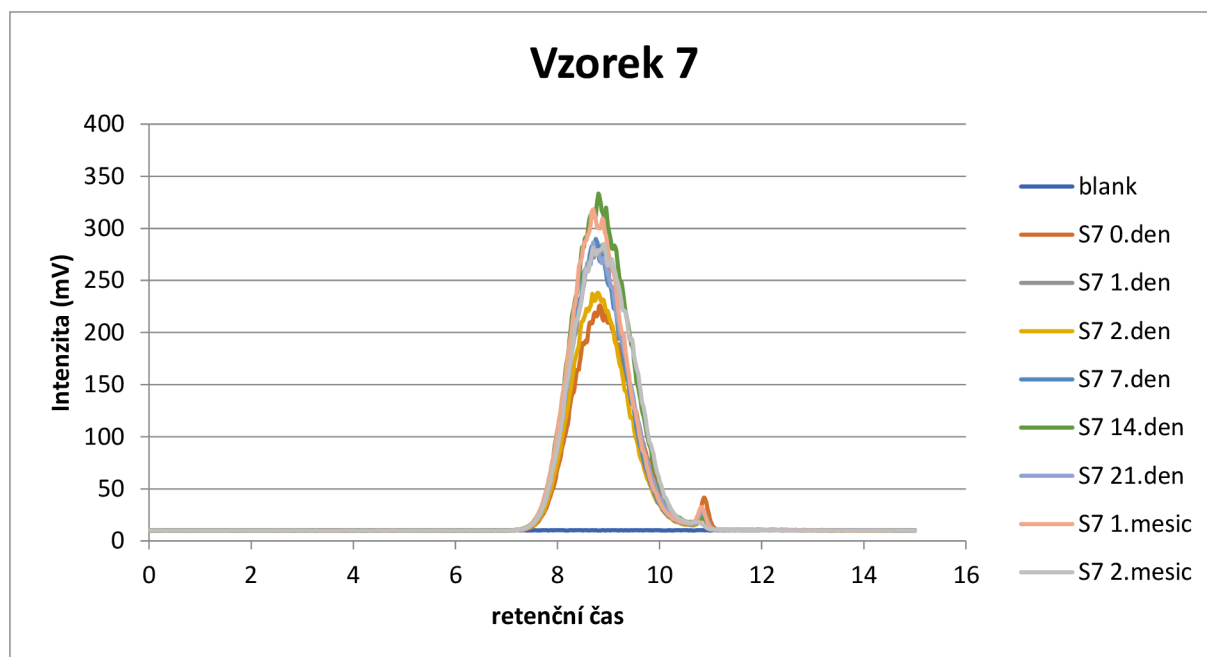
Při zvlákňování sedmého vzorku roztoku obsahujícího polymer PCL 45 s rozpouštědly chloroform a etanol bylo hned při prvním zvlákňování patrné větvení bičující zóny. Toto větvení postupem času přestalo být tolik patrné jako v počátcích. Při zvlákňování tohoto roztoku docházelo k ukládání nejen mikro-vláken, ale i mikro-kapek na podkladový materiál (viz obrázek 19). Z průměrů vláken je zcela patrné, že postupem času dochází ke snižování počtu a velikostí přesahujících dat (průměrů vláken), což by mohlo být zapříčiněno snižující se intenzitou větvené bičující zóny (viz graf 13). Chromatografie v tomto případě nevyovídá o žádných změnách ve struktuře polymerního materiálu (viz graf 14).



Obrázek 19: Vybrané SEM snímky zvlákněné struktury vzorku č. 7, 0. den vlevo a 2. měsíc vpravo, měřítko je 50 mikrometrů



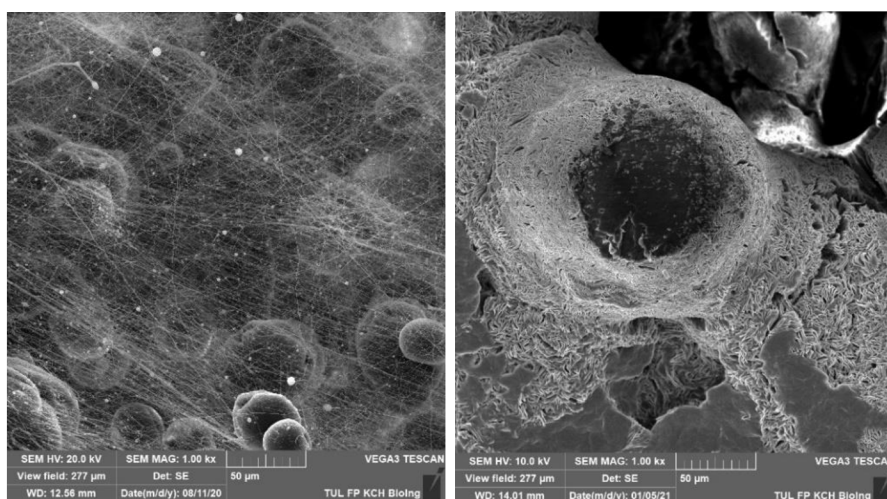
Graf 13: Projevy skladování na průměr vláken vzorku č. 7



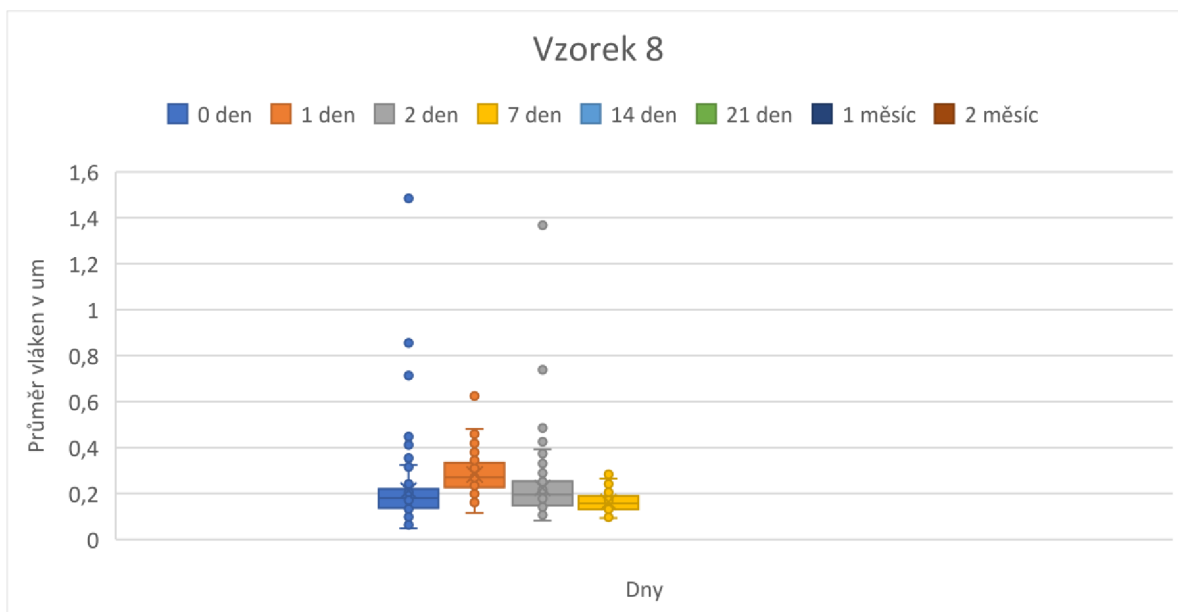
Graf 14: GPC graf vzorku č. 7 – PCL 45 16hm% Chloroform/etanol 8 : 2 Laboratorní

4.1.8. Vzorek č. 8

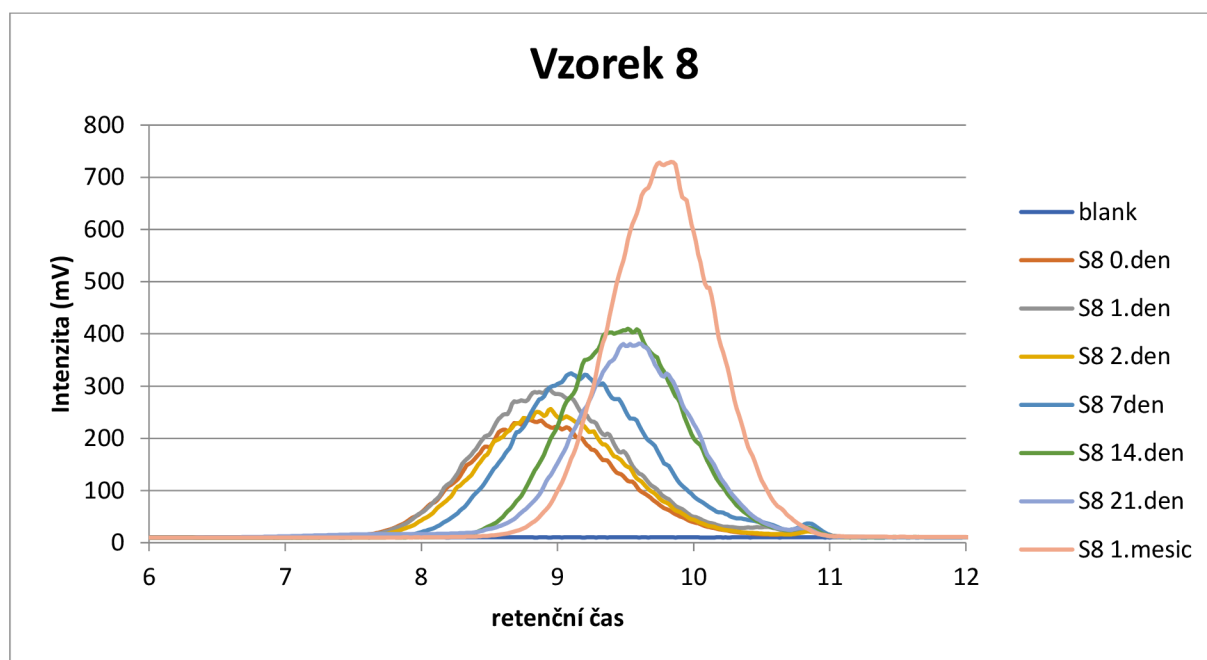
Zvlákňování osmého vzorku roztoku obsahujícího polymer PCL 45 a rozpouštědla chloroform, etanol, kyselinu octovou se z počátku zdálo vynikající. Z kapky polymeru se totiž na konci jehly tvořilo více zvlákňujících trysek, což by mohlo vypovídat o značně menším průměru výsledných vláken. Avšak při procesu elektrostatického zvlákňování v tomto případě docházelo i k elektrostatickému sprejování (viz obrázek 20), jinak řečeno rozprašování kapek polymerního roztoku na podkladový materiál. K drobným vláknům (viz graf 15) se tak přidaly násobně velké kapičky polymeru. Dle chromatografie započal pokles M_w v průběhu skladování a začalo docházet k degradaci všech řetězců, což by mohlo být zapříčiněno přítomností kyseliny octové (viz graf 16).



Obrázek 20: Vybrané SEM snímky zvlákněné struktury vzorku č. 8, 0. den vlevo a 2. měsíc vpravo, měřítko je 50 mikrometrů



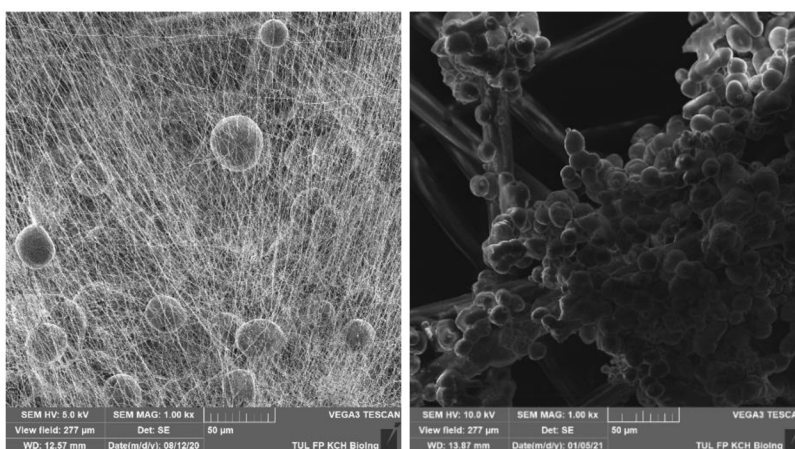
Graf 15: Projevy skladování na průměr vláken vzorku č. 8



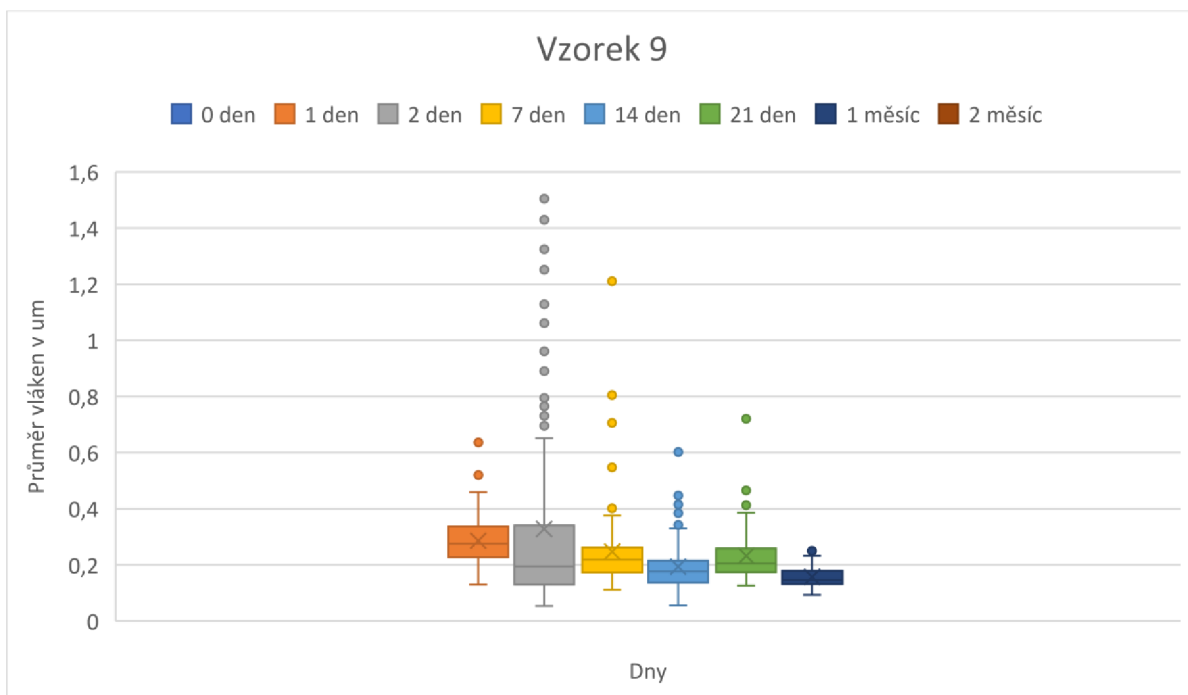
Graf 16: GPC graf vzorku č. 8 – PCL 45 16hm% Chloroform/etanol/kyselina octová 8 : 1 : 1
Laboratorní

4.1.9. Vzorek č. 9

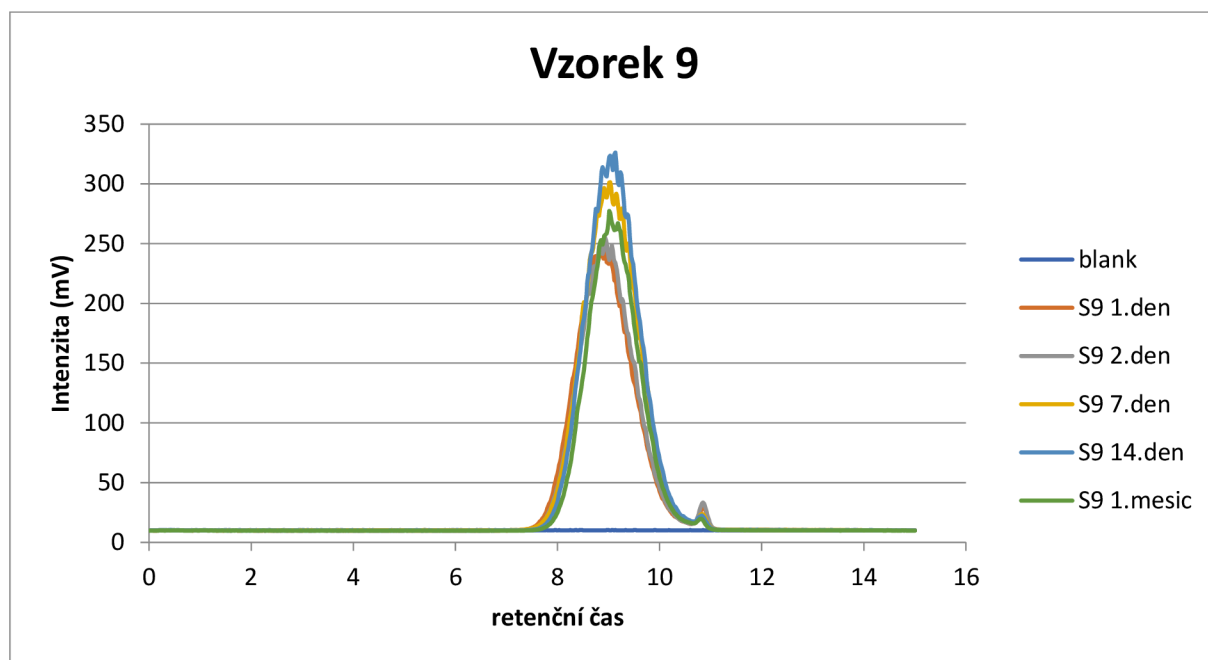
Devátý vzorek skládající se z polymeru PCL 45 s rozpouštědly chloroform, etanol a kyselina octová byl skladován v lednici a rovněž zvlákňoval z jedné kapky roztoku až ze tří různých zvlákňujících trysek. Při tomto zvlákňování docházelo k tvoření jak velmi jemných vláken, tak i větších kapek polymeru (viz obrázek 21). Toto zvlákňování postupem času tvořilo čím dál jemnější vlákna s výjimkou posledního zvlákňování (viz graf 17), kdy docházelo už jen k elektrostatickému sprejování a tvoření jen kapek na podkladovém materiálu. Chromatografie u toho polymeru nezpůsobovala žádné změny (viz graf 18).



Obrázek 21: Vybrané SEM snímky zvlákněné struktury vzorku č. 9, 1. den vlevo a 2. měsíc vpravo, měřítko je 50 mikrometrů



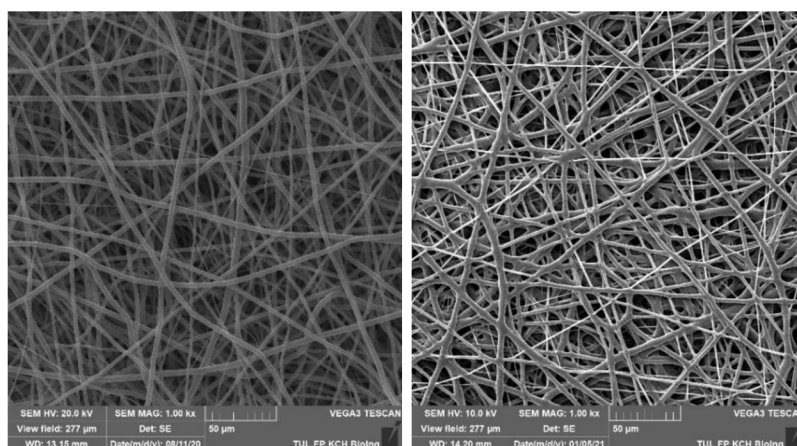
Graf 17: Projevy skladování na průměr vláken vzorku č. 9



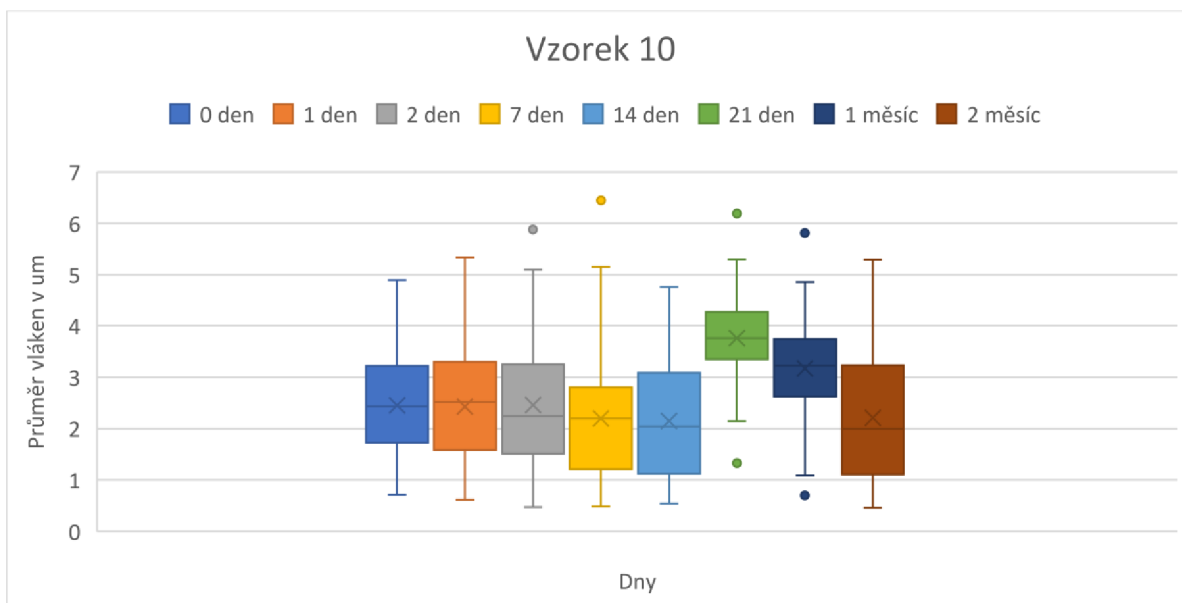
Graf 18: GPC graf vzorku č. 9 – PCL 45 16hm% Chloroform/etanol/kyselina octová 8 : 1 : 1
Lednice

4.1.10. Vzorek č. 10

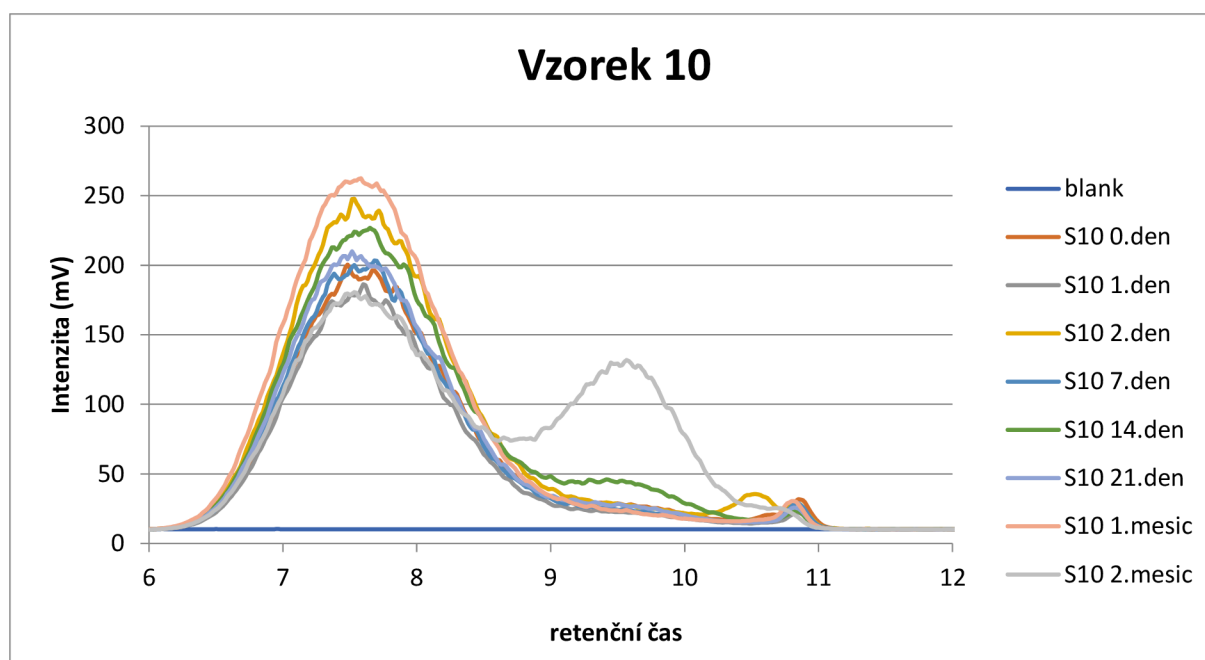
Zvlákňování desátého vzorku roztoku obsahujícího polymer PCL 80 s rozpouštědly chloroform a etanol nedosahovala takřka žádné změny v průběhu všech měsíců. Polymer zvlákňoval výborně, dokonce z jedné kapky polymerního roztoku na špičce jehly se vytvářelo vícero zvlákňujících trysek. Na první makroskopický i mikroskopický pohled (viz obrázek 22) nešlo pozorovat jediného rozdílu. Avšak odchylky vyskytující se v 21. den a 1. měsíc by mohly být zapříčiněny zaznamenanou vyšší vzdušnou vlhkostí (viz graf 19). V případě 21. dne by k většímu průměru vláken taktéž mohlo dopomoci využití užší jehly z \varnothing 1,2 mm na 0,8 mm. Což bylo způsobeno nedostatkem jehel o požadovaném průměru. Dle chromatografie započalo nárůstu nízkomolekulární frakce až u vzorku po 2 měsících (viz graf 20).



Obrázek 22: Vybrané SEM snímky zvlákňené struktury vzorku č. 10, 0. den vlevo a 2. měsíc vpravo, měřítko je 50 mikrometrů



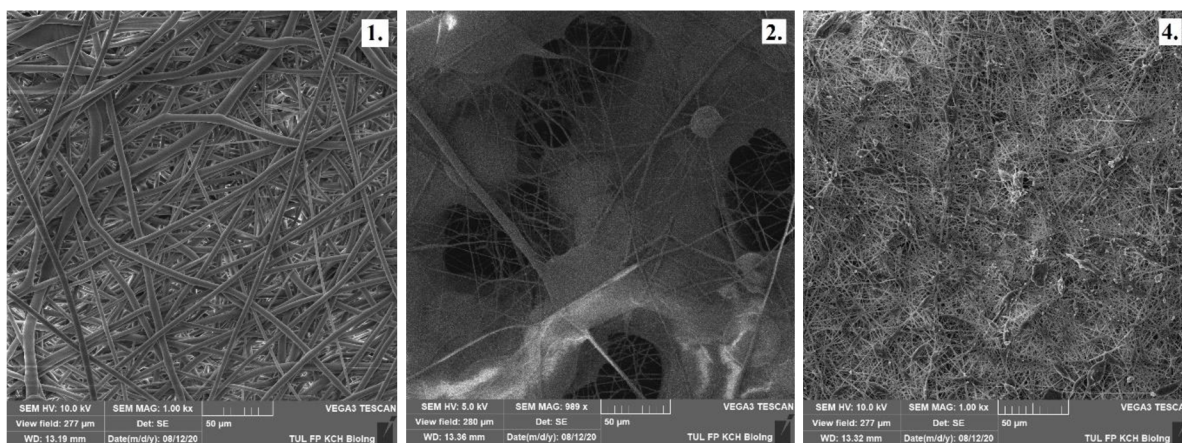
Graf 19: Projevy skladování na průměr vláken vzorku č. 10



Graf 20: GPC graf vzorku č. 10 – PCL 80 10hm% Chloroform/etanol 8 : 2 Laboratorní

4.2. Vliv rozpouštědel na PLCL

Již od prvních dnů zvlákňování polymerních roztoků PLCL bylo možné pozorovat rozdílné vlivy rozpouštědel na samotné elektrostatické zvlákňování z jehly jednotlivých roztoků (viz obrázek 23). Při použití rozpouštědel ve formě chloroform a etanol (1) bylo možné z polymerní kapky sledovat tvoření Taylorova kuželu a středně dlouhé stabilní zóny polymeru. Při porovnání se zvlákňováním daného polymeru za použití rozpouštědel chloroform, etanol a kyselina octová (2) bylo možné sledovat rozdíl v délce stabilní zóny, v tomto případě stabilní zóna dosahovala dvojnásobné délky. Opačného efektu pak bylo možné pozorovat v případě použití rozpouštědel ve formě kyselina octová, kyselina mravenčí a aceton (4), kdy stabilní zóna zvlákňovacího procesu dosahovala oproti případu (1) poloviční úrovně.

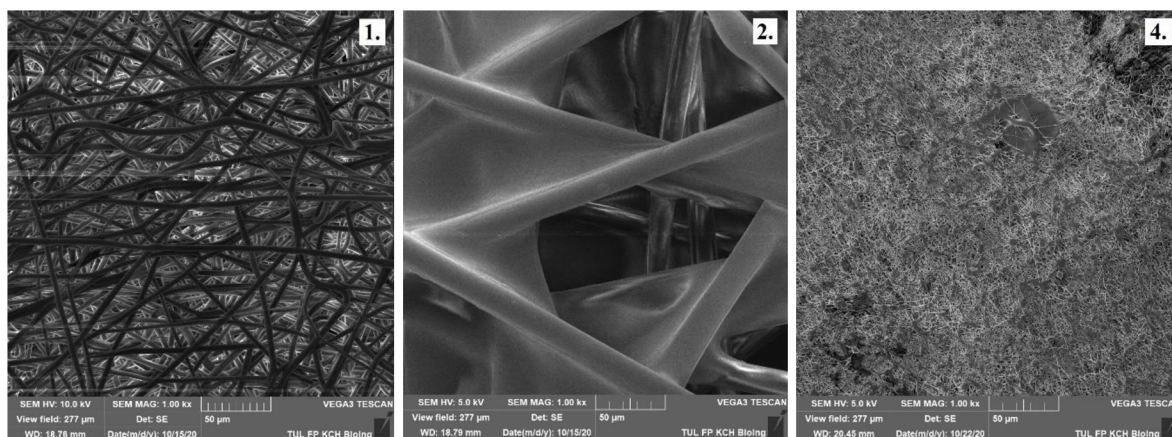


Obrázek 23: Vliv rozpouštědel na PLCL roztoky v 1. den, měřítko je 50 mikrometrů

Vliv těchto rozpouštědel na zvlákňování PLCL však nebyl pozorován jen při elektrostatickém zvlákňování, ale jejich účinky bylo možné sledovat i z mikroskopického hlediska na SEM snímcích, kdy rozdílné použití rozpouštědel mělo vliv na morfologii a průměr vláken. Rozpouštědla ve formě chloroform a etanol (1) vytvářela sice největší vlákna oproti ostatním rozpouštědlům, pohybující se v průměru kolem 3 µm a dosahující většího rozptylu průměrů, než tomu bylo u zbylých vzorků, avšak množství a kvalita vláken přetrvávala po celou dobu experimentu, to znamená i při zvlákňování po 2 měsících.

V případě použití rozpouštědel ve formě chloroform, etanol a kyselina octová (2) bylo sice možné pozorovat výskytu vláken o průměru 1 μm , avšak tato vlákna se vyskytovala v meziprostoru polymerních kapek. Tato kombinace polymerních rozpouštědel vytvářela nepřehledné množství defektů, při zvlákňování tohoto polymerního roztoku docházelo k tvorbě vláken i 2. den. Všechny následné dny už docházelo jen k přenosu polymerní hmoty na podkladový materiál.

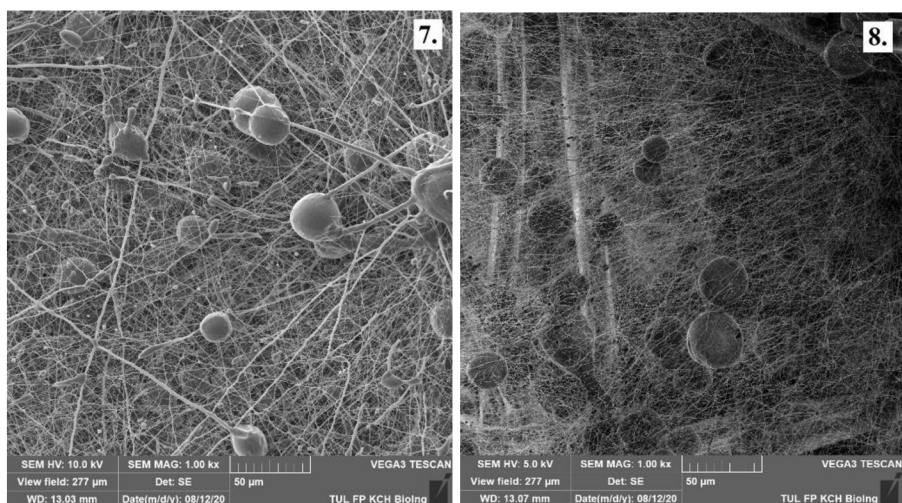
Polymerní roztok obsahující rozpouštědla kyselina octová, kyselina mravenčí a aceton (4) sice dokázal vytvářet vláknennou strukturu skládající se ze sub-mikronových vláken, avšak už od počátku se mezi těmito vlákny vyskytovaly občasné defekty, velikost a množství těchto defektů se vlivem stáří daného polymerního roztoku zvyšuje (viz obrázek 24). Avšak v případě zvlákňování tohoto polymerního roztoku po 1. měsíci začalo docházet ke kombinaci elektrostatického zvlákňování a elektrostatického sprejování.



Obrázek 24: Vliv rozpouštědel na PLCL roztoky v 14. den, měřítko je 50 mikrometrů

4.3. Vliv rozpouštědel na PCL 45

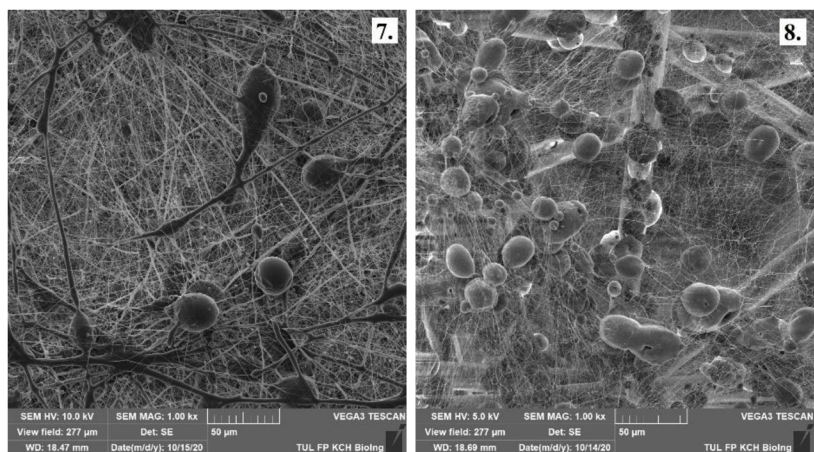
Od počátku zvlákňování polymeru PCL 45 v kombinaci různých rozpouštědel bylo možné sledovat značné rozdíly (viz obrázek 25). Zvlákňování polymeru PCL 45 za použití rozpouštědel chloroform a etanol (7) bylo možné sledovat, jak z jedné kapky polymerního roztoku dochází k tvoření Taylorova kuželu a následně z kuželu vystupující stabilní zóny je zakončena větvením bičující zóny. Naopak v případě použitých rozpouštědel chloroform, etanol a kyselina octová (8) docházelo k vytvoření několika Taylorových kuželů z jedné kapky polymerního roztoku.



Obrázek 25: Vliv rozpouštědel na PCL 45 roztoky v 1. den, měřítko je 50 mikrometrů

Vliv těchto rozpouštědel na zvláknitelnost PLC 45 byl taktéž pozorován z mikroskopického hlediska. Zvláknování roztoku obsahujícího rozpouštědla chloroform a etanol (7) vytvářelo po celou dobu experimentu vlákna s průměrem pohybujícím se okolo 0,4 μm, tato vlákna však po celou dobu experimentu (2. měsíc) obsahovala značné množství defektů. Se zvyšujícím se stářím tohoto polymerního roztoku však přestalo docházet k větvení bičíkující zóny, což mohlo mít pravděpodobně přímý vliv na snížení počtu těchto defektů.

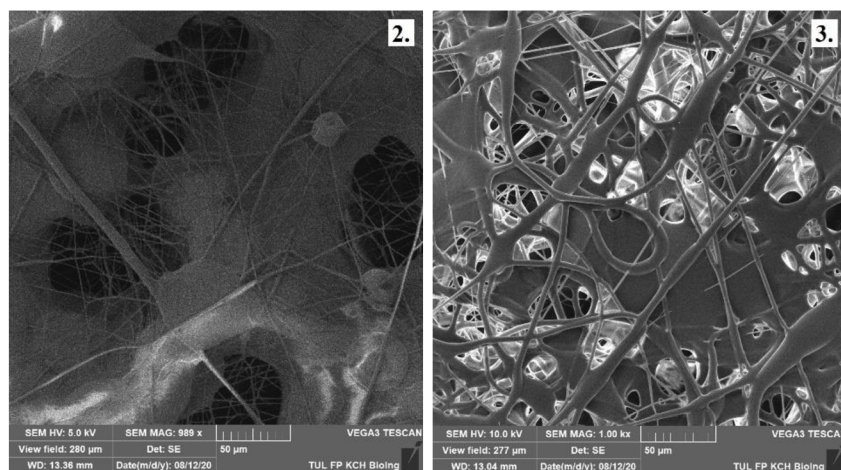
Polymerní roztok obsahující rozpouštědla chloroform, etanol a kyselina octová (8) dokázal vytvářet značně jemnější vlákna, a to kolem 0,2 μm. Avšak při elektrostatickém zvláknování tohoto roztoku docházelo taktéž k elektrostatickému sprejování a tím pádem i k výskytu větších kapek polymerního materiálu (viz obrázek 26). Kyselina octová taktéž měla vliv na stabilitu polymerního roztoku a ten následně přestal zvláknovat po 7 dnech.



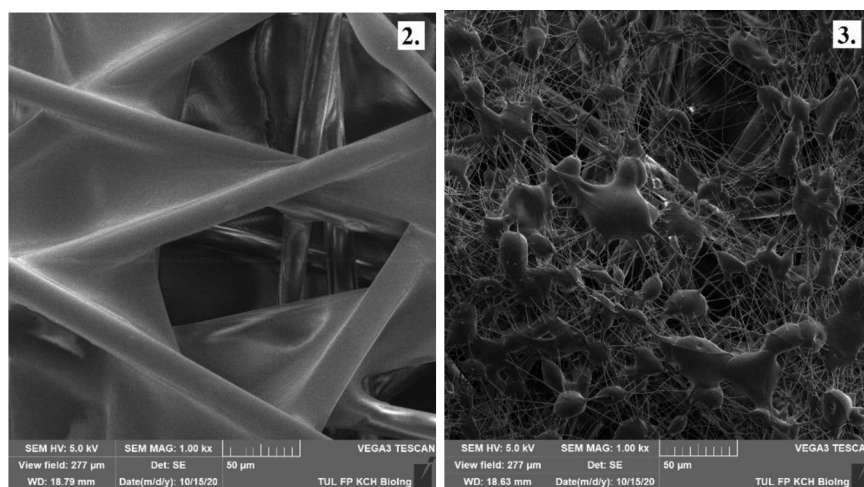
Obrázek 26: Vliv rozpouštědel na PCL 45 roztoky v 7. den, měřítko je 50 mikrometrů

4.4. Vliv teploty na PLCL vzorky č. 2 a 3

Zvlákňování polymeru PLCL obsahující rozpouštědla v kombinaci chloroform, etanol a kyselina octová už od počátku vykazovalo nedostatečné výsledky (viz obrázek 27). Oba roztoky, skladované v laboratoři (2), stejně jako skladované v lednici (3) vykazovaly podobné chování. Při zvlákňování těchto roztoků docházelo k tvorbě dlouhé stabilní zóny vycházející z Taylorova kuželu a usazování vlhkých vláken na podkladový materiál. Kvalita výsledného materiálu nebyla ovlivněna ani oddálením jehly a kolektoru z 17 cm na 20 cm. Roztok č. 3, uskladněný v lednici, nebyl sice schopný 7. den zvlákňovat, pravděpodobně vlivem vyšší vzdušné vlhkosti v laboratoři (55,4 %). Avšak týden poté docházelo k elektrostatickému sprejování s výskytem vláken v řadě 1 μm (viz obrázek 28).



Obrázek 27: Vliv teploty skladování na roztoky č. 2 a 3 v 1. den, měřítko je 50 mikrometrů

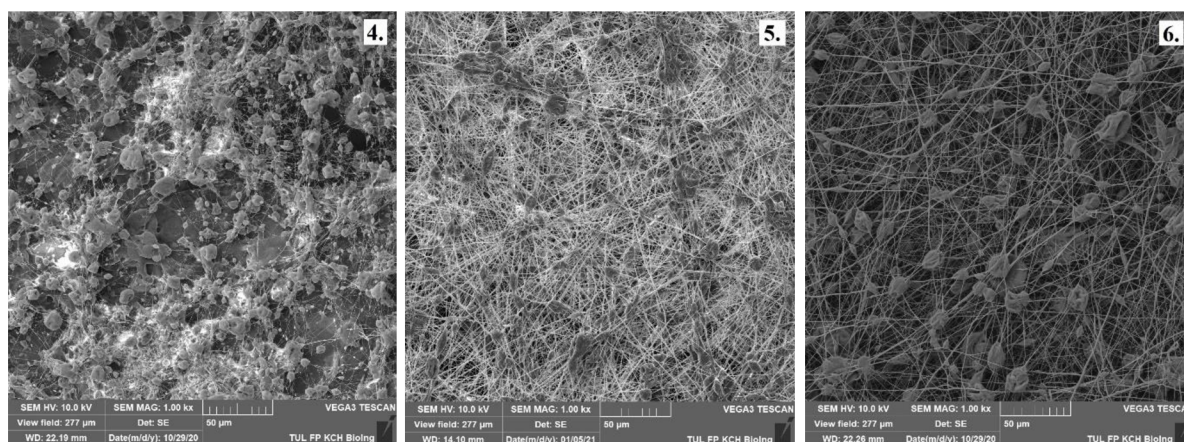


Obrázek 28: Vliv teploty skladování na roztoky č. 2 a 3 v 14. den, měřítko je 50 mikrometrů

4.5. Vliv teploty na PLCL vzorky č. 4, 5 a 6

Rozdílné průběhy elektrostatického zvláknování z jehly se na roztoky skládající z polymeru PLCL s kyselinou octovou, kyselinou mravenčí a acetonem bylo možné pozorovat až 7 dní po uskladnění těchto roztoků za jiných tepelných podmínek (viz obrázek 29), kdy bylo možné sledovat širší bičíkující zónu u roztoku uskladněného v laboratoři (4) oproti roztokům uchovaným v lednici (5) a mrazáku (6). Tento postřeh ovšem nebylo možné nijak pozorovat na snímcích z SEM.

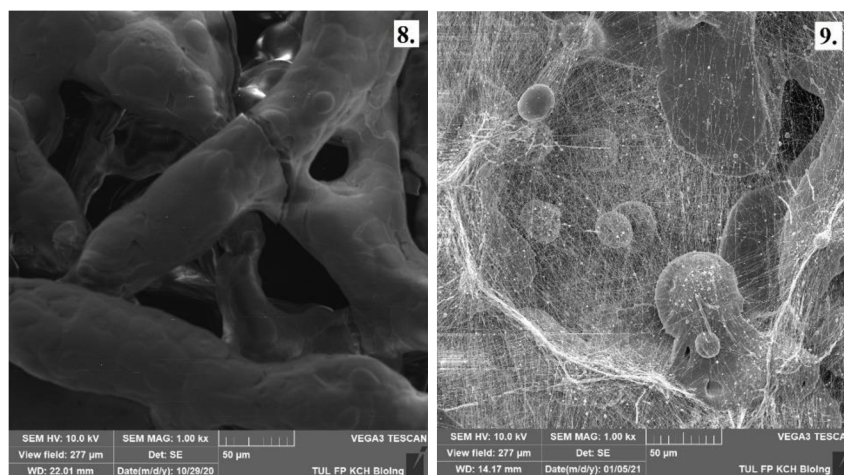
Mikroskopické rozdíly bylo možné sledovat až u materiálů zvlákněných 14. den, kdy začalo docházet k výraznějšímu výskytu defektů, snižování množství a průměru vláken u roztoku uchovaného v laboratorních podmínkách (4). U polymerního roztoku uskladněného v lednici (5) došlo vlivem času ke snížení množství vláken a zvětšení defektů. Polymerní roztok, který byl uschován v lednici (6), neprošel žádnými změnami, jen chromatografie u vzorku zvlákněného po 2 měsících ukázala, že dochází k postupné degradaci polymerních řetězců.



Obrázek 29: Vliv teploty skladování na roztoky č. 4, 5 a 6 v 1. měsíc, měřítko je 50 mikrometrů

4.6. Vliv teploty na PCL 45 vzorky č. 8 a 9

Polymerní roztok skládající se z PCL 45 a rozpouštědel chloroform, etanol a kyselina octová při elektrostatickém zvlákňování vytvářel vícero Taylorových kuželů, které vycházely z polymerní kapky (viz obrázek 30). Použití této kombinace rozpouštědel mělo vliv na PCL 45 takovým způsobem, že docházelo nejen k elektrostatickému zvlákňování, ale i elektrostatickému sprejování. U polymerního roztoku uskladněného za laboratorních podmínek (8) začalo 7. den docházet k odtrhávání větších kusů vláken, následný týden tento polymerní roztok přestal kompletně zvlákňovat a začal spíše vlákna podkladového materiálu obalovat polymerní hmotou. Roztok uskladněný v lednici (9) neprojevoval do 1. měsíce žádné změny, ať už z hlediska průměrů vláken, nebo morfologie výsledného materiálu, až následný měsíc začalo docházet k elektrostatickému sprejování bez vytváření vláken.



Obrázek 30: Vliv teploty skladování na roztoky č. 8 a 9 v 1. měsíc, měřítko je 50 mikrometrů

5 Závěr

Tato diplomová práce si kladla za cíl sledovat vliv rozpouštědel a teploty skladování na zvláknitelnost roztoků z biodegradabilních polyesterů a na výslednou strukturu vláken. Cílem tohoto zvláknění bylo prozkoumat chování polymerních roztoků polymeru PCL a kopolymeru PLCL s odlišnými rozpouštědly a teplotou skladování. Vlivy těchto rozpouštědel a teploty skladování byly sledovány z několika důvodů, hlavním důvodem je potencionální nahrazení vysoce toxických rozpouštědel, která se používají pro dosažení výroby vláken v sub-mikronové části, za méně tělu toxická rozpouštědla, jež by byla schopna dosáhnout stejného výsledku. Dále pak to je detailní analýza možnosti skladování či chování polymerních roztoků. Delších časů tedy až měsíců bylo použito pro jasné prokázání tendencí v chování polymerních roztoků při jejich skladování.

Při použití polymerních rozpouštědel ve formě chloroform a etanol se ukázalo, že tato rozpouštědla v porovnání s rozpouštědly obsahujícími kyseliny způsobují při elektrostatickém zvláknění tvorbu vláken o značně větších průměrech. Použití rozpouštědel ve formě chloroform a etanol taktéž ukázalo, že dochází k výrobě průměrů vláken s větším rozptylem, než je tomu u roztoků rozpouštědel, která obsahují kyselinu. Tato charakteristika však může být i pozitivně hodnocena s ohledem na napodobování tímto biodegradabilním vlákenným materiálem extracelulární hmoty. Avšak silnou stránkou roztoků, obsahující chloroform a etanol jako rozpouštědla, je že dokáží vytvářet materiál se stejným průměrem a morfologií vláken i v dlouhodobějším časovém horizontu a nedochází v nich k žádné polymerní degradaci.

Sledování vlivu teploty skladování na polymerní roztoky bylo zahrnuto do této studie z důvodu možného pozitivního ovlivnění degradace polymerních roztoků právě sníženou teplotou skladování. Týkalo se to pouze roztoků, které obsahovaly rozpouštědla s organickou kyselinou, jelikož tato rozpouštědla dokáží vytvářet vlákna v řadech nanometrů, avšak jsou značně nestabilní. Ukázalo se, že teplota přímo ovlivňuje stabilitu a tím i zvláknitelnost sledovaného polymerního roztoku v dlouhodobém časovém horizontu. To znamená, že roztoky uchované za nižších teplot nedosahují tak rychlé degradace jako tyto polymerní roztoky uchovávané za standardních podmínek.

Navazující studie by pak měla prokázat, že vytvořená nanovlákna z různých rozpouštědlových systémů zahrnujících i organické kyseliny jsou v delších časech opět v řádu měsíců za různých skladovacích podmínek stabilní či nikoli a k jakým případným změnám dochází jak z hlediska změn povrchových charakteristik při měření například smáčení

vytvářených materiálů, či s ohledem na změny molekulových hmotností (GPC), či stupně krystalinity (DSC). Hlubší pochopení dalších procesů ovlivňujících změny ve struktuře biodegradabilních polyesterů zvláknovaných elektrickými silami jistě dále pomůže k rozšiřování uplatnění těchto materiálů v oblasti zdravotnických prostředků, tedy krytů ran, systémů pro dodávání léčiv či nosičů buněk v tkáňovém inženýrství.

6 Použitá literatura

1. FAKIROV, Stoyko. *Biodegradable Polyesters*. B.m.: John Wiley & Sons, 2015. ISBN 978-3-527-33086-7.
2. TIAN, Huayu, Zhaohui TANG, Xiuli ZHUANG, Xuesi CHEN a Xiabin JING. Biodegradable synthetic polymers: Preparation, functionalization and biomedical application. *Progress in Polymer Science* [online]. 2012, **37**(2), 37/2 Topical Issue on Biomaterials, 237–280. ISSN 0079-6700. Dostupné z: doi:10.1016/j.progpolymsci.2011.06.004
3. Esterification | Reaction, Mechanism & Formula - Video & Lesson Transcript. *study.com* [online]. [vid. 2023-04-20]. Dostupné z: <https://study.com/learn/lesson/esterification-reaction-formula.html>
4. VROMAN, Isabelle a Lan TIGHZERT. Biodegradable Polymers. *Materials* [online]. 2009, **2**(2), 307–344. ISSN 1996-1944. Dostupné z: doi:10.3390/ma2020307
5. KARAK, N. 2 - Biodegradable polymers. In: N. KARAK, ed. *Vegetable Oil-Based Polymers* [online]. B.m.: Woodhead Publishing, 2012 [vid. 2023-03-18], s. 31–53. ISBN 978-0-85709-710-1. Dostupné z: doi:10.1533/9780857097149.31
6. BOLAND, Eugene D., Gary E. WNEK, David G. SIMPSON, Kristin J. PAWLOWSKI a Gary L. BOWLIN. Tailoring Tissue Engineering Scaffolds Using Electrostatic Processing Techniques: A Study of Poly(glycolic Acid) Electrospinning. *Journal of Macromolecular Science, Part A* [online]. 2001, **38**(12), 1231–1243. ISSN 1060-1325. Dostupné z: doi:10.1081/MA-100108380
7. DE LA CRUZ, Laura Ivone Silva, Francisco Javier Medellín RODRÍGUEZ, Carlos VELASCO-SANTOS, Ana MARTÍNEZ-HERNÁNDEZ a Mariana GUTIÉRREZ-SÁNCHEZ. Hydrolytic Degradation and Morphological Characterization of Electrospun Poly(glycolic acid) [PGA] Thin Films of Different Molecular Weights Containing TiO₂ Nanoparticles. *Journal of Polymer Research* [online]. 2016, **23**(6), 113. ISSN 1572-8935. Dostupné z: doi:10.1007/s10965-016-1002-9
8. CHU, C. C. The in-vitro degradation of poly(glycolic acid) sutures--effect of pH. *Journal of Biomedical Materials Research* [online]. 1981, **15**(6), 795–804. ISSN 0021-9304. Dostupné z: doi:10.1002/jbm.820150604
9. *Biodegradable Polyesters* [online]. [vid. 2023-03-20]. Dostupné z: <https://polymerdatabase.com/polymer%20classes/Biodegradable%20Polyester%20type.html>
10. DONG, Yixiang, Susan LIAO, Michelle NGIAM, Casey K. CHAN a Seeram RAMAKRISHNA. Degradation behaviors of electrospun resorbable polyester nanofibers. *Tissue Engineering. Part B, Reviews* [online]. 2009, **15**(3), 333–351. ISSN 1937-3376. Dostupné z: doi:10.1089/ten.TEB.2008.0619
11. MANAVITEHRANI, Iman, Ali FATHI, Hesham BADR, Sean DALY, Ali NEGAHI SHIRAZI a Fariba DEGHANI. Biomedical Applications of Biodegradable Polyesters. *Polymers* [online]. 2016, **8**(1), 20. ISSN 2073-4360. Dostupné z: doi:10.3390/polym8010020

12. BARTNIKOWSKI, Michal, Tim R. DARGAVILLE, Sašo IVANOVSKI a Dietmar W. HUTMACHER. Degradation mechanisms of polycaprolactone in the context of chemistry, geometry and environment. *Progress in Polymer Science* [online]. 2019, **96**, 1–20. ISSN 0079-6700. Dostupné z: doi:10.1016/j.progpolymsci.2019.05.004
13. DWIVEDI, Ruby, Sumit KUMAR, Rahul PANDEY, Aman MAHAJAN, Deepti NANDANA, Dharendra S. KATTI a Divya MEHROTRA. Polycaprolactone as biomaterial for bone scaffolds: Review of literature. *Journal of Oral Biology and Craniofacial Research* [online]. 2020, **10**(1), 381–388. ISSN 2212-4268. Dostupné z: doi:10.1016/j.jobcr.2019.10.003
14. SAMADI, N., A. ABBADESSA, A. DI STEFANO, C. F. VAN NOSTRUM, T. VERMONDEN, S. RAHIMIAN, E. A. TEUNISSEN, M. J. VAN STEENBERGEN, M. AMIDI a W. E. HENNINK. The effect of lauryl capping group on protein release and degradation of poly(d,l-lactic-co-glycolic acid) particles. *Journal of Controlled Release* [online]. 2013, **172**(2), Proceedings of the Sixteenth International Symposium on Recent Advances in Drug Delivery Systems, 436–443. ISSN 0168-3659. Dostupné z: doi:10.1016/j.jconrel.2013.05.034
15. KOERNER, Julia, Dennis HORVATH a Marcus GROETTRUP. Harnessing Dendritic Cells for Poly (D,L-lactide-co-glycolide) Microspheres (PLGA MS)—Mediated Anti-tumor Therapy. *Frontiers in Immunology* [online]. 2019, **10**. Dostupné z: doi:10.3389/fimmu.2019.00707
16. DÍAZ, E. a I. PUERTO. In Vitro Degradation of PLCL/nHA Biodegradable Scaffolds. *Polymer-Plastics Technology and Engineering* [online]. 2015, **54**(6), 556–564. ISSN 0360-2559. Dostupné z: doi:10.1080/03602559.2014.961087
17. PISANI, S., R. DORATI, B. CONTI, T. MODENA, G. BRUNI a I. GENTA. Design of copolymer PLA-PCL electrospun matrix for biomedical applications. *Reactive and Functional Polymers* [online]. 2018, **124**, 77–89. ISSN 1381-5148. Dostupné z: doi:10.1016/j.reactfunctpolym.2018.01.011
18. *PLCL, Poly(Lactide-co-caprolactone)s - CD Bioparticles* [online]. [vid. 2023-03-20]. Dostupné z: <https://www.cd-bioparticles.net/p/470/plcl>
19. FURTH, Mark E. a Anthony ATALA. Chapter 6 - Tissue Engineering: Future Perspectives. In: Robert LANZA, Robert LANGER a Joseph VACANTI, ed. *Principles of Tissue Engineering (Fourth Edition)* [online]. Boston: Academic Press, 2014 [vid. 2023-03-21], s. 83–123. ISBN 978-0-12-398358-9. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-12-398358-9.00006-9
20. KAI, Dan, Sing Shy LIOW a Xian Jun LOH. Biodegradable polymers for electrospinning: Towards biomedical applications. *Materials Science and Engineering: C* [online]. 2014, **45**, 659–670. ISSN 0928-4931. Dostupné z: doi:10.1016/j.msec.2014.04.051
21. MANAVITEHRANI, Iman, Ali FATHI, Hesham BADR, Sean DALY, Ali NEGAHI SHIRAZI a Fariba DEGHANI. Biomedical Applications of Biodegradable Polyesters. *Polymers* [online]. 2016, **8**(1), 20. Dostupné z: doi:10.3390/polym8010020
22. SAMIR, Aya, Fatma H. ASHOUR, A. A. Abdel HAKIM a Mohamed BASSYOUNI. Recent advances in biodegradable polymers for sustainable applications. *npj Materials*

- Degradation* [online]. 2022, **6**(1), 1–28. ISSN 2397-2106. Dostupné z: doi:10.1038/s41529-022-00277-7
23. Biocompatibility Definition and 15 Material Examples. *Casco Bay Molding* [online]. [vid. 2023-05-20]. Dostupné z: <https://www.cascobaymolding.com/biocompatibility>
 24. BAYRAK, Ece. *Nanofibers: Production, Characterization, and Tissue Engineering Applications* [online]. B.m.: IntechOpen, 2022 [vid. 2023-04-23]. ISBN 978-1-80355-085-5. Dostupné z: doi:10.5772/intechopen.102787
 25. XUE, Jiajia, Tong WU, Yunqian DAI a Younan XIA. Electrospinning and Electrospun Nanofibers: Methods, Materials, and Applications. *Chemical Reviews* [online]. 2019, **119**(8), 5298–5415. ISSN 0009-2665. Dostupné z: doi:10.1021/acs.chemrev.8b00593
 26. KHAN, Maaz, Samson Jerold Samuel CHELLADURAI, Maaz KHAN a Samson Jerold Samuel CHELLADURAI. *Recent Developments in Nanofibers Research* [online]. 2023 [vid. 2023-03-20]. ISBN 978-1-80356-387-9. Dostupné z: doi:10.5772/intechopen.100676
 27. LIU, Hao, Christopher GOUGH, Qianqian DENG, Zhenggui GU, Fang WANG a Xiao HU. Recent Advances in Electrospun Sustainable Composites for Biomedical, Environmental, Energy, and Packaging Applications. *International Journal of Molecular Sciences* [online]. 2020, **21**, 4019. Dostupné z: doi:10.3390/ijms21114019
 28. LAVIELLE, Nicolas, Ana-Maria POPA, Matthijs DE GEUS, Anne HÉBRAUD, Guy SCHLATTER, Linda THÖNY-MEYER a René M. ROSSI. Controlled formation of poly(ϵ -caprolactone) ultrathin electrospun nanofibers in a hydrolytic degradation-assisted process. *European Polymer Journal* [online]. 2013, **49**(6), 1331–1336. ISSN 0014-3057. Dostupné z: doi:10.1016/j.eurpolymj.2013.02.038
 29. SIVAN, M., D. MADHESWARAN, S. HAUZEROVA, V. NOVOTNY, V. HEDVICAKOVA, V. JENCOVA, E. K. KOSTAKOVA, M. SCHINDLER a D. LUKAS. AC electrospinning: impact of high voltage and solvent on the electrospinnability and productivity of polycaprolactone electrospun nanofibrous scaffolds. *Materials Today Chemistry* [online]. 2022, **26**, 101025. ISSN 2468-5194. Dostupné z: doi:10.1016/j.mtchem.2022.101025
 30. GHOLIPOUR KANANI, A. a S. Hajir BAHRAMI. Effect of Changing Solvents on Poly(ϵ -Caprolactone) Nanofibrous Webs Morphology. *Journal of Nanomaterials* [online]. 2011, **2011**, e724153. ISSN 1687-4110. Dostupné z: doi:10.1155/2011/724153
 31. QIN, Xiaohong a Dequn WU. Effect of different solvents on poly(caprolactone) (PCL) electrospun nonwoven membranes. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry* [online]. 2012, **107**(3), 1007–1013. ISSN 1572-8943. Dostupné z: doi:10.1007/s10973-011-1640-4
 32. ERDMENGER, Tina, Carlos GUERRERO-SANCHEZ, J. VITZ, Hoogenboom RICHARD a Ulrich SCHUBERT. ChemInform Abstract: Recent Developments in the Utilization of Green Solvents in Polymer Chemistry. *Chemical Society reviews* [online]. 2010, **39**, 3317–33. Dostupné z: doi:10.1039/b909964f
 33. VAN DER SCHUEREN, Lien, Bert DE SCHOENMAKER, Özlem I. KALAOGLU a Karen DE CLERCK. An alternative solvent system for the steady state electrospinning of

- polycaprolactone. *European Polymer Journal* [online]. 2011, **47**(6), 1256–1263. ISSN 0014-3057. Dostupné z: doi:10.1016/j.eurpolymj.2011.02.025
34. ALBERTS, Bruce, Arnošt KOTYK, Bohumil BOUZEK a Pavel HOZÁK. *Základy buněčné biologie: úvod do molekulární biologie buňky*. 2. vyd. Ústí nad Labem: Espero Publishing, nedatováno. ISBN 80-902906-2-0.
35. *Elektronovým mikroskopem do nitra materiálů aneb jak vypadá jejich struktura | FZU* [online]. 8. září 2017 [vid. 2023-03-20]. Dostupné z: <https://www.fzu.cz/aktuality/elektronovym-mikroskopem-do-nitra-materialu-aneb-jak-vypada-jejich-struktura>
36. COSKUN, Ozlem. Separation techniques: Chromatography. *Northern Clinics of Istanbul* [online]. 2016, **3**(2), 156–160. ISSN 2536-4553. Dostupné z: doi:10.14744/nci.2016.32757
37. MOORE, J. C. Gel permeation chromatography. I. A new method for molecular weight distribution of high polymers. *Journal of Polymer Science Part A: General Papers* [online]. 1964, **2**(2), 835–843. ISSN 1542-6246. Dostupné z: doi:10.1002/pol.1964.100020220
38. MIKES, Petr, Jana HORAKOVA, Ales SAMAN, Lucie VEJSADOVA, Paul TOPHAM, Winita PUNYODOM, Manita DUMKLANG a Vera JENCOVA. Comparison and characterization of different polyester nano/micro fibres for use in tissue engineering applications. *Journal of Industrial Textiles* [online]. 2021, **50**(6), 870–890. ISSN 1528-0837. Dostupné z: doi:10.1177/1528083719848155

7 Seznam obrázků

Obrázek 1: Strukturální vzorec esterové skupiny, převzato z (3)	12
Obrázek 2: Strukturální vzorec PGA, převzato z (9)	13
Obrázek 3: Strukturální vzorec PLA, převzato z (9).....	14
Obrázek 4: Strukturální vzorec PCL, převzato z (9)	15
Obrázek 5: Strukturální vzorec PLGA, převzato z (15).....	16
Obrázek 6: Strukturální vzorec PLCL, převzato z (18).....	16
Obrázek 7: Klasifikace biodegradabilních polymerů, převzato a přeloženo z (22)	18
Obrázek 8: Diagram biokompatibility, převzato a přeloženo z (23).....	19
Obrázek 9: Schéma elektrostatického zvlákňování z jehly, převzato a přeloženo z (26)	21
Obrázek 10: Elektronová mikroskopie, převzato z (35)	26
Obrázek 11: Popis laboratorního zvlákňovacího zařízení: 1 – injekční pumpa, 2 – injekční stříkačka s jehlou, 3 – kolektor, 4 – zdroj vysokého napětí	34
Obrázek 12: Měření průměrů vláken pomocí programu ImageJ	37
Obrázek 13: Vybrané SEM snímky zvlákněné struktury vzorku č. 1, 0. den vlevo a 2. měsíc vpravo, měřítko je 50 mikrometrů.....	39
Obrázek 14: Vybrané SEM snímky zvlákněné struktury vzorku č. 2, 0. den vlevo a 7. den vpravo, měřítko je 50 mikrometrů.....	41
Obrázek 15: Vybrané SEM snímky zvlákněné struktury vzorku č. 3, 1. den vlevo a 14. den vpravo, měřítko je 50 mikrometrů.....	43
Obrázek 16: Vybrané SEM snímky zvlákněné struktury vzorku č. 4, 0. den vlevo a 2. měsíc vpravo, měřítko je 50 mikrometrů.....	45
Obrázek 17: Vybrané SEM snímky zvlákněné struktury vzorku č. 5, 1. den vlevo a 2. měsíc vpravo, měřítko je 50 mikrometrů.....	47
Obrázek 18: Vybrané SEM snímky zvlákněné struktury vzorku č. 6, 1. den vlevo a 2. měsíc vpravo, měřítko je 50 mikrometrů.....	49
Obrázek 19: Vybrané SEM snímky zvlákněné struktury vzorku č. 7, 0. den vlevo a 2. měsíc vpravo, měřítko je 50 mikrometrů.....	51
Obrázek 20: Vybrané SEM snímky zvlákněné struktury vzorku č. 8, 0. den vlevo a 2. měsíc vpravo, měřítko je 50 mikrometrů.....	53
Obrázek 21: Vybrané SEM snímky zvlákněné struktury vzorku č. 9, 1. den vlevo a 2. měsíc vpravo, měřítko je 50 mikrometrů.....	55

Obrázek 22: Vybrané SEM snímky zvlákněné struktury vzorku č. 10, 0. den vlevo a 2. měsíc vpravo, měřítko je 50 mikrometrů.....	57
Obrázek 23: Vliv rozpouštědel na PLCL roztoky v 1. den, měřítko je 50 mikrometrů.....	59
Obrázek 24: Vliv rozpouštědel na PLCL roztoky v 14. den, měřítko je 50 mikrometrů.....	60
Obrázek 25: Vliv rozpouštědel na PCL 45 roztoky v 1. den, měřítko je 50 mikrometrů	61
Obrázek 26: Vliv rozpouštědel na PCL 45 roztoky v 7. den, měřítko je 50 mikrometrů	61
Obrázek 27: Vliv teploty skladování na roztoky č. 2 a 3 v 1. den, měřítko je 50 mikrometrů	62
Obrázek 28: Vliv teploty skladování na roztoky č. 2 a 3 v 14. den, měřítko je 50 mikrometrů	62
Obrázek 29: Vliv teploty skladování na roztoky č. 4, 5 a 6 v 1. měsíc, měřítko je 50 mikrometrů	63
Obrázek 30: Vliv tepoty skladování na roztoky č. 8 a 9 v 1. měsíc, měřítko je 50 mikrometrů	64

8 Seznam tabulek

Tabulka 1: Použitá rozpouštědla pro tvorbu polymerních roztoků či pro přípravu vzorků pro GPC	29
Tabulka 2: Použité polymery	29
Tabulka 3: Vzorky polymerních roztoků, použitá rozpouštědla, hmotnostní poměry a skladování.....	32
Tabulka 4: Průměrné hodnoty průměrů vláken.....	38

9 Seznam grafů

Graf 1: Projevy skladování na průměr vláken vzorku č. 1.....	40
Graf 2: GPC graf vzorku č. 1 – PLCL 10hm% Chloroform/etanol 8 : 2 Laboratorní	40
Graf 3: Projevy skladování na průměr vláken vzorku č. 2.....	42
Graf 4: GPC graf vzorku č. 2 – PLCL 10hm% Chloroform/etanol/kyselina octová 8 : 1 : 1 Laboratorní	42
Graf 5: Projevy skladování na průměr vláken vzorku č. 3.....	44
Graf 6: GPC graf vzorku č. 3 – PLCL 10hm% Chloroform/etanol/kyselina octová 8 : 1 : 1 Lednice	44
Graf 7: Projevy skladování na průměr vláken vzorku č. 4.....	46

Graf 8: GPC graf vzorku č. 4 – PLCL 10hm% Kyselina octová/kyselina mravenčí/aceton 1 : 1 : 1 Laboratorní	46
Graf 9: Projevy skladování na průměr vláken vzorku č. 5	48
Graf 10: GPC graf vzorku č. 5 – PLCL 10hm% Kyselina octová/kyselina mravenčí/aceton 1 : 1 : 1 Lednice	48
Graf 11: Projev skladování na průměr vláken vzorku č. 6	50
Graf 12: GPC graf vzorku č. 6 – PLCL 10hm% Kyselina octová/kyselina mravenčí/aceton 1 : 1 : 1 Mrazák	50
Graf 13: Projevy skladování na průměr vláken vzorku č. 7	52
Graf 14: GPC graf vzorku č. 7 – PCL 45 16hm% Chloroform/etanol 8 : 2 Laboratorní	52
Graf 15: Projevy skladování na průměr vláken vzorku č. 8	54
Graf 16: GPC graf vzorku č. 8 – PCL 45 16hm% Chloroform/etanol/kyselina octová 8 : 1 : 1 Laboratorní	54
Graf 17: Projevy skladování na průměr vláken vzorku č. 9	56
Graf 18: GPC graf vzorku č. 9 – PCL 45 16hm% Chloroform/etanol/kyselina octová 8 : 1 : 1 Lednice	56
Graf 19: Projevy skladování na průměr vláken vzorku č. 10	58
Graf 20: GPC graf vzorku č. 10 – PCL 80 10hm% Chloroform/etanol 8 : 2 Laboratorní	58

10 Seznam příloh

Přílohy 1: Detailní popis průběhu zvlákňování pro jednotlivé vzorky

Příloha 2: Vybrané SEM snímky jednotlivých vzorků pro každý den zvlákňování.

Příloha 3: Tabulky naměřených hodnot průměrů vláken v μm .

Přílohy 1: Detailní popis průběhu zvlákňování pro jednotlivé vzorky

0. Den (21.7.2020)

Číslo	Polymer	c	Rozpouštědla	Hmotnostní poměr	Skladování (teplota)	V[N] (I[A])	T[°C] (Vlh. [%RH])	Slovní popis elektrostatického zvlákňování
1.	PLCL	10hm%	Chloroform/etanol	8:2	Laboratorní	20kV 1μA	22,7°C 51,5 %	Zvlákňuje dobře, 20kv jehla, Kolektor uzemněn, 17cm vzdálenost jehla kolektor, 10ml/h dodávání polymeru, jehla Ø 1,2 mm x 40 mm.
2.	PLCL	10hm%	Chloroform/etanol/kyselina octová	8:1:1	Laboratorní	20kV 1μA	22,7°C 51,5 %	Zvlákňuje špatně, shluky vláken zůstávají od jehly až ke kolektoru, mokrá vlákna, nastavení jako 1.
3.	PLCL	10hm%	Chloroform/etanol/kyselina octová	8:1:1	Lednice (5°C)			
4.	PLCL	10hm%	Kyselina octová/kyselina mravenčí/acetón	1:1:1	Laboratorní	20kV 1μA	23,7°C 49,3 %	Zvlákňuje dobře, krátká stabilní zóna, nastavení jako 1. změna 5ml/h
5.	PLCL	10hm%	Kyselina octová/kyselina mravenčí/acetón	1:1:1	Lednice (5°C)			
6.	PLCL	10hm%	Kyselina octová/kyselina mravenčí/acetón	1:1:1	Mrazák (-18°C)			
7.	PCL 45	16hm%	Chloroform/etanol	8:2	Laboratorní	20kV 1μA	23,8°C 46,7 %	Zvlákňuje výborně, viditelné větvení bičující zóny, nastavení jako 1.
8.	PCL 45	16hm%	Chloroform/etanol/kyselina octová	8:1:1	Laboratorní	20kV 1μA	23,7°C 46,4 %	Zvlákňuje velmi dobře, nastavení jako 1.
9.	PCL 45	16hm%	Chloroform/etanol/kyselina octová	8:1:1	Lednice (5°C)			
10.	PCL 80	10hm%	Chloroform/etanol	8:2	Laboratorní	20kV 1μA	23,6°C 45,6 %	Zvlákňuje dobře, nastavení jako 1.

1. Den (22.7.2020)

Číslo	Polymer	c	Rozpouštědla	Hmotnostní poměr	Skladování (teplota)	V[N] (I[A])	T[°C] (Vlh. [% RH])	Slovní popis elektrostatického zvlákňování
1.	PLCL	10hm%	Chloroform/etanol	8:2	Laboratorní	20kV 1μA	22,9°C 40,9 %	Zvlákňuje dobře, 20kv jehla, Kolektor uzemněn, 17cm vzdálenost jehla kolektor, 10ml/h dodávání polymeru, jehla Ø 1,2 mm x 40 mm.
2.	PLCL	10hm%	Chloroform/etanol/kyselina octová	8:1:1	Laboratorní	22kV 1μA	23,4°C 36,7 %	Zvlákňuje špatně, mokrá vlákna, špatné odpařování rozpouštědla, dlouhá stabilní zóna. Nastavení jako 1. vzdálenost kolektoru 20 cm.
3.	PLCL	10hm%	Chloroform/etanol/kyselina octová	8:1:1	Lednice (5°C)	22kV 1μA	23,5°C 36,7 %	Stejně jako u 2.
4.	PLCL	10hm%	Kyselina octová/kyselina mravenčí/acetón	1:1:1	Laboratorní	20kV 1μA	23,3°C 37,4 %	Zvlákňuje výborně, krátká stabilní zóna, nastavení jako 1.
5.	PLCL	10hm%	Kyselina octová/kyselina mravenčí/acetón	1:1:1	Lednice (5°C)	20kV 1μA	23,3°C 36,8 %	Stejně jako u 4.
6.	PLCL	10hm%	Kyselina octová/kyselina mravenčí/acetón	1:1:1	Mrazák (-18°C)	20kV 1μA	23,4°C 36,6 %	Stejně jako u 4.
7.	PCL 45	16hm%	Chloroform/etanol	8:2	Laboratorní	20kV 1μA	23,1°C 37,8 %	Zvlákňuje velmi dobře, nastavení jako 1.
8.	PCL 45	16hm%	Chloroform/etanol/kyselina octová	8:1:1	Laboratorní	20kV 1μA	23,4°C 36,9 %	Zvlákňuje dobře, z 1 kapky tvoření více trysek, nastavení jako 1.
9.	PCL 45	16hm%	Chloroform/etanol/kyselina octová	8:1:1	Lednice (5°C)	20kV 1μA	23,4°C 36,6 %	Zvlákňuje dobře, z 1 kapky tvoření více trysek, nastavení jako 1.
10.	PCL 80	10hm%	Chloroform/etanol	8:2	Laboratorní	20kV 1μA	23,3°C 36,9 %	Zvlákňuje dobře, nastavení jako 1.

2. Den (23.07.2020)

Číslo	Polymer	c	Rozpouštědla	Hmotnostní poměr	Skladování (teplota)	V[N] (I[A])	T[°C] (Vlh. [% RH])	Slovní popis elektrostatického zvlákňování
1.	PLCL	10hm%	Chloroform/etanol	8:2	Laboratorní	20kV 1μA	22,8°C 43 %	Zvlákňuje dobře, 20kv jehla, Kolektor uzemněn, 17cm vzdálenost jehla kolektor, 10ml/h dodávání polymeru, jehla Ø 1,2 mm x 40 mm.
2.	PLCL	10hm%	Chloroform/etanol/kyselina octová	8:1:1	Laboratorní	23kV 1μA	23,4°C 38,8 %	Zvlákňuje špatně, zanechává mokrá místa na podkladu, nastavení jako 1. ale vzdálenost kolektoru 20 cm.
3.	PLCL	10hm%	Chloroform/etanol/kyselina octová	8:1:1	Lednice (5°C)	23kV 1μA	23,3°C 39,7 %	Stejně jako u 2.
4.	PLCL	10hm%	Kyselina octová/kyselina mravenčí/acetón	1:1:1	Laboratorní	20kV 1μA	23,3°C 39,5 %	Zvlákňuje výborně, nastavení jako 1.
5.	PLCL	10hm%	Kyselina octová/kyselina mravenčí/acetón	1:1:1	Lednice (5°C)	20kV 1μA	23,3°C 38,4 %	Stejně jako u 4.
6.	PLCL	10hm%	Kyselina octová/kyselina mravenčí/acetón	1:1:1	Mrazák (-18°C)	20kV 1μA	23,4°C 38,0 %	Stejně jako u 4.
7.	PCL 45	16hm%	Chloroform/etanol	8:2	Laboratorní	20kV 1μA	22,9°C 40,8 %	Zvlákňuje výborně, viditelné větvení, nastavení jako 1.
8.	PCL 45	16hm%	Chloroform/etanol/kyselina octová	8:1:1	Laboratorní	20kV 1μA	23,1°C 38,8 %	Zvlákňuje velmi dobře, nastavení jako 1.
9.	PCL 45	16hm%	Chloroform/etanol/kyselina octová	8:1:1	Lednice (5°C)	20kV 1μA	23,3°C 39,4 %	Zvlákňuje dobře, nastavení jako 1.
10.	PCL 80	10hm%	Chloroform/etanol	8:2	Laboratorní	20kV 1μA	23,1°C 39,3 %	Zvlákňuje dobře, na 1 kapce více trysek, nastavení jako 1.

7. Den (28.07.2020)

Číslo	Polymer	c	Rozpouštědla	Hmotnostní poměr	Skladování (teplota)	V[N] (I[A])	T[°C] (Vlh. [% RH])	Slovní popis elektrostatického zvlákňování
1.	PLCL	10hm%	Chloroform/etanol	8:2	Laboratorní	20kV 1μA	23,6°C 55,4 %	Zvlákňuje dobře, 20kv jehla, Kolektor uzemněn, 17cm vzdálenost jehla kolektor, 10ml/h dodávání polymeru, jehla Ø 1,2 mm x 40 mm.
2.	PLCL	10hm%	Chloroform/etanol/kyselina octová	8:1:1	Laboratorní	22kV 1μA		Zvlákňuje špatně, dlouhá stabilní zóna, mokrá místa na podkladu, nastavení jako 1.
3.	PLCL	10hm%	Chloroform/etanol/kyselina octová	8:1:1	Lednice (5°C)	22kV 1μA		Stejně jako u 2.
4.	PLCL	10hm%	Kyselina octová/kyselina mravenčí/acetón	1:1:1	Laboratorní	20kV 1μA		Zvlákňuje dobře, nastavení jako 1.
5.	PLCL	10hm%	Kyselina octová/kyselina mravenčí/acetón	1:1:1	Lednice (5°C)	20kV 1μA		Zvlákňuje dobře, užší kužel zvlákňování oproti 4., nastavení jako 1.
6.	PLCL	10hm%	Kyselina octová/kyselina mravenčí/acetón	1:1:1	Mrazák (-18°C)	20kV 1μA		Zvlákňuje dobře, podobné jako u 5., nastavení jako 1.
7.	PCL 45	16hm%	Chloroform/etanol	8:2	Laboratorní	20kV 1μA		Zvlákňuje výborně, viditelné větvení, nastavení jako 1.
8.	PCL 45	16hm%	Chloroform/etanol/kyselina octová	8:1:1	Laboratorní	20kV 1μA		Zvlákňuje velmi dobře, 1 kapka vytváří 3 zvlák. trysky, odlétávají větší vlákna, nastavení jako 1.
9.	PCL 45	16hm%	Chloroform/etanol/kyselina octová	8:1:1	Lednice (5°C)	20kV 1μA		Zvlákňuje dobře, dlouhá stabilní zóna, 1 kapka více trysek, nastavení jako 1.
10.	PCL 80	10hm%	Chloroform/etanol	8:2	Laboratorní	20kV 1μA		Zvlákňuje dobře, na 1 kapce více trysek, nastavení jako 1.

14. Den (4.8.2020)

Číslo	Polymer	c	Rozpouštědla	Hmotnostní poměr	Skladování (teplota)	V[N] (I[A])	T[°C] (Vlh. [% RH])	Slovní popis elektrostatického zvlákňování
1.	PLCL	10hm%	Chloroform/etanol	8:2	Laboratorní	20kV 1μA	23,1°C 46,9 %	Zvlákňuje dobře, 20kv jehla, Kolektor uzemněn, 17cm vzdálenost jehla kolektor, 10ml/h dodávání polymeru, jehla Ø 1,2 mm x 40 mm.
2.	PLCL	10hm%	Chloroform/etanol/kyselina octová	8:1:1	Laboratorní	20kV 1μA	22,9°C 46,7 %	Nezvlákňuje
3.	PLCL	10hm%	Chloroform/etanol/kyselina octová	8:1:1	Lednice (5°C)	20kV 1μA	23,1°C 47,5 %	Zvlákňuje špatně, nastavení jako 1.
4.	PLCL	10hm%	Kyselina octová/kyselina mravenčí/acetón	1:1:1	Laboratorní	20kV 1μA	22,8°C 47,0 %	Zvlákňuje dobře, nastavení jako 1.
5.	PLCL	10hm%	Kyselina octová/kyselina mravenčí/acetón	1:1:1	Lednice (5°C)	20kV 1μA	22,8°C 47,0 %	Zvlákňuje výborně, zanechává vlhká místa, nastavení jako 1.
6.	PLCL	10hm%	Kyselina octová/kyselina mravenčí/acetón	1:1:1	Mrazák (-18°C)	20kV 1μA	22,9°C 47,6 %	Zvlákňuje výborně, zanechává vlhká místa, nastavení jako 1.
7.	PCL 45	16hm%	Chloroform/etanol	8:2	Laboratorní	20kV 1μA	23,1°C 45,9 %	Zvlákňuje výborně, nastavení jako 1.
8.	PCL 45	16hm%	Chloroform/etanol/kyselina octová	8:1:1	Laboratorní	20kV 1μA	22,5°C 46,6 %	Velmi krátká stabilní část, zvlákňuje špatně, nastavení jako 1.
9.	PCL 45	16hm%	Chloroform/etanol/kyselina octová	8:1:1	Lednice (5°C)	20kV 1μA	22,9°C 47,1 %	Zvlákňuje dobře, nastavení jako 1.
10.	PCL 80	10hm%	Chloroform/etanol	8:2	Laboratorní	20kV 1μA	23,3°C 46,1 %	Zvlákňuje dobře, na 1 kapce více trysek, nastavení jako 1.

21. Den (11.08.2020)

Číslo	Polymer	c	Rozpouštědla	Hmotnostní poměr	Skladování (teplota)	V[N] (I[A])	T[°C] (Vlh. [%RH])	Slovní popis elektrostatického zvlákňování
1.	PLCL	10hm%	Chloroform/etanol	8:2	Laboratorní	20kV 1μA	24,2°C 66,1 %	Zvlákňuje dobře, 20kv jehla, Kolektor uzemněn, 17cm vzdálenost jehla kolektor, 10ml/h dodávání polymeru, jehla Ø 1,2 mm x 40 mm.
2.	PLCL	10hm%	Chloroform/etanol/kyselina octová	8:1:1	Laboratorní			
3.	PLCL	10hm%	Chloroform/etanol/kyselina octová	8:1:1	Lednice (5°C)			
4.	PLCL	10hm%	Kyselina octová/kyselina mravenčí/acetón	1:1:1	Laboratorní	20kV 1μA	24,1°C 67,7 %	Zvlákňuje dobře, nastavení jako 1.
5.	PLCL	10hm%	Kyselina octová/kyselina mravenčí/acetón	1:1:1	Lednice (5°C)	20kV 1μA	24,5°C 66,1 %	Zvlákňuje dobře, zanechává vlhká místa, nastavení jako 1.
6.	PLCL	10hm%	Kyselina octová/kyselina mravenčí/acetón	1:1:1	Mrazák (-18°C)	20kV 1μA	23,8°C 65,8 %	Zvlákňuje dobře, zanechává vlhká místa, úzký kužel zvlákňování, nastavení jako 1.
7.	PCL 45	16hm%	Chloroform/etanol	8:2	Laboratorní	20kV 1μA	24,5°C 62,6 %	Zvlákňuje výborně, nastavení jako 1., jehla Ø 0,8 mm x 40 mm
8.	PCL 45	16hm%	Chloroform/etanol/kyselina octová	8:1:1	Laboratorní	20kV 1μA	24,1°C 64,6 %	Zvlákňuje dobře, jedna kapka více trysek, nastavení jako 1.
9.	PCL 45	16hm%	Chloroform/etanol/kyselina octová	8:1:1	Lednice (5°C)	20kV 1μA	24,3°C 62,7 %	Zvlákňuje dobře, nastavení jako 1.
10.	PCL 80	10hm%	Chloroform/etanol	8:2	Laboratorní	20kV 1μA	24,6°C 63,3 %	Zvlákňuje dobře, nastavení jako 1., jehla Ø 0,8 mm x 40 mm

1. Měsíc (18.08.2020)

Číslo	Polymer	c	Rozpouštědla	Hmotnostní poměr	Skladování (teplota)	V[N] (I[A])	T[°C] (Vlh. [% RH])	Slovní popis elektrostatického zvlákňování
1.	PLCL	10hm%	Chloroform/etanol	8:2	Laboratorní	20kV 1μA	24,1°C 60,7 %	Zvlákňuje dobře, 20kv jehla, Kolektor uzemněn, 17cm vzdálenost jehla kolektor, 10ml/h dodávání polymeru, jehla Ø 0,8 mm x 40 mm.
2.	PLCL	10hm%	Chloroform/etanol/kyselina octová	8:1:1	Laboratorní			
3.	PLCL	10hm%	Chloroform/etanol/kyselina octová	8:1:1	Lednice (5°C)			
4.	PLCL	10hm%	Kyselina octová/kyselina mravenčí/acetón	1:1:1	Laboratorní	20kV 1μA	24,4°C 60,4 %	Zvlákňuje dobře, nastavení jako 1.
5.	PLCL	10hm%	Kyselina octová/kyselina mravenčí/acetón	1:1:1	Lednice (5°C)	20kV 1μA	24,3°C 59,3 %	Zvlákňuje výborně, zanechává vlhká místa, nastavení jako 1.
6.	PLCL	10hm%	Kyselina octová/kyselina mravenčí/acetón	1:1:1	Mrazák (-18°C)	20kV 1μA	24,2°C 60,3 %	Zvlákňuje dobře, zanechává vlhká místa, úzký kužel zvlákňování, nastavení jako 1.
7.	PCL 45	16hm%	Chloroform/etanol	8:2	Laboratorní	20kV 1μA	24,3°C 60,7 %	Zvlákňuje výborně, nastavení jako 1.
8.	PCL 45	16hm%	Chloroform/etanol/kyselina octová	8:1:1	Laboratorní	20kV 1μA	24,3°C 60,5 %	Zvlákňuje špatně, nastavení jako 1.
9.	PCL 45	16hm%	Chloroform/etanol/kyselina octová	8:1:1	Lednice (5°C)	20kV 1μA	24,4°C 59,8 %	Zvlákňuje dobře, nastavení jako 1.
10.	PCL 80	10hm%	Chloroform/etanol	8:2	Laboratorní	20kV 1μA	24,3°C 60,0 %	Zvlákňuje dobře, nastavení jako 1.

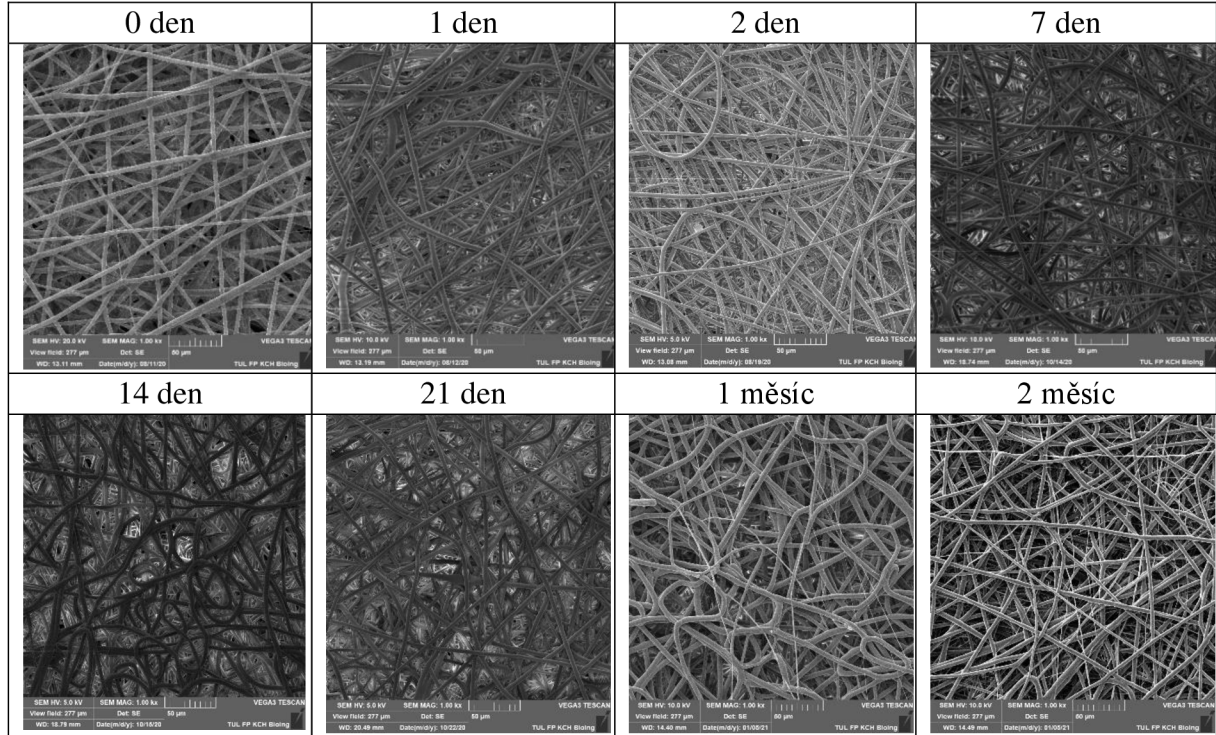
2. Měsíc (15.09.2020)

Číslo	Polymer	c	Rozpouštědla	Hmotnostní poměr	Skladování (teplota)	V[N] (I[A])	T[°C] (Vlh. [% RH])	Slovní popis elektrostatického zvlákňování
1.	PLCL	10hm%	Chloroform/etanol	8:2	Laboratorní	20kV 1μA	22,7°C 57,3 %	Zvlákňuje dobře, 20kv jehla, Kolektor uzemněn, 17cm vzdálenost jehla kolektor, 10ml/h dodávání polymeru, jehla Ø 1,2 mm x 40 mm.
2.	PLCL	10hm%	Chloroform/etanol/kyselina octová	8:1:1	Laboratorní			
3.	PLCL	10hm%	Chloroform/etanol/kyselina octová	8:1:1	Lednice (5°C)			
4.	PLCL	10hm%	Kyselina octová/kyselina mravenčí/acetón	1:1:1	Laboratorní	20kV 1μA	23,6°C 51,4 %	Nezvlákňuje, nastavení jako 1.
5.	PLCL	10hm%	Kyselina octová/kyselina mravenčí/acetón	1:1:1	Lednice (5°C)	20kV 1μA	23,7°C 51,4 %	Zvlákňuje dobře, zanechává vlhká místa, nastavení jako 1.
6.	PLCL	10hm%	Kyselina octová/kyselina mravenčí/acetón	1:1:1	Mrazák (-18°C)	20kV 1μA	23,7°C 53,3 %	Zvlákňuje dobře, zanechává vlhká místa, nastavení jako 1.
7.	PCL 45	16hm%	Chloroform/etanol	8:2	Laboratorní	20kV 1μA	23,0°C 55,3 %	Zvlákňuje výborně, nastavení jako 1.
8.	PCL 45	16hm%	Chloroform/etanol/kyselina octová	8:1:1	Laboratorní	20kV 1μA	23,3°C 51,9 %	Nezvlákňuje, nastavení jako 1.
9.	PCL 45	16hm%	Chloroform/etanol/kyselina octová	8:1:1	Lednice (5°C)	20kV 1μA	23,6°C 51,5 %	Nezvlákňuje, nastavení jako 1.
10.	PCL 80	10hm%	Chloroform/etanol	8:2	Laboratorní	20kV 1μA	23,3°C 53,7 %	Zvlákňuje dobře, nastavení jako 1.

Příloha 2: Vybrané SEM snímky jednotlivých vzorků pro každý den zvláknění.

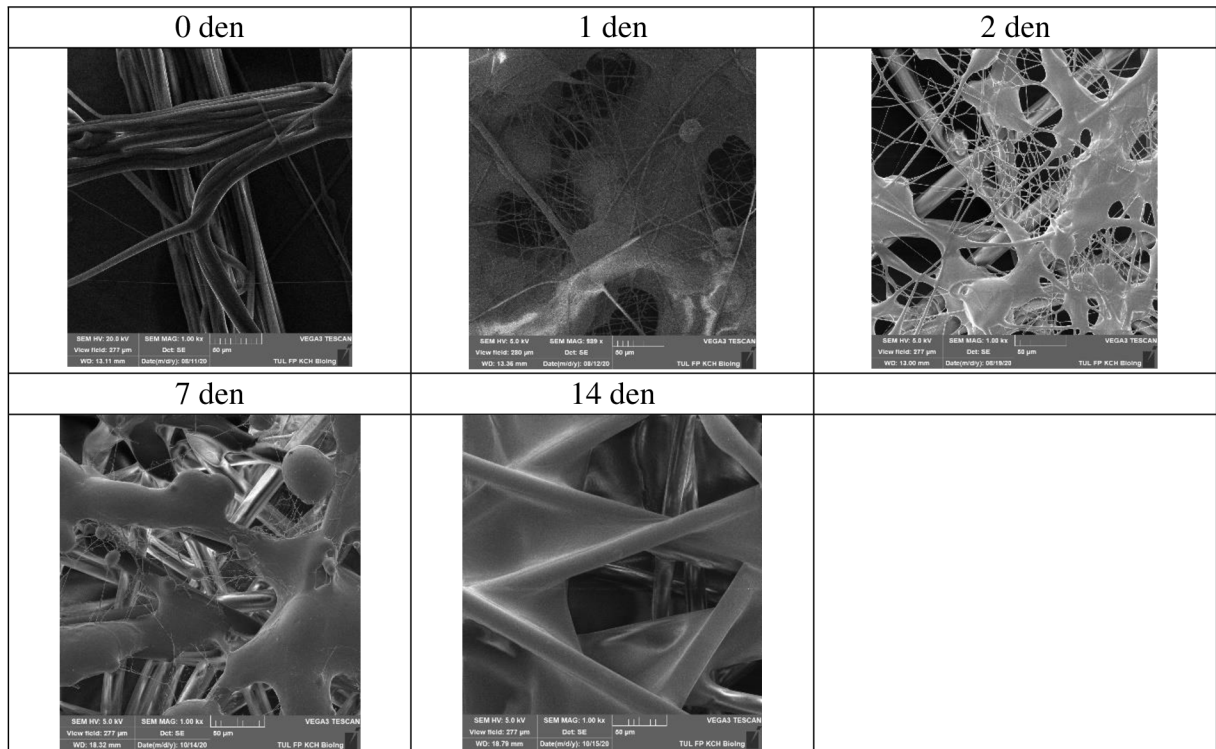
Vzorek 1

PLCL 10hm% Chloroform/etanol 8 : 2 Laboratorní



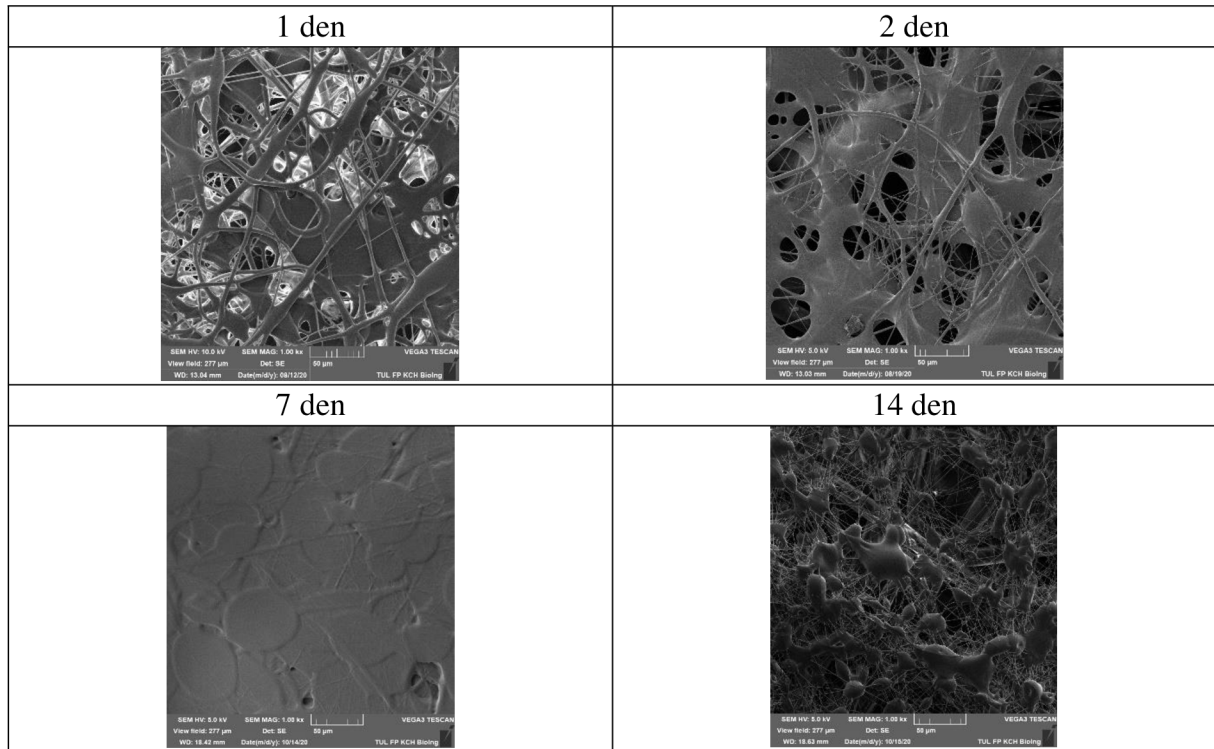
Vzorek 2

PLCL 10hm% Chloroform/etanol/kyselina octová 8 : 1 : 1 Laboratorní



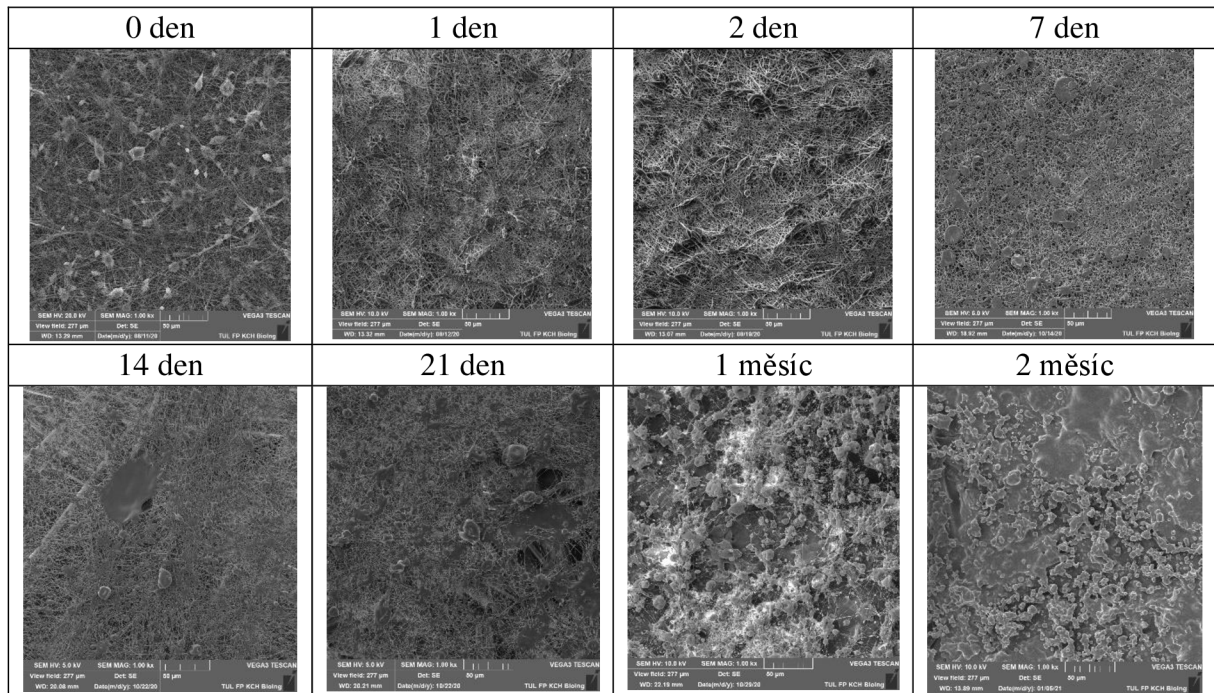
Vzorek 3

PLCL 10hm% Chloroform/etanol/kyselina octová 8 : 1 : 1 Lednice



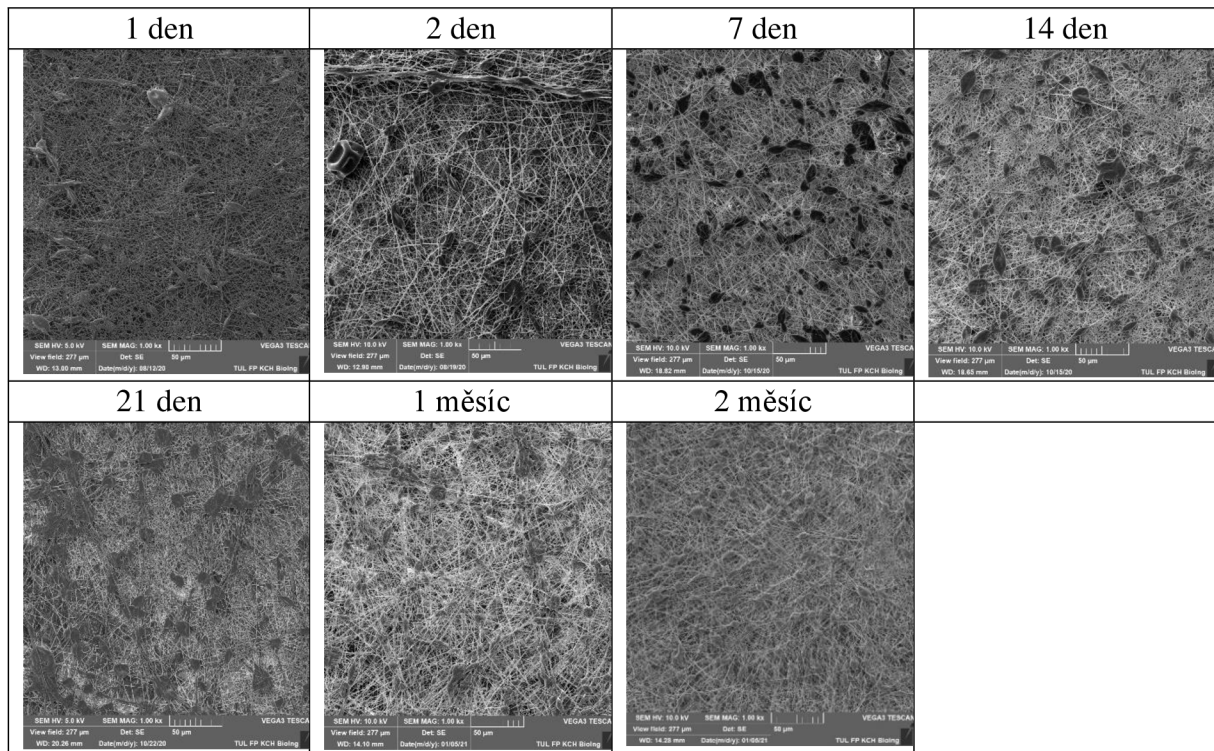
Vzorek 4

PLCL 10hm% Kyselina octová/kyselina mravenčí/aceton 1 : 1 : 1 Laboratorní



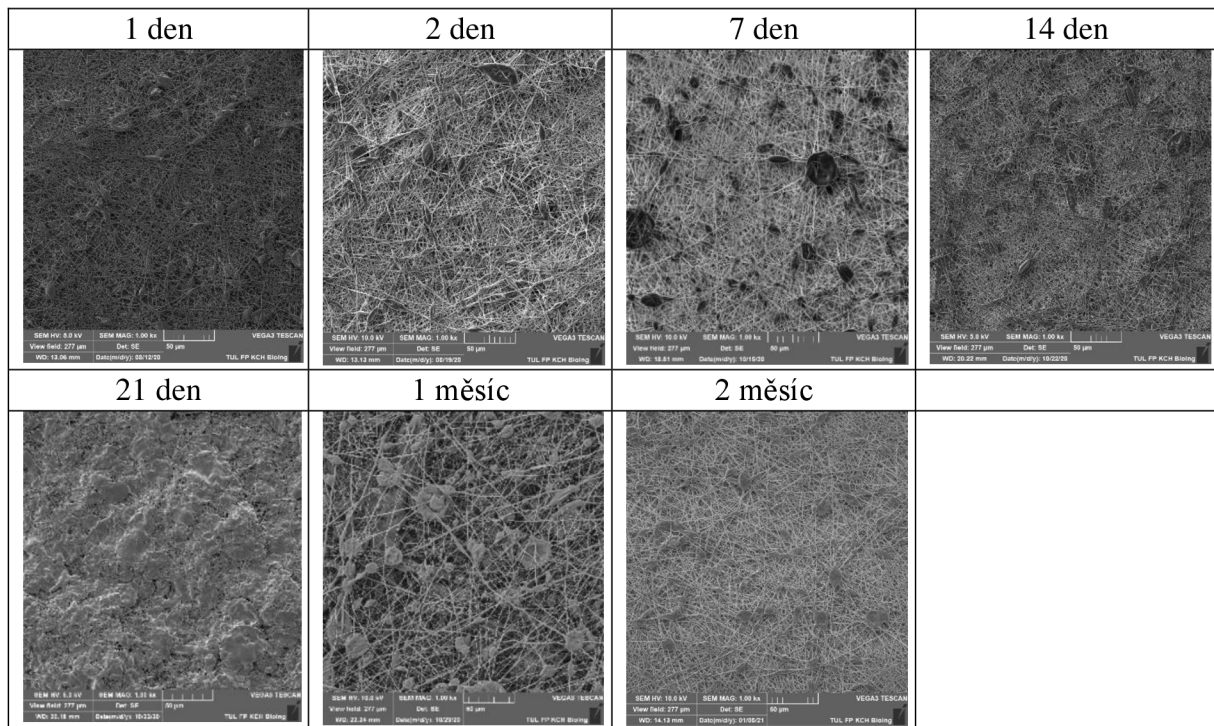
Vzorek 5

PLCL 10hm% Kyselina octová/kyselina mravenčí/aceton 1 : 1 : 1 Lednice



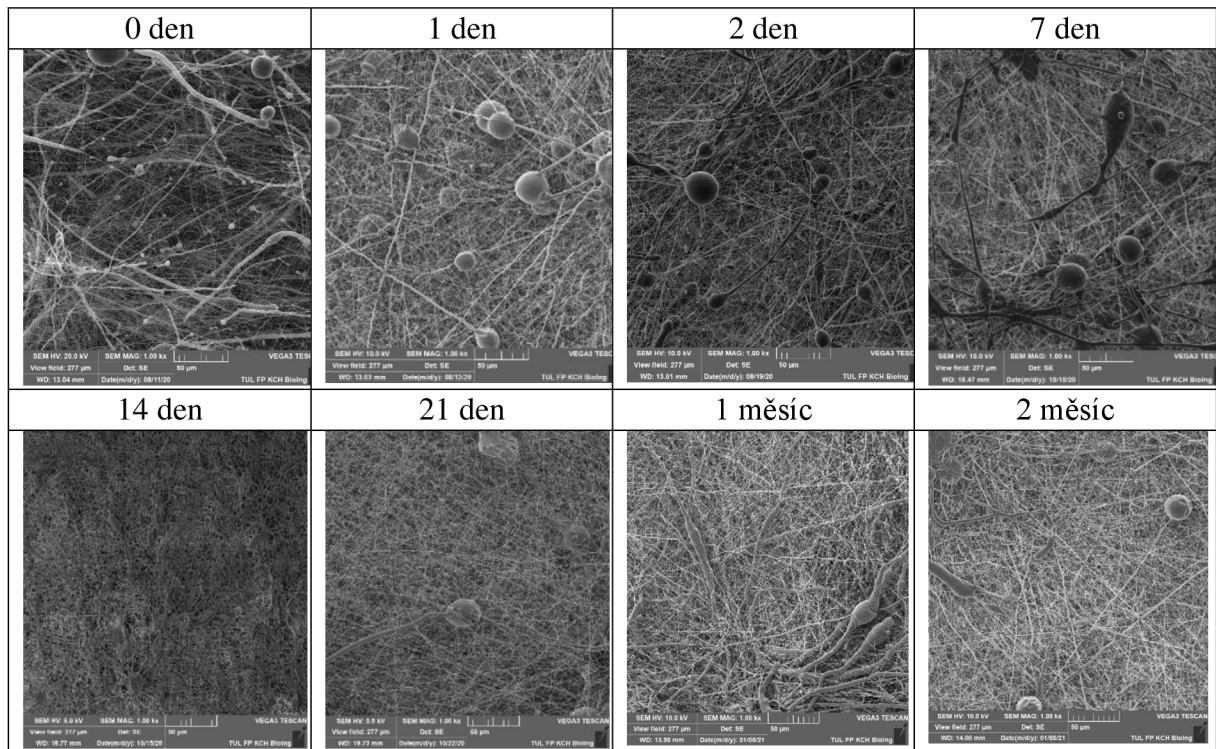
Vzorek 6

PLCL 10hm% Kyselina octová/kyselina mravenčí/aceton 1 : 1 : 1 Mrazák



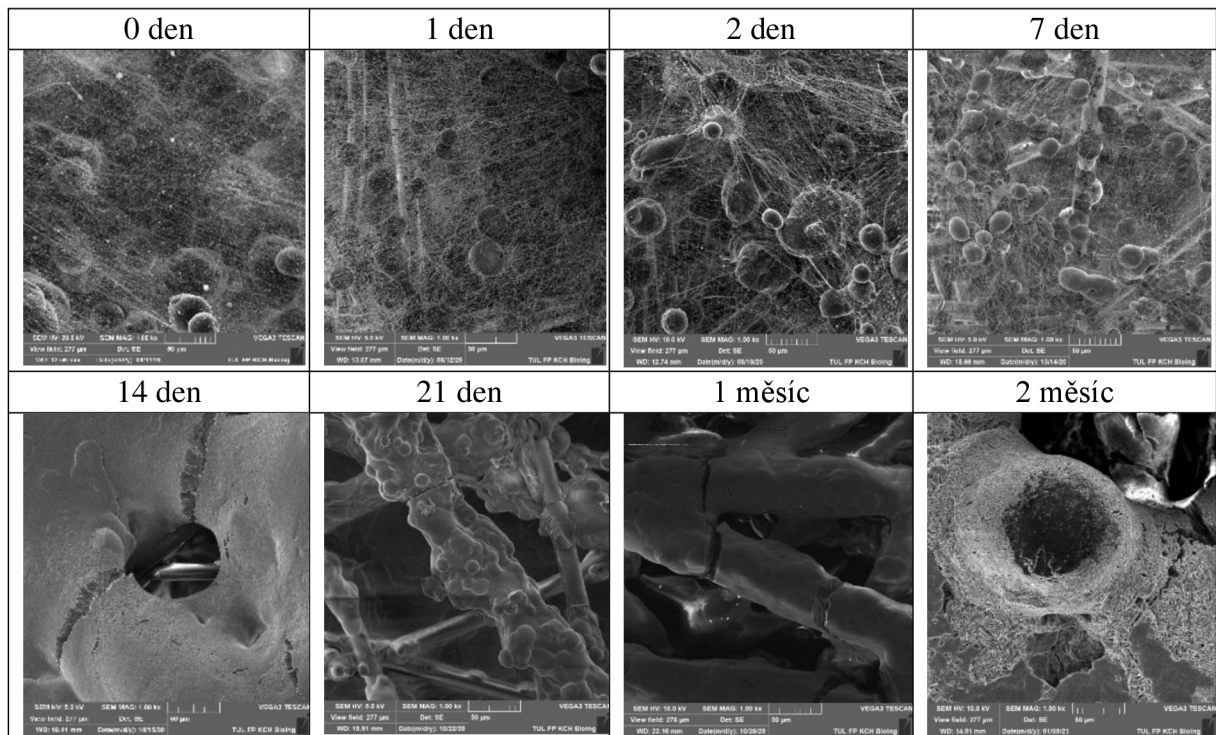
Vzorek 7

PCL 45 16hm% Chloroform/etanol 8 : 2 Laboratorní



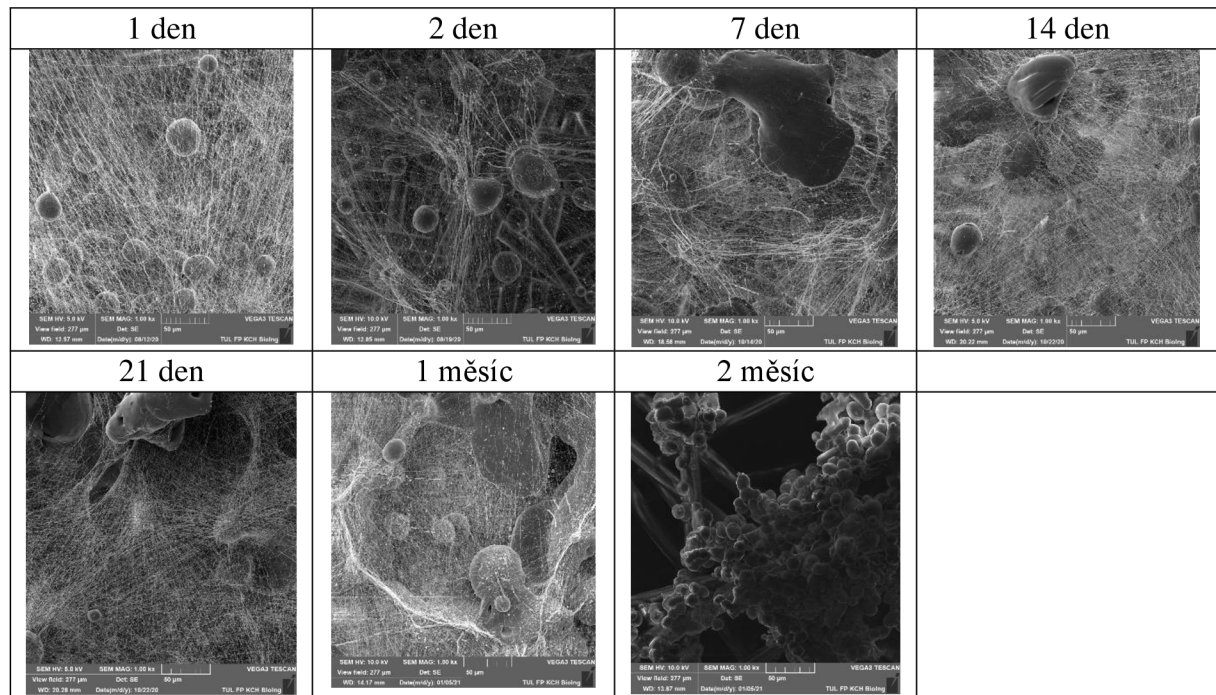
Vzorek 8

PCL 45 16hm% Chloroform/etanol/kyselina octová 8 : 1 : 1 Laboratorní



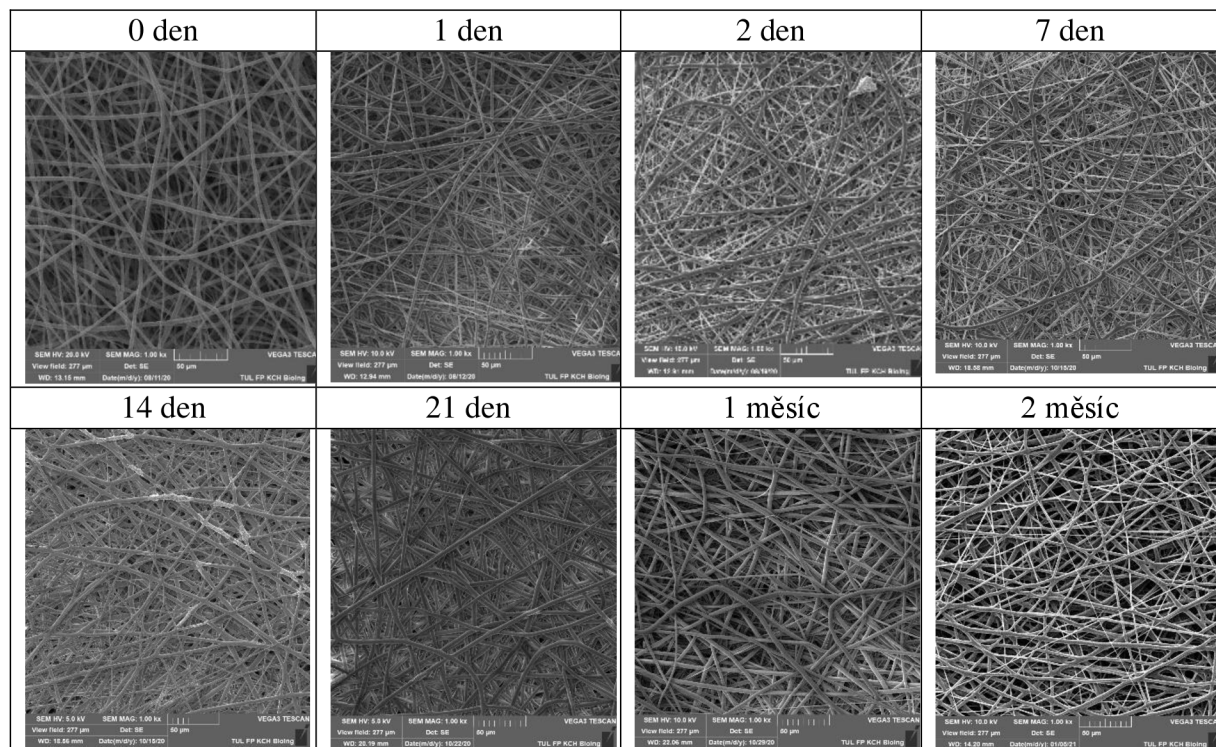
Vzorek 9

PCL 45 16hm% Chloroform/etanol/kyselina octová 8 : 1 : 1 Laboratorní



Vzorek 10

PCL 80 10hm% Chloroform/etanol 8 : 2 Laboratorní



Příloha 3: Tabulky naměřených hodnot průměrů vláken v μm *Vzorek č. 1 – PLCL 10hm% Chloroform/etanol 8 : 2 Laboratorní (0. den)*

4,714	0,703	4,003	0,525	0,678	4,649	3,715	4,1	4,252	0,436
2,715	4,577	3,622	4	0,544	4,72	2,968	1,209	4,533	4,411
4,251	4,222	5,154	4,624	4,486	4,486	0,97	5,849	4,812	4,77
3,834	3,198	3,388	3,704	1,559	0,642	1,261	4,149	4,109	0,42
0,649	3,564	4,685	4,631	2,003	0,459	4,693	1,371	4,825	0,493
0,612	4,115	4,368	5,563	5,27	0,658	4,573	0,926	2,581	3,946
4,32	0,481	4,089	3,914	0,493	3,772	0,604	5,752	3,9	2,67
0,486	5,922	3,782	3,557	0,516	4,847	4,7	0,832	2,917	5,545
5,298	3,544	0,468	6,037	0,642	4,348	1,158	4,135	3,82	3,907
4,153	3,514	3,871	0,516	4,297	3,767	4,258	4,078	0,446	4,397
Průměr:	3,207	Směrodatná odchylka:		1,7391	95% Interval spolehlivosti:			0,3409	

Vzorek č. 1 – PLCL 10hm% Chloroform/etanol 8 : 2 Laboratorní (1. den)

6,13	4,087	4,878	2,927	7,469	2,971	4,71	4,378	2,464	5,656
4,928	4,182	4,182	4,229	6,382	3,668	2,771	3,641	4,814	6,14
3,461	5,729	3,809	4,741	3,205	5,282	3,34	3,117	3,99	5,179
5,51	5,834	5,331	5,328	4,182	4,378	5,188	4,612	2,693	4,078
5,024	4,814	4,071	5,291	3,919	3,127	4,139	2,464	4,629	4,356
5,729	5,282	5,047	5,033	4,643	5,153	4,087	3,164	6,793	3,691
6,202	4,54	4,295	4,875	4,321	4,474	5,229	4,64	5,093	3,996
4,529	2,417	2,949	3,902	4,295	4,675	4,741	4,051	6,162	1,419
4,321	3,717	4,783	5,438	4,974	5,686	4,135	2,741	4,085	4,29
4,572	5,124	5,522	5,483	5,072	3,127	2,812	3,573	5,044	3,785
Průměr:	4,4514	Směrodatná odchylka:		1,0505	95% Interval spolehlivosti:			0,2059	

Vzorek č. 1 – PLCL 10hm% Chloroform/etanol 8 : 2 Laboratorní (2. den)

3,487	2,658	3,065	6,768	2,58	3,376	2,471	3,039	2,449	3,952
4,593	3,839	1,612	2,987	4,651	3,838	3,898	2,509	2,3	5,604
4,541	4,038	4,519	3,583	1,033	0,604	3,305	1,157	3,098	2,177
5,09	4,803	2,895	0,994	3,404	3,578	4,663	3,055	3,875	2,467
1,79	3,614	3,175	3,493	3,453	3,157	3,654	0,525	2,313	1,842
4,551	4,094	5,248	2,002	3,191	2,977	2,829	3,448	2,168	3,112
3,153	3,333	1,302	3,403	3,173	2,69	3,406	3,481	1,794	3,808
3,744	2,288	3,573	3,965	4,333	4,375	3,341	4,468	2,105	3,077
4,491	1,523	4,597	1,586	4,063	1,816	4,445	3,968	2,122	2,116
2,47	0,642	4,404	4,73	3,062	2,152	4,47	3,203	4,783	5,019
Průměr:	3,2367	Směrodatná odchylka:		1,1755	95% Interval spolehlivosti:			0,2304	

Vzorek č. 1 – PLCL 10hm% Chloroform/etanol 8 : 2 Laboratorní (7. den)

5,295	3,992	5,11	2,945	4,28	6,06	4,125	5,28	4,259	2,056
3,993	5,288	4,034	4,827	5,863	3,575	1,866	1,913	5,544	4,215
3,233	4,13	1,691	2,547	2,755	5,159	4,174	4,881	3,715	2,945
3,837	4,175	1,733	5,185	0,859	2,927	4,515	4,562	4,271	3,909
4,897	2,671	1,223	2,669	4,631	2,394	5,123	2,397	6,019	3,971
3,461	3,931	4,581	3,579	4,677	2,373	4,449	2,58	3,613	2,252
4,753	5,316	3,904	2,471	2,913	4,495	3,297	3,343	3,867	3,565
3,602	5,164	3,741	4,8	3,981	1,916	2,915	3,673	2,54	3,5
4,304	1,727	4,716	1,052	4,206	4,278	0,746	4,548	7,227	2,69
5,45	2,831	4,315	2,821	4,201	3,639	3,696	1,96	4,643	2,79
Průměr:	3,7281	Směrodatná odchylka:			1,2456	95% Interval spolehlivosti:			0,2442

Vzorek č. 1 – PLCL 10hm% Chloroform/etanol 8 : 2 Laboratorní (14. den)

4,146	4,285	3,473	4,555	0,946	3,899	1,631	4,37	4,931	4,839
4,629	4,668	4,665	4,435	4,706	3,58	4,805	1,578	3,662	4,992
4,352	4,7	3,257	3,378	4,36	4,739	1,897	5,64	4,426	4,613
4,661	3,943	2,857	3,433	3,086	3,715	4,775	5,289	4,262	4,939
4,299	4,693	4,625	4,115	4,84	2,906	2,909	3,143	5,371	4,253
4,184	4,321	3,121	5,662	2,676	4,564	3,462	4,621	0,39	0,597
4,616	4,215	5,135	4,435	3,929	2,684	4,048	2,956	4,721	0,581
2,989	4,697	4,895	0,904	5,348	4,697	0,489	4,569	4,658	2,93
3,979	2,963	3,442	4,872	4,176	3,686	3,373	2,79	3,901	4,013
3,248	3,155	3,046	4,734	3,192	4,686	5,594	4,152	0,34	4,992
Průměr:	3,837	Směrodatná odchylka:			1,2253	95% Interval spolehlivosti:			0,2402

Vzorek č. 1 – PLCL 10hm% Chloroform/etanol 8 : 2 Laboratorní (21. den)

4,594	4,661	3,615	2,272	2,791	3,872	4,64	2,091	3,786	4,878
4,236	3,562	3,718	3,875	1,522	2,532	5,326	3,019	4,784	3,27
3,599	4,975	4,782	4,348	4,018	4,712	3,94	2,382	4,713	4,593
3,11	3,016	4,482	2,797	1,483	4,27	3,904	4,606	3,396	4,05
1,763	4,035	3,707	2,59	2,389	2,597	2,528	2,416	4,675	3,807
2,264	3,843	2,833	3,716	3,213	4,441	4,138	3,561	3,084	3,669
4,323	3,41	3,003	4,484	3,789	3,379	1,471	4,133	0,424	4,115
3,147	2,756	3,57	4,089	3,283	2,995	4,009	5,313	3,254	4,706
4,509	3,996	4,251	3,086	4,435	2,216	4,055	3,987	3,384	2,567
4,741	4,336	4,543	3,115	1,902	4,237	4,42	5,148	0,308	3,265
Průměr:	3,5765	Směrodatná odchylka:			1,0124	95% Interval spolehlivosti:			0,1985

Vzorek č. 1 – PLCL 10hm% Chloroform/etanol 8 : 2 Laboratorní (1. měsíc)

4,957	5,262	1,274	2,649	4,621	5,225	4,541	2,353	1,524	3,24
0,49	5,192	5,748	5,176	0,854	4,542	3,976	2,708	1,369	3,479
3,674	4,039	4,956	4,16	4,972	4,959	6,099	3,452	3,764	2,741
3,875	4,984	0,349	4,061	4,549	3,61	4,457	2,15	5,401	1,32
0,68	3,031	0,412	3,569	6,479	2,614	5,234	2,371	4,983	5,19
5,02	4,845	5,171	2,153	3,473	4,72	0,512	4,047	4,301	1,959
4,674	4,827	5,033	0,462	4,62	5,318	2,063	5,288	4,882	4,152
2,667	4,425	2,727	4,899	5,174	4,614	4,923	4,008	5,381	5,298
3,682	4,611	2,654	1,659	6,054	3,903	2,599	2,664	5,398	3,967
3,192	5,261	3,443	0,813	2,849	4,758	4,092	4,462	2,67	3,077
Průměr:	3,7476	Směrodatná odchylka:			1,5017	95% Interval spolehlivosti:			0,2944

Vzorek č. 1 – PLCL 10hm% Chloroform/etanol 8 : 2 Laboratorní (2. měsíc)

3,814	0,699	3,403	3,752	3,94	2,737	2,8	2,973	0,222	0,57
3,871	4,099	1,157	5,705	0,421	3,073	3,824	2,842	0,536	0,549
4,251	3,54	3,455	3,799	0,836	0,651	0,643	2,43	0,376	0,087
0,419	4,065	4,149	4,291	2,865	4,306	2,376	4,218	0,141	0,415
0,889	2,446	3,073	2,7	0,435	2,593	1,947	4,442	0,584	0,329
0,652	3,031	4,201	2,903	2,363	2,862	6,927	0,07	0,065	0,502
2,082	3,631	4,054	3,594	1,451	0,254	4,426	0,508	0,12	0,441
0,482	3,812	4,373	4,12	3,391	0,194	3,825	0,415	0,851	0,67
0,776	3,054	2,93	4,072	4,011	0,267	4,296	0,141	0,322	0,439
3,393	3,452	0,458	0,687	3,026	4,043	3,765	0,055	0,656	0,614
Průměr:	2,2447	Směrodatná odchylka:			1,6726	95% Interval spolehlivosti:			0,3279

Vzorek č. 2 – PLCL 10hm% Chloroform/etanol/kyselina octová 8 : 1 : 1 Laboratorní (1. den)

1,022	0,496	1,495	0,703	1,289	1,605	1,013	0,211	1,616	0,531
0,614	0,338	1,541	0,342	2,381	0,978	0,923	0,46	2,251	2,02
0,29	0,583	1,065	0,671	1,14	0,389	0,421	1,293	1,59	0,553
0,964	0,74	0,544	0,483	0,355	0,445	2,454	0,97	0,408	1,379
0,923	0,539	0,568	0,465	0,367	2,046	2,387	0,309	1,593	1,247
1,069	0,561	0,684	1,355	0,94	0,298	1,007	0,404	0,486	0,547
0,539	1,364	0,423	0,872	0,612	1,521	0,327	0,256	0,536	1,952
0,981	0,838	1,147	0,446	0,703	0,996	0,309	0,267	1,141	3,384
0,464	0,955	0,823	1,053	2,195	1,164	0,356	0,391	0,809	2,619
1,133	0,676	0,898	0,728	0,557	0,633	1,863	0,553	0,4	0,804
Průměr	0,9405	Směrodatná odchylka			0,6221	95% Interval spolehlivosti			0,122

Vzorek č. 2 – PLCL 10hm% Chloroform/etanol/kyselina octová 8 : 1 : 1 Laboratorní (2. den)

0,764	1,405	2,226	1,52	0,758	0,86	2,014	1,717	0,887	2,979
0,625	2,812	1,549	0,711	1,075	0,539	1,542	0,631	0,748	0,867
0,422	1,233	3,164	0,663	2,876	1,569	1,136	0,402	0,676	0,728
0,646	2,111	1,586	2,019	2,406	0,543	1,968	0,993	1,582	1,919
1,19	0,793	1,315	2,589	2,157	1,441	0,974	0,953	0,833	0,865
0,291	0,734	1,2	2,24	2,565	1,085	1,016	0,293	0,701	2,085
1,177	0,407	1,376	1,024	0,624	0,505	0,944	1,082	0,974	1,221
0,844	0,315	1,111	0,505	0,702	0,76	1,601	1,135	0,735	1,032
0,575	0,693	1,124	0,715	1,304	0,92	2,273	1,062	4,368	0,992
0,69	1,304	1,38	0,283	1,646	0,979	0,915	1,017	0,709	3,581
Průměr	1,248	Směrodatná odchylka			0,7588	95% Interval spolehlivosti			0,1488

Vzorek č. 3 – PLCL 10hm% Chloroform/etanol/kyselina octová 8 : 1 : 1 Lednice (5 °C; 1. den)

4,173	3,237	4,195	3,617	3,306	2,536	2,566	0,722	5,257	0,739
4	1,613	5,219	4,199	1,075	1,133	7,993	1,434	0,485	4,83
1,254	1,403	3,447	2,969	2,467	2,702	2,217	3,535	0,62	4,531
0,646	0,763	1,965	2,104	3,849	5,766	1,045	3,571	3,849	1,839
1,045	0,904	1,792	5,022	2,167	2,297	1,93	4,257	6,299	1,202
1,292	2,267	2,688	5,302	1,938	2,491	0,652	3,677	4,658	9,177
5,126	1,165	2,413	3,718	3,237	3,655	0,74	1,794	4,25	4,215
10,743	3,458	1,478	5,281	5,418	5,772	1,413	0,883	5,047	4,484
3,996	1,148	0,782	2,393	3,656	1,478	2,688	0,672	4,523	4,295
4,088	4,309	3,304	3,195	2,55	6,915	2,797	0,672	0,401	1,491
Průměr	3,0358	Směrodatná odchylka			1,9385	95% Interval spolehlivosti			0,38

Vzorek č. 3 – PLCL 10hm% Chloroform/etanol/kyselina octová 8 : 1 : 1 Lednice (5 °C; 2. den)

8,541	0,535	0,597	1,28	6,528	1,51	2,915	0,732	0,61	1,162
4,541	3,727	1,277	1,299	1,62	0,951	1,766	0,456	0,516	1,156
1,568	1,222	1,059	3,569	0,841	4,013	1,277	1,233	0,771	1,19
1,209	0,823	0,459	2,819	0,758	1,224	1,24	0,532	0,438	0,994
1,405	2,703	0,89	3,728	1,096	1,612	0,836	0,653	1,025	1,49
1,361	1,649	2,522	0,459	0,718	3,098	0,42	4,767	3,181	1,04
0,711	0,725	1,345	0,455	0,844	1,46	0,242	0,932	2,845	1,194
0,487	1,172	1,405	0,459	3,786	0,684	0,649	0,751	0,79	1,697
0,716	0,823	2,27	1,086	0,315	0,842	1,446	2,927	0,532	0,76
0,984	1,299	1,486	0,839	0,57	4,111	0,462	3,496	1,529	1,342
Průměr	1,5408	Směrodatná odchylka			1,3525	95% Interval spolehlivosti			0,2651

Vzorek č. 3 – PLCL 10hm% Chloroform/etanol/kyselina octová 8 : 1 : 1 Lednice (5 °C; 14. den)

0,218	2,73	0,48	0,249	0,308	0,638	0,936	0,274	0,351	2,156
0,405	0,39	0,36	0,563	0,474	0,813	0,439	2,7	0,244	0,445
1,381	1,72	0,258	0,176	0,339	0,37	0,426	0,23	0,404	0,457
0,27	0,272	2,852	0,4	1,774	0,398	3,184	0,661	3,87	0,539
0,387	0,759	0,367	0,469	0,219	1,33	0,386	1,776	0,478	0,41
2,229	3,397	0,381	0,488	0,17	0,307	0,497	0,501	1,906	0,455
1,864	2,239	0,321	1,888	0,33	0,305	0,531	0,714	1,601	0,325
0,218	0,292	1,79	3,031	0,928	1,495	1,191	0,137	0,652	0,345
0,197	0,325	1,965	0,27	0,364	2,46	0,857	0,296	0,307	0,458
2,222	0,343	2,135	0,35	0,259	3,186	0,216	0,256	5,757	0,27
Průměr	0,9476	Směrodatná odchylka			1,0204	95% Interval spolehlivosti			0,2

Vzorek č. 4 – PLCL 10hm% Kyselina octová/kyselina mravenčí/aceton 1 : 1 : 1 Laboratorní (0. den)

0,703	0,689	0,37	0,278	0,872	0,535	1,121	0,416	0,526	0,716
0,508	0,527	0,577	0,642	0,335	0,453	0,476	0,364	0,5	0,689
0,871	0,505	0,644	0,459	0,595	0,74	0,582	0,603	0,505	0,909
0,611	0,399	1,154	0,479	0,683	0,941	0,786	0,867	0,39	0,239
0,342	0,29	0,803	0,5	0,287	0,459	0,702	0,743	0,378	0,364
0,993	0,608	0,413	0,684	0,462	0,989	0,668	0,713	0,347	0,387
0,838	1,123	0,809	0,771	0,473	0,36	0,946	0,34	0,649	0,778
0,857	0,604	0,473	0,501	0,308	1,189	0,669	0,555	0,593	0,51
0,47	0,328	0,503	0,409	0,405	1,306	0,709	0,758	0,859	0,541
0,218	0,608	1,124	0,473	0,913	0,625	0,45	0,402	0,669	0,383
Průměr:	0,6089	Směrodatná odchylka:			0,2334	95% Interval spolehlivosti:			0,0458

Vzorek č. 4 – PLCL 10hm% Kyselina octová/kyselina mravenčí/aceton 1 : 1 : 1 Laboratorní (1. den)

0,755	1,169	0,331	0,312	0,332	0,218	0,601	0,901	0,255	0,27
0,833	0,332	0,501	0,204	0,307	0,286	0,46	0,752	0,386	0,97
0,55	0,491	0,19	0,392	0,381	0,611	0,729	0,371	0,52	0,919
1,273	0,865	0,58	1,627	0,363	0,692	0,592	0,535	0,49	0,545
0,738	0,492	0,376	0,452	0,47	1,02	0,256	0,831	0,376	0,449
0,938	0,773	1,508	0,743	0,517	0,388	0,356	1,454	0,64	0,889
0,585	0,535	0,859	0,243	0,778	0,83	0,511	0,638	0,252	0,744
0,599	0,438	0,293	0,396	0,621	0,879	0,331	0,604	0,551	0,387
1,005	0,37	0,172	0,456	0,238	0,61	0,675	0,68	0,255	0,812
0,499	0,755	0,232	0,307	0,246	0,4	0,61	0,403	0,36	1,111
Průměr:	0,5783	Směrodatná odchylka:			0,2942	95% Interval spolehlivosti:			0,0577

Vzorek č. 4 – PLCL 10hn% Kyselina octová/kyselina mravenčí/aceton 1 : 1 : 1 Laboratorní (2. den)

1,112	0,76	0,68	0,803	0,905	0,72	0,341	0,459	0,507	1,628
0,61	0,575	0,593	0,604	0,542	0,889	0,643	0,578	0,8	0,739
0,909	1,153	1,32	0,605	0,786	0,647	0,98	0,642	0,761	1,007
0,468	1,005	0,434	0,851	0,638	0,719	0,4	0,692	0,903	0,357
0,66	0,765	0,63	0,527	0,547	0,697	0,856	0,642	0,656	0,854
0,63	0,725	0,44	0,654	0,619	0,717	0,717	1,454	0,65	0,883
0,872	1,453	1,032	0,896	0,384	0,814	0,735	0,721	0,911	0,577
0,71	0,829	1,025	0,498	0,677	0,557	0,519	0,52	0,562	0,582
0,255	0,815	0,436	0,702	0,995	0,48	0,838	0,517	0,735	1,238
1,05	0,536	0,638	0,605	0,774	0,402	1,044	0,496	0,415	0,836
Průměr:	0,7277	Směrodatná odchyška:			0,2458	95% Interval spolehlivosti:			0,0482

Vzorek č. 4 – PLCL 10hn% Kyselina octová/kyselina mravenčí/aceton 1 : 1 : 1 Laboratorní (7. den)

0,493	0,375	0,186	0,881	0,769	0,857	0,444	0,746	0,875	0,634
0,489	0,862	0,734	0,663	0,437	0,556	0,46	0,52	0,696	0,917
0,336	0,538	0,845	0,847	0,601	0,244	0,345	0,87	0,755	0,583
0,94	0,456	0,791	0,678	1,074	0,231	0,673	1,403	0,681	0,665
0,387	0,624	1,294	0,697	0,564	0,391	0,817	0,9	0,59	1,217
0,716	0,522	0,649	1,129	1,022	0,691	0,864	0,504	0,584	0,472
0,819	0,576	0,398	0,463	0,384	0,41	0,867	0,696	0,446	0,51
0,522	0,75	0,416	0,517	0,731	0,4	2,323	0,725	0,562	0,736
0,277	0,439	0,495	0,571	0,837	1,282	0,464	0,75	0,804	0,417
0,489	0,467	0,375	0,437	0,407	0,441	0,671	0,682	0,935	0,355
Průměr:	0,6563	Směrodatná odchyška:			0,2916	95% Interval spolehlivosti:			0,0572

Vzorek č. 4 – PLCL 10hn% Kyselina octová/kyselina mravenčí/aceton 1 : 1 : 1 Laboratorní (14. den)

0,405	0,334	0,296	0,32	0,308	0,371	0,599	0,509	0,218	0,182
0,223	0,222	0,181	0,344	0,362	0,399	0,37	0,498	0,419	0,237
0,533	0,26	0,122	0,491	0,249	0,172	0,398	0,18	0,416	0,286
0,248	0,277	0,201	0,431	0,448	0,151	0,307	0,166	0,323	0,224
0,289	0,338	0,236	0,519	0,183	0,769	0,201	0,097	0,271	0,258
0,385	0,176	0,305	0,335	0,283	0,184	0,411	0,163	0,231	0,544
0,646	0,258	0,33	0,318	0,139	0,195	0,289	0,24	0,218	0,498
0,125	0,139	0,205	0,265	0,576	0,295	0,201	0,271	0,257	0,274
0,201	0,459	0,299	0,152	0,18	0,296	0,425	0,283	0,231	0,214
0,22	0,406	0,229	0,277	0,238	0,387	0,44	0,267	0,436	0,297
Průměr:	0,3054	Směrodatná odchyška:			0,1258	95% Interval spolehlivosti:			0,0247

Vzorek č. 4 – PLCL 10hm% Kyselina octová/kyselina mravenčí/aceton 1 : 1 : 1 Laboratorní (21. den)

0,449	0,105	0,163	0,263	0,28	0,205	0,318	0,211	0,145	0,417
0,252	0,218	0,22	0,181	0,385	0,14	0,22	0,218	0,376	0,252
0,244	0,241	0,163	0,217	0,241	0,288	0,166	0,154	0,257	0,217
0,195	0,404	0,917	0,181	0,148	0,191	0,183	0,236	0,167	0,201
0,243	0,355	0,189	0,185	0,396	0,217	0,216	0,162	0,269	0,25
0,22	0,309	0,282	0,356	0,322	0,29	0,162	0,322	0,419	0,45
0,303	0,269	0,195	0,191	0,314	0,256	0,32	0,153	0,184	0,248
0,366	0,269	0,229	0,211	0,145	0,155	0,149	0,153	0,141	0,31
0,553	0,267	0,114	0,428	0,371	0,217	0,13	0,299	0,229	0,245
0,502	0,195	0,282	0,306	0,171	0,148	0,121	0,316	0,195	0,262
Průměr:	0,2556	Směrodatná odchylka:			0,1122	95% Interval spolehlivosti:			0,022

Vzorek č. 4 – PLCL 10hm% Kyselina octová/kyselina mravenčí/aceton 1 : 1 : 1 Laboratorní (1. měsíc)

0,294	0,192	0,194	0,205	0,172	0,21	0,164	0,152	0,224	0,173
0,197	0,155	0,305	0,215	0,207	0,153	0,192	0,213	0,188	0,164
0,194	0,15	0,202	0,192	0,216	0,157	0,17	0,23	0,199	0,256
0,223	0,238	0,23	0,274	0,211	0,174	0,157	0,17	0,249	0,273
0,23	0,257	0,211	0,219	0,222	0,207	0,256	0,236	0,193	0,209
0,207	0,21	0,188	0,222	0,209	0,18	0,516	0,179	0,192	0,395
0,267	0,201	0,166	0,194	0,252	0,159	0,32	0,149	0,2	0,176
0,206	0,202	0,177	0,238	0,289	0,217	0,229	0,273	0,214	0,182
0,289	0,166	0,203	0,171	0,177	0,134	0,205	0,168	0,191	0,227
0,188	0,254	0,188	0,197	0,239	0,115	0,211	0,222	0,309	0,26
Průměr:	0,213	Směrodatná odchylka:			0,0535	95% Interval spolehlivosti:			0,0105

Vzorek č. 5 – PLCL 10hm% Kyselina octová/kyselina mravenčí/aceton 1 : 1 : 1 Lednice (5 °C; 1. den)

1,316	0,464	0,465	0,431	0,864	0,414	0,219	0,568	0,787	0,548
0,818	0,333	0,377	0,354	0,428	0,943	0,615	0,886	0,743	0,685
0,786	0,876	0,678	0,18	0,291	0,291	0,394	0,28	0,806	0,664
0,793	0,629	0,523	0,692	0,255	0,686	0,743	0,234	0,28	0,525
0,629	0,97	0,706	0,498	0,308	0,505	0,45	0,246	0,324	1,241
0,598	0,497	0,341	0,473	0,684	0,332	0,258	0,231	0,47	0,411
0,431	0,674	0,402	0,545	0,545	0,806	0,347	0,512	1,55	0,536
0,491	0,545	0,47	0,387	0,512	0,324	0,637	0,775	0,428	0,332
0,68	1,001	0,37	0,901	0,534	0,909	0,64	0,811	0,536	0,36
0,643	0,545	0,324	0,615	0,541	0,36	1,308	0,557	0,677	0,621
Průměr:	0,5722	Směrodatná odchylka:			0,2528	95% Interval spolehlivosti:			0,0496

Vzorek č. 5 – PLCL 10hm% Kyselina octová/kyselina mravenčí/aceton 1 : 1 : 1 Lednice (5 °C; 2. den)

0,859	0,384	0,545	0,423	0,525	0,376	0,794	0,598	0,376	0,81
0,619	0,628	0,374	0,838	0,69	0,543	0,6	0,676	0,525	0,433
0,713	0,381	0,629	0,624	0,742	0,566	0,505	0,662	0,368	0,411
0,535	0,509	0,768	0,557	0,936	0,735	0,647	0,824	0,727	0,379
0,669	0,778	0,787	0,368	0,643	0,342	0,748	0,748	1,103	0,108
1,124	0,502	0,505	0,822	0,501	0,375	0,813	0,763	1,351	0,614
0,706	0,648	0,617	0,665	0,926	0,51	0,584	0,722	1,36	0,662
0,686	0,619	0,653	0,788	0,949	0,685	0,844	0,822	0,398	0,743
1,056	0,674	0,664	1,173	0,62	0,31	0,376	0,79	0,342	0,436
0,572	0,609	0,652	0,963	0,533	1,47	0,631	0,578	0,5	0,768
Průměr:	0,6581	Směrodatná odchylka:			0,2298	95% Interval spolehlivosti:			0,0451

Vzorek č. 5 – PLCL 10hm% Kyselina octová/kyselina mravenčí/aceton 1 : 1 : 1 Lednice (5 °C; 7. den)

0,65	0,541	0,65	1,152	0,755	0,971	0,649	1,054	0,56	0,657
0,361	0,764	0,941	0,704	0,402	1,452	0,391	0,76	0,386	1,506
1,097	0,595	0,693	1,043	0,495	0,608	0,673	0,453	0,67	0,478
0,492	0,542	0,596	0,44	0,605	0,489	0,554	0,698	0,631	0,959
0,483	1,341	0,849	0,616	0,497	0,89	0,554	0,907	0,626	0,404
0,587	0,524	1,149	1,767	1,759	1,078	0,653	0,513	0,692	0,904
0,669	1,416	1,202	0,751	0,623	0,557	0,4	0,573	0,975	1,21
0,57	0,67	1,201	0,848	0,627	1,045	0,886	0,681	0,951	0,783
0,633	0,549	0,632	0,525	0,47	0,313	0,477	0,772	0,939	0,817
0,684	0,604	0,687	0,533	0,913	0,567	0,498	1,156	0,517	0,739
Průměr:	0,7458	Směrodatná odchylka:			0,2957	95% Interval spolehlivosti:			0,058

Vzorek č. 5 – PLCL 10hm% Kyselina octová/kyselina mravenčí/aceton 1 : 1 : 1 Lednice (5 °C; 14. den)

0,571	0,653	0,481	0,701	0,656	0,79	1,259	0,328	0,181	0,315
0,325	0,496	0,258	0,354	0,204	0,963	0,573	0,308	0,828	0,464
0,896	0,954	0,564	0,322	0,538	1,088	0,681	0,431	0,258	0,311
0,612	0,536	0,467	0,36	1,009	0,413	0,978	0,397	0,354	0,406
0,325	0,149	0,53	0,911	0,258	0,386	0,471	0,175	0,284	0,567
0,166	0,47	0,456	0,557	0,411	0,324	0,675	0,311	0,37	0,596
0,306	0,605	0,679	0,757	0,664	0,805	0,745	0,259	0,451	0,739
0,653	0,126	0,536	0,26	0,468	0,328	0,201	0,321	0,662	0,737
0,09	0,534	0,542	0,707	0,827	0,688	0,334	0,506	0,452	0,746
0,155	0,564	0,667	0,912	0,367	0,187	0,364	0,358	0,464	0,724
Průměr:	0,5117	Směrodatná odchylka:			0,2377	95% Interval spolehlivosti:			0,0466

Vzorek č. 5 – PLCL 10hm% Kyselina octová/kyselina mravenčí/aceton 1 : 1 : 1 Lednice (5 °C; 21. den)

0,718	0,364	0,721	1,052	0,846	0,428	1,138	0,613	0,389	0,252
0,746	0,751	0,705	1,064	0,604	0,867	0,719	0,694	0,379	0,637
0,376	0,676	0,532	1,167	0,387	0,838	0,344	0,35	0,734	0,814
0,952	0,231	0,45	0,506	0,546	0,361	0,367	0,232	0,498	0,506
0,523	0,189	0,27	0,166	0,574	0,334	0,825	0,221	0,508	1,491
0,631	0,551	0,926	0,593	0,29	0,516	0,272	0,733	1,799	0,427
0,255	0,351	0,424	0,33	0,564	0,361	0,218	0,423	1,208	0,675
0,821	0,681	0,27	0,988	0,375	0,203	0,352	0,433	0,671	0,462
0,447	0,243	0,489	0,301	0,636	0,548	0,269	0,758	0,564	1,001
1,033	0,27	0,564	0,259	0,32	0,552	0,29	0,629	0,198	0,666
Průměr:	0,565	Směrodatná odchylka:			0,2939	95% Interval spolehlivosti:			0,0577

Vzorek č. 5 – PLCL 10hm% Kyselina octová/kyselina mravenčí/aceton 1 : 1 : 1 Lednice (5 °C; 1. měsíc)

1,144	0,306	0,438	0,287	0,224	0,554	0,244	0,229	0,245	0,352
0,286	0,342	0,533	0,272	0,379	0,477	0,333	1,312	0,934	0,311
0,678	0,581	0,367	0,401	0,295	0,224	0,412	1,206	0,425	0,326
0,211	0,475	0,197	0,271	0,405	0,271	0,242	0,283	0,441	0,399
0,469	0,335	0,345	0,289	0,65	0,524	0,29	0,35	0,307	0,498
0,394	0,488	0,313	0,257	0,826	0,965	0,27	0,782	1,09	0,648
0,272	0,743	0,276	0,592	0,909	0,337	0,275	0,279	0,556	0,745
0,345	0,627	0,525	0,427	0,77	0,396	0,256	0,399	0,661	0,281
0,445	0,385	0,49	0,518	0,325	0,307	0,505	0,27	0,516	0,501
0,787	0,333	0,354	0,547	0,373	0,44	0,243	0,57	0,566	0,763
Průměr:	0,4632	Směrodatná odchylka:			0,2304	95% Interval spolehlivosti:			0,0452

Vzorek č. 5 – PLCL 10hm% Kyselina octová/kyselina mravenčí/aceton 1 : 1 : 1 Lednice (5 °C; 2. měsíc)

0,285	0,582	0,358	0,493	0,469	0,143	1,05	0,479	0,378	0,267
0,168	0,663	0,119	0,256	0,384	0,189	0,299	0,525	0,413	0,291
0,248	0,164	0,172	0,498	0,45	0,492	0,136	0,828	0,446	0,182
0,224	0,515	0,19	0,324	0,431	0,237	0,222	0,42	0,151	0,212
0,533	0,417	0,338	0,322	0,429	0,424	0,643	0,416	0,654	0,413
0,408	0,305	0,497	0,698	0,406	0,857	0,609	0,481	0,326	0,253
0,238	0,287	0,396	0,348	0,574	0,555	0,261	0,332	0,394	0,376
0,363	0,383	0,579	0,627	0,389	0,375	0,167	0,35	0,11	0,259
0,603	0,771	0,213	0,416	0,341	0,49	0,151	0,276	0,155	0,554
0,164	0,561	0,606	0,518	0,404	0,22	0,162	0,379	0,211	0,186
Průměr:	0,3853	Směrodatná odchylka:			0,1791	95% Interval spolehlivosti:			0,0352

Vzorek č. 6 – PLCL 10hm% Kyselina octová/kyselina mravenčí/aceton 1 : 1 : 1 Mrazák (-18 °C; 1. den)

0,696	0,272	0,285	0,268	0,423	0,485	0,198	0,902	1,168	0,703
0,654	0,592	0,453	0,347	0,375	1,398	0,399	0,599	0,752	0,604
0,61	0,275	0,544	0,703	0,465	0,749	1,221	0,572	0,228	0,437
0,31	0,76	0,977	0,368	0,401	0,411	0,599	1,17	0,28	0,387
1,317	0,407	0,564	0,858	0,949	0,533	0,629	0,599	0,485	0,516
0,17	0,253	0,394	0,575	0,481	0,303	0,217	0,439	0,418	0,679
0,158	0,316	1,18	0,689	0,316	0,371	0,501	0,45	0,368	0,382
0,446	0,36	0,468	1,053	0,564	0,315	0,348	0,476	1,1	0,705
0,791	0,412	0,672	0,705	0,813	0,483	0,301	0,714	0,486	0,374
1,022	0,197	0,181	0,762	0,813	0,397	0,541	0,567	0,39	0,633
Průměr:	0,5565	Směrodatná odchylka:			0,2699	95% Interval spolehlivosti:			0,0529

Vzorek č. 6 – PLCL 10hm% Kyselina octová/kyselina mravenčí/aceton 1 : 1 : 1 Mrazák (-18 °C; 2. den)

0,343	0,404	0,333	0,731	0,903	2,803	0,485	0,398	0,516	0,575
0,672	0,406	0,46	0,149	0,423	0,242	0,367	0,468	0,486	0,62
1,563	0,712	1,411	0,276	1,811	0,242	0,721	1,112	0,677	1,341
0,583	0,526	0,643	1,155	0,435	0,394	0,36	0,822	0,768	0,664
0,759	0,42	0,453	0,348	0,325	0,758	1,224	1,095	0,412	0,36
0,954	0,32	0,447	0,752	1,002	0,877	0,332	0,804	0,51	1,346
0,384	1,632	0,407	0,323	0,398	1,114	0,446	0,564	0,665	2,064
0,307	0,163	0,331	0,429	0,361	0,403	0,847	0,573	0,703	1,636
1,177	0,571	0,341	0,552	0,663	0,542	0,806	0,351	0,585	1,026
0,526	0,292	0,423	0,377	0,412	0,915	0,595	0,544	0,291	0,44
Průměr:	0,6668	Směrodatná odchylka:			0,4325	95% Interval spolehlivosti:			0,0848

Vzorek č. 6 – PLCL 10hm% Kyselina octová/kyselina mravenčí/aceton 1 : 1 : 1 Mrazák (-18 °C; 7. den)

0,825	0,644	0,799	0,606	0,506	0,69	0,64	0,44	0,583	1,058
0,635	0,617	1,269	0,489	1,461	0,513	0,852	0,649	1,135	0,868
0,876	0,961	1,119	0,548	1,259	0,614	0,842	0,782	0,653	0,526
0,385	0,741	0,512	0,986	0,692	0,607	0,773	0,614	0,646	0,631
0,749	0,592	0,787	0,715	0,389	0,57	0,618	0,553	0,853	1,067
0,639	0,683	0,419	0,942	0,396	0,372	0,642	0,567	0,988	0,384
0,633	1,361	0,357	1,069	0,913	0,522	0,622	0,601	2,434	0,485
0,696	0,835	0,671	0,519	0,438	0,645	0,764	0,819	1,201	1,091
0,516	0,494	0,41	1,002	0,762	0,432	0,546	1,125	0,604	1,396
0,668	0,831	0,62	0,461	1,23	0,637	0,769	1,223	0,575	0,584
Průměr:	0,7454	Směrodatná odchylka:			0,3048	95% Interval spolehlivosti:			0,0598

Vzorek č. 6 – PLCL 10hm% Kyselina octová/kyselina mravenčí/aceton 1 : 1 : 1 Mrazák (-18 °C; 14. den)

0,298	0,301	0,257	0,297	0,185	0,339	0,23	0,448	0,257	0,469
0,43	0,318	0,116	0,655	0,219	0,258	0,251	0,27	0,179	0,601
0,308	0,664	0,261	0,705	0,543	0,623	0,292	0,423	0,434	0,261
0,405	0,581	0,535	0,441	0,183	0,536	0,78	0,258	0,484	0,681
0,344	0,389	0,171	0,511	0,435	0,577	0,589	0,827	0,516	0,737
0,531	0,52	0,867	0,426	0,526	0,725	0,27	1,171	0,645	0,233
0,168	0,31	0,639	0,356	0,361	0,423	0,457	0,601	0,754	0,459
0,177	0,232	0,518	0,194	0,288	0,163	0,42	0,957	0,449	0,274
0,721	0,316	0,441	0,475	0,279	0,336	0,727	0,577	0,396	0,418
0,548	0,271	0,23	0,259	0,457	0,284	0,53	0,473	0,313	0,38
Průměr:	0,4342	Směrodatná odchylka:			0,1957	95% Interval spolehlivosti:			0,0384

Vzorek č. 6 – PLCL 10hm% Kyselina octová/kyselina mravenčí/aceton 1 : 1 : 1 Mrazák (-18 °C; 21. den)

0,796	0,913	0,72	1,236	0,544	0,528	0,468	0,167	0,595	0,223
0,969	0,513	0,408	0,905	0,453	0,243	0,746	0,56	1,175	0,689
0,527	0,666	0,449	0,412	0,578	0,859	0,332	0,438	1,163	0,6
0,659	0,536	0,546	0,444	0,646	0,539	0,897	0,841	0,535	0,649
0,691	0,73	1,098	1,298	0,728	0,494	0,706	0,383	0,59	0,766
1,048	0,738	0,795	0,738	0,665	1,12	0,686	0,339	0,689	0,672
0,79	0,839	0,527	0,531	0,404	0,48	0,272	0,848	0,302	0,585
0,435	0,341	0,669	0,452	0,4	0,949	0,544	0,7	0,262	0,659
0,891	0,917	0,679	0,423	0,606	1,255	0,415	0,758	0,732	0,711
0,653	0,191	0,626	1,378	0,5	1,071	0,337	0,564	0,692	0,431
Průměr:	0,6496	Směrodatná odchylka:			0,2541	95% Interval spolehlivosti:			0,0499

Vzorek č. 6 – PLCL 10hm% Kyselina octová/kyselina mravenčí/aceton 1 : 1 : 1 Mrazák (-18 °C; 1. měsíc)

0,361	0,573	0,406	0,565	0,62	0,446	0,915	0,541	0,594	0,487
0,78	0,501	0,772	0,935	0,405	0,415	0,671	0,436	0,965	0,607
0,585	0,484	0,49	0,26	0,78	0,464	1,387	0,951	0,617	0,3
0,83	0,598	0,41	0,52	0,651	0,353	0,336	0,366	0,58	1,355
0,37	0,626	0,386	0,743	0,575	0,439	0,389	0,62	0,656	0,511
0,581	0,848	0,631	0,645	0,44	0,336	0,461	0,464	1,171	0,938
0,621	1,128	0,8	1,024	0,757	0,401	1,398	0,536	0,489	0,484
0,815	0,367	0,403	0,332	0,465	0,439	0,452	0,334	0,746	1,038
0,588	0,495	0,578	0,507	0,346	0,573	0,329	0,327	0,471	0,383
0,528	0,346	0,524	0,422	0,436	0,353	1,027	0,849	0,633	0,943
Průměr:	0,5983	Směrodatná odchylka:			0,2467	95% Interval spolehlivosti:			0,0484

Vzorek č. 6 – PLCL 10hm% Kyselina octová/kyselina mravenčí/aceton 1 : 1 : 1 Mrazák (-18 °C; 2. měsíc)

0,853	0,384	0,262	0,289	0,979	0,317	0,445	0,334	0,57	0,722
0,295	0,758	0,496	0,694	0,692	0,68	0,255	0,52	0,311	0,671
0,624	0,713	0,477	1,119	0,221	0,541	0,254	0,616	0,337	0,598
0,486	0,854	0,424	0,72	0,523	0,527	0,43	0,302	0,488	0,424
0,365	0,531	0,508	0,616	0,757	0,341	0,395	0,956	0,497	0,566
0,525	0,155	0,46	0,48	0,583	0,61	0,496	0,803	0,655	0,505
0,405	0,578	0,327	0,503	0,442	0,352	0,396	0,551	0,684	0,544
0,827	0,896	0,335	0,528	0,571	0,599	0,326	0,416	0,611	0,576
0,307	0,605	0,828	0,316	0,688	0,41	0,576	0,345	0,313	1,173
1,08	0,422	0,535	0,81	0,583	0,52	0,517	0,688	0,322	0,343
Průměr:	0,5386	Směrodatná odchylka:			0,2015	95% Interval spolehlivosti:			0,0395

Vzorek č. 7 – PCL 45 16hm% Chloroform/etanol 8 : 2 Laboratorní (0. den)

0,331	0,306	0,152	0,387	0,097	2,546	0,186	1,914	0,378	0,338
0,274	0,247	0,304	0,153	0,073	0,264	3,074	0,252	0,432	0,38
0,377	0,369	0,192	0,191	0,087	0,16	0,497	0,529	2,639	0,095
0,258	0,355	0,411	0,254	0,135	2,327	0,231	0,412	0,28	0,115
0,619	0,315	0,211	0,151	0,18	0,108	0,07	0,263	1,063	0,281
0,284	0,639	0,271	0,457	0,473	0,271	0,133	2,08	0,324	0,345
0,155	0,325	0,265	0,451	0,057	0,289	0,301	0,299	0,797	0,488
0,57	0,339	1,44	0,46	0,214	0,198	0,166	0,097	0,194	0,324
0,287	0,322	1,689	1,562	0,454	0,253	0,239	0,386	0,343	0,275
0,809	1,815	0,188	0,3	0,292	0,539	0,524	0,292	0,488	0,281
Průměr:	0,4931	Směrodatná odchylka:			0,5866	95% Interval spolehlivosti:			0,115

Vzorek č. 7 – PCL 45 16hm% Chloroform/etanol 8 : 2 Laboratorní (1. den)

0,396	0,427	0,407	0,375	0,525	0,194	0,185	0,205	0,413	0,393
0,387	0,487	0,497	0,889	0,21	0,261	0,506	0,67	0,162	0,295
0,361	0,268	0,268	0,713	0,544	0,506	0,36	0,121	0,214	0,231
0,3	0,225	0,538	0,18	0,758	0,205	0,682	0,253	0,122	0,2
0,291	0,486	1,608	0,441	0,365	0,23	0,611	0,189	0,459	0,947
0,529	0,291	0,273	0,603	0,56	0,281	0,171	0,214	1,496	0,267
0,365	0,396	0,255	0,201	0,434	0,392	0,53	0,342	0,255	0,532
0,446	0,218	0,44	0,2	0,202	0,421	0,244	0,182	0,371	0,245
0,268	0,281	0,204	0,199	0,242	0,392	0,287	0,206	0,225	0,212
0,184	0,228	0,244	0,258	0,258	0,255	0,181	0,171	0,134	0,291
Průměr:	0,3664	Směrodatná odchylka:			0,2371	95% Interval spolehlivosti:			0,0465

Vzorek č. 7 – PCL 45 16hm% Chloroform/etanol 8 : 2 Laboratorní (2. den)

0,303	0,288	0,229	0,27	0,163	0,164	0,911	0,285	1,217	0,164
0,15	0,186	0,267	0,102	0,179	0,322	0,192	1,378	0,309	0,254
0,195	0,162	1,654	0,231	0,166	1,419	0,255	0,212	0,269	0,24
0,177	0,285	0,338	0,266	0,247	0,348	0,183	0,204	0,164	0,458
0,081	0,991	0,103	0,399	0,116	0,223	0,243	0,098	0,209	0,247
0,181	0,205	0,125	0,172	0,322	0,511	0,463	0,322	0,858	0,286
0,726	0,306	0,212	0,147	1,291	0,128	0,246	0,255	0,391	0,137
0,611	0,153	0,319	0,275	0,397	0,559	1,613	0,195	0,353	0,202
0,379	0,2	1,234	0,181	0,242	0,112	0,077	0,6	1,591	0,372
0,153	0,16	0,127	0,743	0,089	0,128	0,341	0,231	0,261	0,266
Průměr:	0,3697	Směrodatná odchylka:			0,3587	95% Interval spolehlivosti:			0,0704

Vzorek č. 7 – PCL 45 16hm% Chloroform/etanol 8 : 2 Laboratorní (7. den)

0,738	0,597	0,659	0,585	0,704	0,492	0,926	0,493	1,095	0,288
0,654	0,619	0,957	0,563	0,507	0,782	0,963	0,701	0,547	0,563
0,795	0,803	0,658	0,514	0,733	0,56	0,803	0,458	0,668	1,007
0,466	0,866	0,84	0,98	0,556	0,744	1,005	0,594	0,521	0,967
0,743	0,743	0,612	0,742	0,746	0,59	0,56	0,694	0,695	1,033
0,713	0,738	0,299	1,015	0,759	0,646	0,921	0,437	0,677	0,622
0,601	1,445	0,465	0,533	0,487	0,554	0,47	0,726	2,582	0,664
0,583	0,53	0,66	0,378	0,582	0,547	0,594	0,925	0,885	0,658
0,778	0,735	0,742	0,517	0,597	0,444	0,468	1,17	0,39	0,703
0,612	1,059	0,471	0,435	0,539	0,684	0,685	0,61	0,778	0,45
Průměr:	0,697	Směrodatná odchylka:			0,2732	95% Interval spolehlivosti:			0,0536

Vzorek č. 7 – PCL 45 16hm% Chloroform/etanol 8 : 2 Laboratorní (14. den)

0,499	0,712	0,522	0,967	0,19	0,625	0,771	0,374	0,317	0,313
0,462	0,345	0,668	0,472	0,453	0,449	1,139	0,703	0,522	0,29
1,125	0,544	0,66	0,689	0,204	0,185	0,794	0,33	0,323	0,345
0,158	0,557	0,525	0,462	0,322	1,528	0,304	0,686	0,298	0,177
0,575	0,325	0,536	0,299	0,616	0,265	0,43	0,317	0,493	0,269
0,374	0,181	0,877	0,427	1,143	0,606	0,341	0,406	0,346	0,507
0,349	0,191	0,898	0,66	0,218	0,403	0,3	0,457	0,225	0,633
0,581	0,368	0,352	0,423	0,562	0,955	0,439	0,642	0,325	1,07
0,644	0,678	0,677	0,742	0,249	0,393	0,337	0,274	0,335	0,443
0,731	0,557	0,536	0,943	0,223	1,079	0,313	0,345	0,474	0,432
Průměr:	0,508	Směrodatná odchylka:			0,2569	95% Interval spolehlivosti:			0,0504

Vzorek č. 7 – PCL 45 16hm% Chloroform/etanol 8 : 2 Laboratorní (21. den)

0,256	0,221	0,419	0,276	0,269	0,284	0,179	0,238	0,219	0,344
0,447	0,25	0,212	0,256	0,362	0,168	0,396	0,304	0,258	0,197
0,195	0,177	0,347	0,092	0,272	0,208	0,158	0,192	0,353	0,257
0,383	0,34	0,475	0,236	0,155	0,385	0,245	0,341	0,305	0,144
0,218	0,221	0,195	0,504	0,507	0,211	0,225	0,307	0,513	0,234
0,369	0,382	0,236	0,269	0,287	0,294	0,378	1,297	0,244	0,229
0,451	0,25	0,196	0,43	0,293	0,277	0,329	0,508	0,553	0,168
0,369	0,227	0,269	0,28	0,233	0,318	0,246	0,333	0,277	0,194
0,136	0,241	0,257	0,225	0,324	0,211	0,329	0,191	0,162	0,209
0,268	0,178	0,342	0,302	0,513	0,272	0,215	0,217	0,179	0,202
Průměr:	0,2911	Směrodatná odchylka:			0,1398	95% Interval spolehlivosti:			0,0275

Vzorek č. 7 – PCL 45 16hm% Chloroform/etanol 8 : 2 Laboratorní (1. měsíc)

0,168	0,195	0,182	0,299	0,22	0,282	0,23	0,383	0,29	0,345
0,214	2,206	0,201	0,415	0,248	0,19	0,177	0,273	0,225	0,312
0,165	0,477	0,379	0,327	0,163	0,468	0,333	0,252	0,27	0,285
0,154	0,269	0,14	0,245	0,244	0,317	0,271	0,328	0,251	0,193
0,345	0,541	4,106	0,321	0,382	0,388	0,335	0,293	0,232	0,246
1,067	0,412	0,227	0,252	0,243	0,212	0,23	0,209	0,161	0,302
1,257	0,14	0,19	0,284	0,288	0,251	0,186	0,333	0,192	0,109
0,607	0,165	0,148	0,42	0,269	0,202	0,35	0,234	0,265	0,294
0,383	0,218	0,226	0,331	0,205	0,295	0,186	0,256	0,372	0,175
0,47	0,324	0,389	0,109	0,311	0,303	0,172	0,163	0,237	0,237
Průměr:	0,3464	Směrodatná odchylka:			0,4531	95% Interval spolehlivosti:			0,0889

Vzorek č. 7 – PCL 45 16hm% Chloroform/etanol 8 : 2 Laboratorní (2. měsíc)

0,386	0,155	0,21	0,357	0,281	0,663	0,257	0,731	0,209	0,701
0,289	0,507	0,348	0,29	0,367	0,209	0,326	0,301	0,154	0,134
0,48	0,333	0,206	0,32	0,185	0,309	0,509	0,154	2,823	0,284
0,525	0,335	0,297	0,802	0,177	0,21	0,268	0,186	2,252	0,147
0,352	0,257	0,249	0,374	0,474	0,136	0,185	0,405	0,151	0,71
0,387	0,204	0,696	0,492	0,433	0,786	0,315	1,214	0,399	0,387
0,307	0,186	0,26	0,312	0,15	0,265	0,179	0,229	0,385	0,221
0,238	0,21	0,168	0,952	0,571	0,297	0,178	0,235	0,313	0,173
0,244	0,273	1,113	0,154	0,307	0,431	0,449	0,411	0,641	0,316
0,275	0,427	0,254	1,244	0,191	0,617	0,198	0,367	0,266	0,259
Průměr:	0,4055	Směrodatná odchylka:			0,3803	95% Interval spolehlivosti:			0,0746

Vzorek č. 8 – PCL 45 16hm% Chloroform/etanol/kyselina octová 8 : 1 : 1 Laboratorní (0. den)

0,325	0,133	0,856	0,147	0,228	0,128	0,128	0,155	0,21	0,081
0,204	0,203	0,073	0,714	0,236	0,223	0,049	0,11	0,149	0,218
0,212	0,21	0,138	0,103	0,203	0,192	0,159	0,219	1,484	0,177
0,242	0,204	0,103	0,234	0,121	0,192	0,182	0,167	0,427	0,171
0,2	0,176	0,133	0,103	0,217	0,246	0,155	0,116	0,18	0,154
0,206	0,222	0,147	0,173	0,166	0,137	0,42	0,193	0,319	0,201
0,256	0,206	0,179	0,082	0,098	0,26	0,177	0,105	0,315	0,252
0,146	0,167	0,389	0,063	0,158	0,217	0,152	0,204	0,126	0,201
0,206	0,109	0,411	0,136	0,172	0,22	0,155	0,137	0,21	0,231
0,212	0,116	0,096	0,251	0,448	0,126	0,131	0,122	0,355	0,153
Průměr:	0,2133	Směrodatná odchylka:			0,1721	95% Interval spolehlivosti:			0,0338

Vzorek č. 8 – PCL 45 16hm% Chloroform/etanol/kyselina octová 8 : 1 : 1 Laboratorní (1. den)

0,348	0,191	0,446	0,212	0,419	0,314	0,27	0,281	0,232	0,625
0,48	0,36	0,277	0,278	0,248	0,182	0,161	0,275	0,262	0,384
0,339	0,319	0,195	0,207	0,177	0,267	0,459	0,235	0,298	0,379
0,285	0,22	0,384	0,38	0,31	0,203	0,231	0,283	0,351	0,315
0,235	0,37	0,316	0,236	0,226	0,116	0,285	0,331	0,239	0,344
0,27	0,474	0,189	0,244	0,351	0,182	0,291	0,201	0,211	0,345
0,227	0,199	0,255	0,345	0,32	0,173	0,34	0,341	0,302	0,346
0,244	0,285	0,229	0,184	0,327	0,242	0,315	0,25	0,248	0,325
0,23	0,232	0,255	0,249	0,176	0,297	0,335	0,368	0,225	0,218
0,192	0,27	0,249	0,225	0,206	0,29	0,242	0,473	0,229	0,255
Průměr:	0,2826	Směrodatná odchylka:			0,082	95% Interval spolehlivosti:			0,0161

Vzorek č. 8 – PCL 45 16hm% Chloroform/etanol/kyselina octová 8 : 1 : 1 Laboratorní (2. den)

0,144	0,144	0,155	0,297	0,141	0,109	0,201	0,199	0,164	0,216
0,305	0,174	0,199	0,387	0,311	0,241	0,485	0,307	0,201	0,13
0,142	0,151	0,147	0,156	0,297	0,146	0,106	0,119	0,235	0,244
0,259	0,224	0,127	0,169	0,33	0,197	0,144	0,175	0,153	0,2
0,193	1,368	0,182	0,178	0,173	0,238	0,13	0,246	0,253	0,113
0,11	0,161	0,196	0,182	0,171	0,082	0,11	0,199	0,129	0,393
0,252	0,197	0,297	0,116	0,173	0,173	0,29	0,21	0,21	0,381
0,147	0,136	0,173	0,192	0,115	0,201	0,184	0,147	0,162	0,296
0,148	0,291	0,342	0,118	0,739	0,276	0,163	0,425	0,227	0,289
0,271	0,374	0,244	0,157	0,231	0,197	0,294	0,115	0,216	0,16
Průměr:	0,2237	Směrodatná odchylka:			0,1495	95% Interval spolehlivosti:			0,0294

Vzorek č. 8 – PCL 45 16hm% Chloroform/etanol/kyselina octová 8 : 1 : 1 Laboratorní (7. den)

0,108	0,122	0,172	0,133	0,144	0,19	0,153	0,127	0,194	0,202
0,109	0,093	0,157	0,245	0,142	0,141	0,227	0,145	0,121	0,208
0,142	0,153	0,162	0,214	0,162	0,186	0,125	0,149	0,154	0,185
0,155	0,127	0,154	0,283	0,097	0,211	0,117	0,176	0,127	0,238
0,17	0,127	0,205	0,113	0,122	0,2	0,162	0,138	0,179	0,219
0,136	0,127	0,135	0,126	0,189	0,13	0,242	0,176	0,173	0,185
0,132	0,151	0,146	0,162	0,121	0,251	0,125	0,155	0,155	0,19
0,157	0,121	0,197	0,194	0,264	0,206	0,158	0,217	0,181	0,129
0,137	0,097	0,132	0,173	0,118	0,181	0,191	0,186	0,207	0,233
0,135	0,165	0,158	0,166	0,121	0,125	0,135	0,171	0,166	0,19
Průměr:	0,1631	Směrodatná odchylka:			0,0394	95% Interval spolehlivosti:			0,0078

Vzorek č. 9 – PCL 45 16hm% Chloroform/etanol/kyselina octová 8 : 1 : 1 Lednice (5 °C; 1. den)

0,244	0,225	0,636	0,168	0,368	0,254	0,217	0,325	0,325	0,459
0,227	0,231	0,393	0,269	0,266	0,26	0,225	0,223	0,206	0,233
0,241	0,218	0,204	0,313	0,206	0,371	0,256	0,279	0,251	0,52
0,155	0,183	0,352	0,245	0,373	0,44	0,329	0,345	0,279	0,216
0,169	0,254	0,217	0,353	0,339	0,31	0,267	0,254	0,388	0,307
0,288	0,216	0,286	0,336	0,308	0,339	0,239	0,269	0,167	0,379
0,323	0,216	0,286	0,34	0,273	0,396	0,285	0,44	0,351	0,298
0,259	0,13	0,259	0,202	0,405	0,223	0,245	0,279	0,285	0,318
0,173	0,216	0,257	0,358	0,231	0,273	0,42	0,278	0,296	0,223
0,295	0,185	0,337	0,286	0,282	0,368	0,297	0,255	0,238	0,342
Průměr:	0,2864	Směrodatná odchylka:			0,0803	95% Interval spolehlivosti:			0,0158

Vzorek č. 9 – PCL 45 16hm% Chloroform/etanol/kyselina octová 8 : 1 : 1 Lednice (5 °C; 2. den)

1,429	0,89	0,098	0,961	0,155	0,31	0,161	0,433	0,203	0,116
0,286	0,097	0,457	0,162	0,156	0,49	0,495	0,277	0,127	0,731
0,115	0,071	0,255	0,116	0,269	0,148	0,281	0,261	0,171	0,109
0,118	0,083	0,204	0,196	0,155	0,109	1,128	0,264	0,146	0,151
0,267	0,082	0,128	0,765	0,098	0,105	0,281	0,245	1,324	0,178
0,154	0,177	0,158	0,187	1,061	0,894	0,153	0,15	0,795	0,296
0,246	0,054	0,167	0,128	0,652	0,194	0,748	0,33	0,578	0,452
0,244	0,373	0,136	0,128	0,703	0,344	0,171	0,319	0,487	0,195
0,145	0,29	0,267	0,142	1,504	0,194	1,252	0,696	0,108	0,09
0,159	0,146	0,199	0,295	0,116	0,114	0,229	0,095	0,122	0,105
Průměr:	0,328	Směrodatná odchylka:			0,3191	95% Interval spolehlivosti:			0,0626

Vzorek č. 9 – PCL 45 16hm% Chloroform/etanol/kyselina octová 8 : 1 : 1 Lednice (5 °C; 7. den)

0,193	0,234	0,162	0,227	0,161	0,167	0,805	0,315	0,177	0,229
0,126	0,187	0,175	0,224	0,165	0,303	0,236	1,211	0,24	0,243
0,166	0,293	0,224	0,169	0,149	0,428	0,153	0,183	0,297	0,326
0,189	0,159	0,173	0,373	0,146	0,243	0,19	0,235	0,258	0,287
0,422	0,205	0,196	0,134	0,193	0,173	0,245	0,161	0,252	0,198
0,548	0,242	0,13	0,129	0,112	0,278	0,158	0,362	0,276	0,217
0,203	0,226	0,182	0,146	0,151	0,232	0,182	0,193	0,22	0,24
0,234	0,229	0,21	0,21	0,164	0,154	0,303	0,19	0,376	0,289
0,242	0,242	0,186	0,706	0,402	0,189	0,324	0,322	0,286	0,264
0,172	0,242	0,152	0,195	0,203	0,172	0,226	0,193	0,337	0,248
Průměr:	0,2469	Směrodatná odchylka:			0,1433	95% Interval spolehlivosti:			0,0281

Vzorek č. 9 – PCL 45 16hm% Chloroform/etanol/kyselina octová 8 : 1 : 1 Lednice (5 °C; 14. den)

0,192	0,232	0,138	0,168	0,613	0,145	0,231	0,204	0,206	0,201
0,415	0,223	0,176	0,122	0,136	0,148	0,192	0,163	0,27	0,178
0,206	0,136	0,197	0,149	0,086	0,18	0,108	0,141	0,384	0,108
0,232	0,198	0,15	0,211	0,086	0,229	0,115	0,35	0,153	0,18
0,602	0,2	0,151	0,195	0,163	0,218	0,217	0,186	0,447	0,141
0,19	0,133	0,128	0,138	0,144	0,188	0,186	0,177	0,342	0,121
0,33	0,136	0,136	0,127	0,086	0,396	0,155	0,153	0,228	0,115
0,299	0,235	0,116	0,128	0,147	0,194	0,186	0,193	0,171	0,141
0,234	0,146	0,056	0,136	0,109	0,17	0,218	0,135	0,201	0,135
0,298	0,138	0,159	0,181	0,173	0,293	0,266	0,195	0,115	0,115
Průměr:	0,1937	Směrodatná odchylka:			0,0931	95% Interval spolehlivosti:			0,0183

Vzorek č. 9 – PCL 45 16hm% Chloroform/etanol/kyselina octová 8 : 1 : 1 Lednice (5 °C; 21. den)

0,326	0,721	0,236	0,349	0,138	0,259	0,195	0,138	0,17	0,172
0,281	0,202	0,22	0,222	0,465	0,271	0,241	0,13	0,164	0,386
0,195	0,171	0,246	0,27	0,342	0,289	0,181	0,242	0,204	0,256
0,17	0,186	0,181	0,205	0,202	0,186	0,229	0,238	0,181	0,386
0,167	0,379	0,192	0,27	0,183	0,238	0,162	0,132	0,219	0,191
0,2	0,43	0,345	0,198	0,221	0,259	0,128	0,127	0,296	0,205
0,17	0,25	0,217	0,195	0,3	0,204	0,163	0,232	0,162	0,341
0,155	0,207	0,258	0,145	0,413	0,141	0,231	0,311	0,162	0,232
0,138	0,237	0,235	0,201	0,172	0,259	0,195	0,203	0,259	0,292
0,146	0,428	0,171	0,22	0,205	0,195	0,192	0,233	0,187	0,164
Průměr:	0,2321	Směrodatná odchylka:			0,0878	95% Interval spolehlivosti:			0,0173

Vzorek č. 9 – PCL 45 16hm% Chloroform/etanol/kyselina octová 8 : 1 : 1 Lednice (5°C; 1. měsíc)

0,143	0,122	0,203	0,135	0,094	0,203	0,125	0,208	0,172	0,124
0,158	0,193	0,27	0,116	0,146	0,134	0,101	0,194	0,14	0,126
0,142	0,142	0,129	0,126	0,142	0,143	0,164	0,203	0,218	0,14
0,188	0,129	0,137	0,139	0,183	0,136	0,252	0,154	0,19	0,136
0,191	0,134	0,118	0,141	0,251	0,147	0,185	0,274	0,144	0,169
0,135	0,133	0,148	0,145	0,169	0,132	0,167	0,112	0,233	0,132
0,151	0,131	0,201	0,154	0,176	0,153	0,153	0,104	0,126	0,223
0,151	0,143	0,116	0,156	0,148	0,136	0,138	0,122	0,127	0,202
0,139	0,126	0,177	0,191	0,196	0,156	0,118	0,168	0,132	0,167
0,153	0,205	0,25	0,122	0,148	0,15	0,179	0,163	0,136	0,13
Průměr:	0,1578	Směrodatná odchylka:			0,0372	95% Interval spolehlivosti:			0,0073

Vzorek č. 10 – PCL 80 10hm% Chloroform/etanol 8 : 2 Laboratorní (0. den)

2,34	3,597	4,13	4,069	3,168	2,12	1,377	1,771	3,004	2,728
2,309	3,033	3,28	3,969	2,297	3,002	3,218	3,035	3,831	3,584
2,903	1,012	0,872	1,707	3,04	2,943	2,146	0,906	2,839	0,713
3,213	2,242	2,478	2,764	3,681	2,208	0,954	0,93	2,671	1,232
2,039	3,737	2,206	3,527	3,687	1,814	3,109	1,422	2,075	0,94
4,062	0,999	3,424	2,158	2,873	2,393	2,253	2,847	3,615	0,806
0,793	0,974	2,899	2,166	2,604	2,108	3,364	2,699	4,128	1,431
1,601	1,767	2,722	2,097	3,705	3,525	1,548	2,886	2,899	2,225
0,84	0,811	2,232	3,657	1,194	1,919	2,075	1,096	0,98	3,246
2,752	0,784	2,612	4,217	2,327	2,09	3,364	4,884	0,999	3,569
Průměr:	2,451	Směrodatná odchylka:			1,0119	95% Interval spolehlivosti:			0,1984

Vzorek č. 10 – PCL 80 10hm% Chloroform/etanol 8 : 2 Laboratorní (1. den)

3,33	1,766	0,615	1,995	0,947	1,203	2,502	0,71	1,526	1,833
3,809	0,86	1,178	3,369	3,379	1,946	2,095	2,848	3,605	2,511
1,104	1,914	1,069	3,373	3,631	2,999	4,248	2,041	3,341	0,643
0,895	2,916	0,947	3,243	3,39	2,361	3,066	2,849	2,651	3,301
3,088	3,834	2,608	1,92	5,338	3,424	0,997	1,277	2,707	0,716
2,737	1,736	4,028	2,453	4,398	1,683	0,868	4,22	2,126	3,8
2,626	2,955	3,702	1,036	1,682	1,982	0,967	2,836	1,887	3,292
1,073	3,353	2,495	4,222	3,798	2,12	2,307	2,004	4,738	0,839
1,34	3,544	3,073	1,553	1,298	3,014	1,683	2,842	2,536	2,091
2,611	2,864	2,66	3,762	0,803	2,919	2,658	0,808	3,071	2,091
Průměr:	2,4311	Směrodatná odchylka:			1,0817	95% Interval spolehlivosti:			0,2121

Vzorek č. 10 – PCL 80 10hm% Chloroform/etanol 8 : 2 Laboratorní (2. den)

2,731	3,828	0,869	3,356	1,213	2,17	2,378	2,623	1,656	3,749
1,644	1,762	1,28	3,416	0,475	4,328	2,199	3,793	3,874	2,849
2,216	1,108	3,262	2,145	3,582	4,872	3,811	2,756	2,822	3,733
1,203	4,899	1,251	1,506	5,098	1,915	1,941	2,231	2,451	3,147
1,541	4,002	1,524	1,431	2,054	2,054	2,426	3,785	2,744	1,802
2,353	1,081	2,106	2,549	1,539	4,674	2,889	1,661	0,631	2,194
2,886	2,067	0,858	1,085	2,404	1,909	1,339	5,096	1,096	1,372
4,119	1,72	1,461	1,781	0,85	2,349	2,744	2,451	1,453	0,85
2,249	1,333	2,502	2,935	4,957	3,11	3,711	5,883	0,811	0,941
3,189	2,415	3,225	3,459	3,419	4,153	1,051	1,261	2,179	2,194
Průměr:	2,4605	Směrodatná odchylka:			1,1834	95% Interval spolehlivosti:			0,232

Vzorek č. 10 – PCL 80 10hm% Chloroform/etanol 8 : 2 Laboratorní (7. den)

2,747	3,322	5,088	1,26	1,198	0,907	0,484	1,902	1,801	3,05
3,778	2,422	2,473	0,885	1,149	1,066	0,938	0,991	2,115	2,317
1,483	0,992	6,449	3,168	1,127	1,452	0,682	2,804	2,562	1,814
1,176	0,485	1,706	2,214	3,205	3,222	0,863	2,215	3,381	3,574
5,156	0,593	2,207	1,565	2,569	3,089	2,317	3,784	4,562	2,408
1,394	2,538	1,925	3,901	1,271	2,041	2,14	1,379	1,625	3,92
1,164	0,517	3,912	2,185	2,726	2,509	0,939	2,258	2,467	1,516
0,792	0,978	3,19	3,365	2,305	2,788	2,479	1,038	1,308	2,494
2,98	2,715	0,782	1,127	3,474	3,4	2,622	2,316	1,143	2,34
3,174	1,425	1,422	0,89	2,678	2,081	2,151	2,153	2,009	2,963
Průměr:	2,1963	Směrodatná odchylka:			1,1216	95% Interval spolehlivosti:			0,2199

Vzorek č. 10 – PCL 80 10hm% Chloroform/etanol 8 : 2 Laboratorní (14. den)

2,319	2,159	1,162	1,627	1,595	3,907	3,859	2,889	0,778	0,922
4,258	0,938	3,968	1,308	0,685	2,345	1,93	3,788	3,049	1,568
2,237	0,622	2,819	0,946	2,378	1,463	1,316	1,093	0,838	3,802
3,889	2,554	4,233	1,598	2,34	0,8	1,522	4,075	1,703	1,32
0,822	2,507	3,52	3,776	3,518	2,79	4,757	1,244	2,61	0,58
0,992	3,461	4,558	2,359	0,725	1,73	0,748	4,589	1,256	1,446
3,488	3,772	1,12	4,166	2,451	2,309	0,921	0,568	1,178	3,103
3,037	2,217	2,304	0,693	1,217	3,528	1,134	1,217	1,224	1,01
2,735	0,568	0,541	2,915	3,747	1,837	0,822	3,393	2,582	0,855
1,222	1,167	2,298	2,444	0,707	1,344	3,459	2,396	1,109	3,614
Průměr:	2,1501	Směrodatná odchylka:			1,1949	95% Interval spolehlivosti:			0,2342

Vzorek č. 10 – PCL 80 10hm% Chloroform/etanol 8 : 2 Laboratorní (21. den)

5,258	1,479	4,273	2,804	4,491	4,946	5,299	2,524	3,92	4,704
5,175	4,246	3,651	3,138	4,085	3,694	5,12	4,203	4,097	4,123
3,644	2,691	3,608	4,15	4,347	3,311	3,818	3,751	4,102	4,573
2,72	4,037	2,148	4,274	2,612	4,316	4,854	3,544	4,339	2,723
2,214	3,496	6,19	3,945	3,976	3,911	2,901	3,286	2,438	3,052
4,162	3,471	3,289	4,901	3,087	4,165	4,608	4,703	4,295	3,479
3,536	3,527	3,906	3,558	3,589	4,205	3,775	4,099	2,437	4,125
2,401	2,99	4,067	4,858	4,323	3,391	4,266	2,946	3,342	3,672
1,328	3,928	4,491	3,721	4,356	3,699	3,39	3,472	2,994	2,346
3,692	3,371	3,547	3,383	4,356	3,528	5,059	3,908	3,606	4,304
Průměr:	3,7586	Směrodatná odchylka:			0,8259	95% Interval spolehlivosti:			0,1619

Vzorek č. 10 – PCL 80 10hm% Chloroform/etanol 8 : 2 Laboratorní (1. měsíc)

3,752	1,489	4,288	4,047	2,019	4,451	4,291	2,889	1,16	2,093
2,037	4,029	3,573	1,744	2,905	4,847	3,042	3,601	1,792	4,535
3,489	3,507	3,683	2,177	3,559	3,647	2,08	2,97	3,583	2,074
4,281	3,635	3,754	3,186	1,691	2,488	2,78	4,597	3,358	0,725
2,611	2,936	2,251	3,43	3,515	3,055	3,532	3,75	3,414	3,526
2,882	3,691	2,788	3,015	2,784	3,971	4,341	1,267	3,72	2,349
3,603	4,033	3,36	4,333	1,837	3,212	4,661	2,452	4,769	0,701
3,524	4,128	2,712	4,246	1,95	5,814	1,091	4,359	3,909	1,808
3,16	2,899	2,91	2,66	3,934	3,53	3,124	2	3,215	3,699
3,019	2,443	2,895	3,064	3,083	3,239	3,677	3,021	4,39	3,67
Průměr:	3,1681	Směrodatná odchylka:			0,9648	95% Interval spolehlivosti:			0,1891

Vzorek č. 10 – PCL 80 10hm% Chloroform/etanol 8 : 2 Laboratorní (2. měsíc)

0,641	5,292	1,161	3,9	3,505	0,873	4,105	3,426	1,98	1,023
4,515	1,63	3,443	2,848	1,449	1,224	0,717	1,703	3,001	3,377
0,49	1,731	1,685	4,163	1,579	3,651	0,579	1,459	2,966	3,046
0,673	2,347	2,618	2,447	1,644	1,426	2,197	0,609	0,58	1,449
2,27	1,998	2,347	1,188	1,539	2,589	2,791	0,831	0,867	4,066
1,658	0,873	3,248	2,539	1,3	4,616	3,177	4,857	0,528	0,763
3	1,05	4,328	3,827	4,185	1,293	1,103	1,136	2,446	0,687
0,536	4,664	3,424	0,722	3,532	2,237	3,844	2,111	1,376	3,591
2,779	0,461	1,361	1,295	2,084	1,095	0,922	0,95	4,134	3,014
2,002	2,002	2,662	1,984	2,144	4,415	0,596	1,65	0,772	4,166
Průměr:	2,2078	Směrodatná odchylka:			1,2752	95% Interval spolehlivosti:			0,25