

UNIVERZITA PARDUBICE

FAKULTA CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ

**ÚSTAV CHEMIE A TECHNOLOGIE
MAKROMOLEKULÁRNÍCH LÁTEK**

Studium liposomních systémů textilních barviv

Bc. Josef Jarkovský

Diplomová práce

2018

UNIVERSITY OF PARDUBICE

FACULTY OF CHEMICAL TECHNOLOGY

**INSTITUTE OF CHEMISTRY AND TECHNOLOGY
OF MACROMOLECULAR SUBSTANCES**

Study of liposome systems of textile dyes

Bc. Josef Jarkovský

Diploma Thesis

2018

Univerzita Pardubice
Fakulta chemicko-technologická
Akademický rok: 2017/2018

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Josef Jarkovský**
Osobní číslo: **C16486**
Studijní program: **N2808 Chemie a technologie materiálů**
Studijní obor: **Vlákna a textilní chemie**
Název tématu: **Studium liposomních systémů textilních barviv**
Zadávající katedra: **Ústav chemie a technologie makromolekulárních látek**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Vypracujte literární rešerši zaměřenou na problematiku tvorby liposomů a mikroenkapsulaci v oblasti textilní chemie. Dále se zabývejte barvením polyamidu kyselou třídou barviv.
2. Vyberte textilní barviva a textilní pomocné prostředky vhodné pro barvení Polyamidu a proveďte jejich sušení pomocí rozprašovací sušárny.
3. Studujte vliv mikroenkapsulace textilních pomocných prostředků a elektrolytů na rovnoměrnost vybarvení při různých podmínkách barvení.
4. Výsledky barvení vyhodnoťte standardními koloristickými metodami.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Michal Černý, Ph.D.

Ústav chemie a technologie makromolekulárních látek

Datum zadání diplomové práce: **2. prosince 2017**

Termín odevzdání diplomové práce: **4. července 2018**



prof. Ing. Petr Kalenda, CSc.
děkan

L.S.



Ing. David Veselý, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 28. února 2018

Prohlašuji:

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

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

Beru na vědomí, že 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, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 9/2012, bude práce zveřejněna v Univerzitní knihovně a prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne:

.....

Bc. Josef Jarkovský

Poděkování:

Děkuji svému vedoucímu diplomové práce Ing. Michalu Černému Ph.D. za pomoc při vytváření této práce, za rady a návody pro postupy a měření. Také děkuji doc. Ladislavu Burgertovi za cenné postřehy a rady. Dále mé poděkování patří Ing. Jiřímu Palarčíkovi Ph.D. za umožnění využití laboratorní centrifugy, měření DLS a zeta potenciálu. Děkuji rovněž za možnost provést měření SEM v Centru materiálů a nanotechnologií za finanční podpory MŠMT prostřednictvím projektů CZ.1.05/4.1.00/11.0251 a LM2015082.

Souhrn:

Tato diplomová práce se skládá ze tří hlavních částí. První část obsahuje literární rešerši na téma polyamid, barvení polyamidu se zaměřením na kyselá barviva, povrchově aktivní látky, liposomy, enkapsulace a metody analýzy liposomů se zaměřením na DLS, Zeta potenciál a SEM. V experimentální části se nacházejí postupy pro enkapsulaci barviv a elektrolytů, barvení PAD, popis metod použitých ke zjištění stálosti vybarvení a laboratorní metody využitě pro analýzu připravených liposomů. V části výsledky a diskuze se nacházejí data získaná z provedených experimentů zpracovaná formou grafů, tabulek, fotografií a komentářů.

Klíčová slova:

DLS, enkapsulace, kyselá barviva, lecithin, liposomy, odstředování, polyamid, skenovací elektronová mikroskopie, sprejové sušení, stálosti, vytahovací křivka, Zeta potenciál

Summary:

This diploma thesis consists of three main parts. The first part contains background research on polyamide, dyeing of polyamide focused on acid dyes, surfactants, liposomes, encapsulation and liposome analysis methods mainly DLS, Zeta potential and SEM. Experimental part contains guides for encapsulation of dyes and electrolytes, PAD dyeing, description of methods used for tests of dyes stability and description and settings of laboratory instrumentation for analysis of prepared liposomes. Results and discussion part contains data gained from executed experiments. These data are processed as graphs, charts, photos and comments.

Key words:

DLS, encapsulation, acid dyes, lecithin, liposomes, centrifugation, polyamide, scanning electron microscopy, spray drying, stability, graph of exhaustion, Zeta potential

Seznam použitých zkratk:

| | |
|------|---|
| AFM | Mikroskopie atomárních sil (Atomic force microscopy) |
| CMC | Kritická micelární koncentrace (Critical micelle concentration) |
| HPLC | Vysokoúčinná kapalinová chromatografie (High-performance liquid chromatography) |
| NMR | Nukleární magnetická rezonance (Nuclear magnetic resonance) |
| PAD | polyamid |
| SAXS | Small-angle X-ray scattering |
| SEC | Size-exclusion chromatography |
| SEM | Skenovací elektronový mikroskop (Scanning electron microscope) |
| TEM | Transmisní elektronový mikroskop (Transmission electron microscopy) |

Obsah

| | |
|--|----|
| Úvod:..... | 13 |
| 1 TEORETICKÁ ČÁST | 14 |
| 1.1 Polyamidy (PAD)..... | 14 |
| 1.2 Polyamid v textilním průmyslu..... | 15 |
| 1.3 Barvení polyamidu..... | 16 |
| 1.4 Barviva..... | 16 |
| 1.4.1 Barva a barviva | 16 |
| 1.4.2 Kyselá barviva..... | 16 |
| 1.4.3 Princip vazby barviva na polyamid..... | 17 |
| 1.4.4 Pruhost PAD | 17 |
| 1.4.5 Dosažení rovnoměrného vybarvení..... | 18 |
| 1.5 Povrchově aktivní látky..... | 18 |
| 1.5.1 Tenzidy..... | 19 |
| 1.5.2 Tenzidy v textilním průmyslu | 20 |
| 1.5.3 Povrchově aktivní látky ve vodném roztoku..... | 20 |
| 1.6 Liposomy | 22 |
| 1.6.1 Klasifikace liposomů..... | 22 |
| 1.7 Lecithin | 24 |
| 1.8 Příprava liposomů | 25 |
| 1.9 Metody mikroenkapsulace | 26 |
| 1.9.1 Nástřik povlaku | 26 |
| 1.9.2 Vytváření povlaku z roztoku..... | 26 |
| 1.9.3 Mezifázová reakce | 27 |
| 1.9.4 Trysková enkapsulace | 27 |
| 1.9.5 Vytvrzení matrice..... | 27 |
| 1.9.6 Ultrazvuková enkapsulace | 27 |
| 1.9.7 Sprejové sušení..... | 28 |
| 1.10 Analýza liposomů | 30 |
| 1.10.1 Zeta potenciál..... | 30 |
| 1.10.2 Dynamický rozptyl světla | 31 |
| 1.10.3 Skenovací elektronová mikroskopie | 32 |
| 1.11 Využití mikroenkapsulace v textilním průmyslu | 33 |
| 1.11.1 Bělení | 33 |
| 1.11.2 Barvení | 33 |
| 1.11.3 Textilní tisk | 34 |
| 1.11.4 Finální úpravy | 34 |

| | | |
|--------|---|----|
| 1.11.5 | Speciální úpravy | 34 |
| 2 | EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST | 36 |
| 2.1 | Seznam použitých přístrojů a chemikálií | 36 |
| 2.1.1 | Přístroje | 36 |
| 2.1.2 | Chemikálie | 36 |
| 2.1.3 | Barviva | 37 |
| 2.2 | Roztoky pro enkapsulaci | 38 |
| 2.2.1 | Příprava jednotlivých roztoků | 38 |
| 2.2.2 | Postup rozprašovacího sušení..... | 40 |
| 2.3 | Barvicí lázně pro vytahovací křivky | 41 |
| 2.4 | Barvení pro stálobarevnosti a krytí pruhovitosti | 43 |
| 2.5 | Hodnocení stálobarevnosti | 45 |
| 2.5.1 | Stálobarevnost v potu..... | 45 |
| 2.5.2 | Stálobarevnost při praní při 60 °C..... | 45 |
| 2.6 | Měření velikosti částic, Zeta potenciálu a odstředění | 46 |
| 2.7 | SEM fotografie..... | 46 |
| 3 | VÝSLEDKY A DISKUZE | 47 |
| 3.1 | Vyhodnocení sprejového sušení..... | 47 |
| 3.2 | Absorpční spektra barviv | 47 |
| 3.3 | Vliv enkapsulace na sílu vybarvení..... | 50 |
| 3.3.1 | Subjektivní hodnocení nestejnomyšnosti vybarvení..... | 51 |
| 3.4 | Vytahovací křivky kyselých barviv | 54 |
| 3.4.1 | Rybacidová červeň E..... | 55 |
| 3.4.2 | Egacidová žluť R..... | 55 |
| 3.4.3 | Rybacidová modř 5R..... | 56 |
| 3.4.4 | Egacidová modř K..... | 57 |
| 3.4.5 | Egacidová violet 3B..... | 57 |
| 3.5 | Hodnocení stálobarevnosti | 58 |
| 3.6 | Velikost částic, zeta potenciál a odstředování barviv | 61 |
| 3.6.1 | Velikost částic | 61 |
| 3.6.2 | Zeta potenciál | 64 |
| 3.6.3 | Odstředění barviv | 65 |
| 3.7 | Snímky ze skenovacího elektronového mikroskopu | 67 |
| 4 | ZÁVĚR | 76 |
| 5 | LITERATURA..... | 77 |

ÚVOD:

Při barvení polyamidu kyselými barvivy dochází k vysoké spotřebě elektrolytu. Elektrolyt přidávaný do barvicích lázní slouží k retardaci vytahování barviva z lázně na vlákno a tím zvyšuje rovnoměrnost vybarvení. Zasolená lázeň po ukončení barvení vytváří ekologický i finanční problém.

Tato práce se věnuje průzkumu možnosti nahrazení neutrálního elektrolytu enkapsulací barviva. Předpokládá se, že při barvení takto upraveným barvivem by v počátku docházelo k retardaci vytahování barviva podobně jako v lázni s elektrolytem. Díky absenci elektrolytu v lázni by došlo ke zvýšení ekologičnosti barvicího procesu.

1 TEORETICKÁ ČÁST

1.1 Polyamidy (PAD)

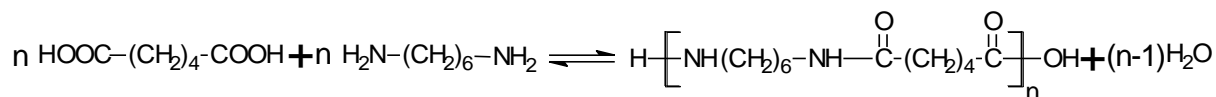
Polyamidy jsou lineární polymery s alifatickými, případně aromatickými řetězci. Řetězce obsahují amidové skupiny $-CONH-$. Polyamidy se dají vyrábět čtyřmi postupy:

1. polykondenzací diaminů a dikarboxylových kyselin
2. polyadicií cyklických laktamů
3. polykondenzací ω -aminokarboxylových kyselin
4. polykondenzací dichloridů aromatických dikarboxylových kyselin a aromatických diaminů

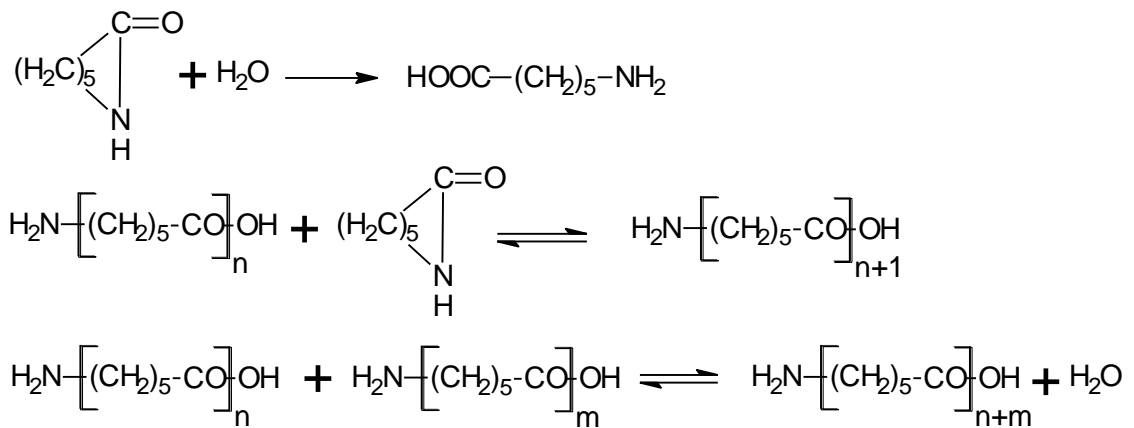
K označování alifatických polyamidů byl zaveden systém udávající počet uhlíkových atomů ve stavebních jednotkách řetězců:

- polyamid 66 je polyamid z hexamethyldiaminu a kyseliny adipové (viz. rovnice 1)
- polyamid 6 je polyamid z kyseliny 6 - aminokapronové a 6 - kaprolaktamu (viz. rovnice 2)

Vlastnosti polyamidů závisí na výchozích monomerech. Polyamidy jsou v tuhém stavu z 30-50 % krystalické a neprůhledné. Řetězce molekul jsou propojeny vodíkovými můstky mezi amidovými skupinami. Jejich množství ovlivňuje vlastnosti jako T_g , bod tání a krystalickou strukturu. Polyamidy vynikají vysokou houževnatostí, tvrdostí, odolností vůči oděru a elektroizolačním vlastnostem. Všechny polyamidy odolávají pohonným látkám, olejům a velké řadě technických rozpouštědel a roztokům alkálií. Kyseliny, obzvláště koncentrované je rozpouštějí až štěpí. Alifatické polyamidy lze zpracovávat všemi postupy pro termoplasty (vstříkávání, vytlačování na folie a monofíly) nebo zvláknovat z taveniny. ^[1]



Rovnice 1: Výroba polyamidu 66 ^[2]



Rovnice 2: Výroba polyamidu 6 ^[2]

1.2 Polyamid v textilním průmyslu

Polyamidová vlákna se průmyslově vyrábí v následujících formách: hedvábí, stříž, technický kabel, vlasec (viz. obr. 1), štětiny a žíně. Používají se pro tkaní i pletení dámského a pánského oblečení. Jedná se zejména o plášťoviny, šaty, obleky a kostýmky, svetry, imitaci kožešin a dámské spodní prádlo a punčochy. Využití nacházejí též ve výrobě sportovního oblečení, například teplákové soupravy a plavky. Často se polyamidová vlákna přidávají do směsí s bavlnou či vlnou. V tomto případě slouží zejména k vylepšení pružnosti, odolnosti proti oděru, trvanlivosti a pevnosti tkaniny. Neméně důležitá je také nesráživost směsových materiálů. Nevýhodou polyamidových vláken je jejich značný sklon ke žmolkování.

Vysoké odolnosti vůči oděru se využívá také ve výrobě bytového textilu jako jsou koberce a potahy.

Výborných technických vlastností vláken z polyamidu se využívá ve výrobě značně mechanicky namáhaných produktů. Jedná se o pásy pro dopravníky, výztuže do pneumatik, plachty na nákladní vozy, hadice, sítě, tažná lana a další. ^[3]



Obrázek 1: PAD vlasec ^[4]

1.3 Barvení polyamidu

Chemickým složením jsou polyamidy podobné vlně, ale na rozdíl od vlny obsahují méně funkčních skupin pro navázání barviv. Z tohoto důvodu má také nižší saturační hodnoty. Obsah koncových $-NH_2$ skupin klesá s rostoucím polymeračním stupněm. Polyamidová vlákna se barví rychleji než vlna, protože nemají na svém povrchu hydrofobní vrstvu. Pro běžné barvení se používají kyselá a kovokomplexní barviva. Pro barvení polyamidů lze dále použít disperzní barviva, reaktivní barviva a přímá barviva. ^[5]

1.4 Barviva

1.4.1 Barva a barviva

Barva je charakterizována následujícími veličinami:

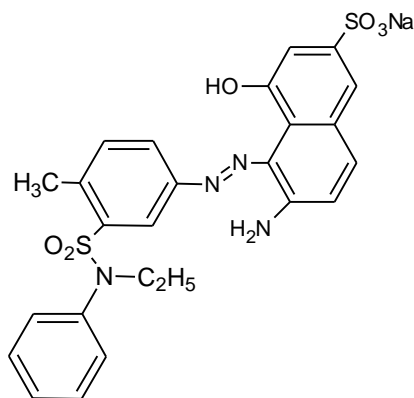
- barevný tón neboli odstín, který slouží k přiřazení ke spektrální barvě
- čistota neboli sytost, která udává množství barevného tónu v příslušné barvě
- jas neboli brilance, která udává poměr světelného toku odraženého nebo propuštěného barevným tělesem k dopadajícímu světelnému toku

Organická barviva jsou částečně či úplně rozpustná ve vodě na rozdíl od organických pigmentů, které se nerozpouští ve vodě ani ve většině organických rozpouštědel. Barviva absorbují část viditelného záření a vyzářují komplementární vlnovou délku, čili absorbuje-li barvivo modrou barvu, pak se obarvená látka jeví jako žlutá atd. ^[6]

1.4.2 Kyselá barviva

Kyselá barviva jsou anionická barviva – sodné soli sulfokyselin. Používají se k barvení přírodních proteinových vláken a polyamidových vláken. Kyselá barviva se dělí do tří podskupin podle potřebného okyselení lázně při barvení vlny nebo polyamidu.

Silně kyselá barviva, tzv. egalizační mají malé molekuly, které se k substrátu vážou elektrostatickou přitažlivostí. Barvicí lázeň je třeba okyselit koncentrovanou kyselinou mravenčí nebo sírovou na pH 2 – 3,5. Barvení se uskutečňuje pod izoelektrickým bodem daného vlákna. Dále je možné přidat síran sodný, který slouží k mírnému zpomalení sorpce barviva a ke zlepšení migrace. Jeho iont SO_4^{2-} totiž konkuruje aniontům barviva. Silně kyselá barviva se rychle sorbují i desorbují. To zajišťuje výbornou migraci a egalizaci probarvení.



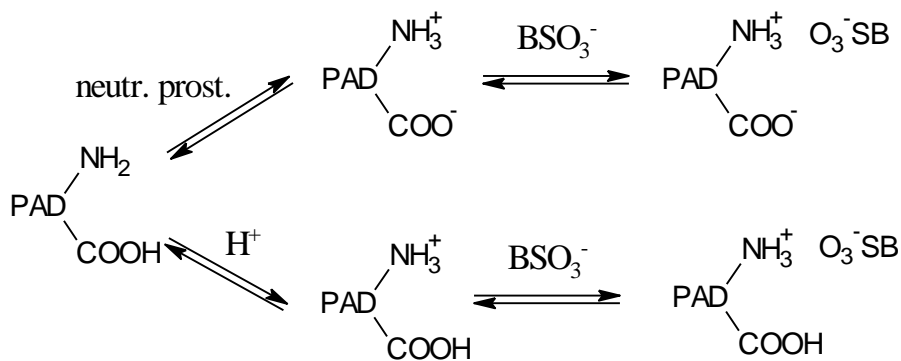
Vzorec 1: Rybacidová červeň E [7]

Slabě kyselá barviva, obchodní značkou firmy Synthesia a.s. rybacidová (viz. vzorec 1) se používají pro barvení za izoelektrického bodu pH 4 – 5,5. Lázeň se okyseluje koncentrovanou kyselinou octovou. Tato barviva mají větší molekuly a střední migrační schopnost.

Neutrálně táhnoucí barviva, tzv. midlonová mají podlouhlé lineární molekuly, u kterých se uplatňují pro uchycení na substrátu i van der Waalsovy síly. Používají se pro barvení z lázně o pH 5,5 -7. Do lázně se přidává octan amonný nebo síran amonný. [8]

1.4.3 Princip vazby barviva na polyamid

Polyamidy vážou iontová barviva pomocí protonizovaných $-NH_2$ skupin (viz. rovnice 5). Ty se nacházejí pouze na koncích polymerních řetězců. Existují dva principy sorpce barviva. Lze použít neutrální nebo kyselé prostředí (pH 3,5-5). Kromě iontových sil se zejména v neutrálním prostředí uplatňují i neiontové interakce. Vazby barviva na vlákno jsou znázorněny následující rovnicí:



Rovnice 3: Vazba barviva na polyamid [5]

1.4.4 Pruhovitost PAD

Při barvení PAD tkanin se projevuje nestejněmornost vybarvení, která se nazývá pruhovitost. Pruhovitost se projeví především u světlých odstínů.

Pruhovitost může být způsobena dvěma příčinami:

První příčinou je kolísání polymeračního stupně polyamidu. Jedná se o takzvanou chemickou pruhovitost. Je způsobena rozdílným obsahem $-NH_2$ skupin, na které se kyselé barvivo váže.

Druhou příčinou je kolísání krystalinity a orientace vláken. Nazývá se fyzikální pruhovitost a způsobují ji změny podmínek při dloužení vláken (např. popraskáním krystalitů). Zde se projevují rozdíly v rychlosti sorpce barviva na vlákno, které způsobují neegalitu vybarvení. Ta se projevuje již v začátku procesu barvení a lze ji jen obtížně odstranit (blízko rovnováhy rozdíly v kinetice mizí) nebo jen částečně. [8]

1.4.5 Dosažení rovnoměrného vybarvení

Rovnoměrného vybarvení PAD tkaniny lze dosáhnout několika způsoby. Prvním způsobem je samotný výběr barviv s nízkou afinitou a dobrou migrací může zajistit lepší probarvení materiálu. Problémem jsou nízké mokré stálosti takových barviv.

Druhým způsobem je před barvením použít anionické blokátory (anionic blocking agents) pro snížení natahování barviva.

Vyčerpávání lázně je možné ovlivňovat rychlostí ohřevu lázně. Barviva s nízkou až střední afinitou se mohou ohřívat rychlostí 2 °C/min až na teplotu mezi 85-100 °C. Dobře afinní barviva je naopak lepší ohřívat jen o 1-1,5 °C/min. Barvicí lázeň se nevyčerpává v průběhu ohřevu rovnoměrně. K největšímu vyčerpání dochází v rozmezí teplot 50-70 °C. Tento interval se nazývá kritické pásmo.

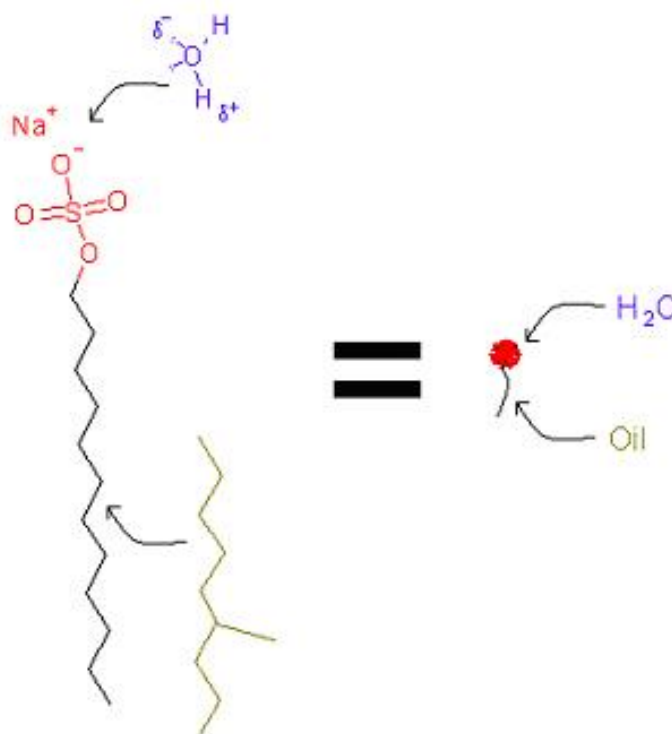
Afinitu barviv ovlivňuje pH. Se zvyšujícím se pH se snižuje vytahování barviva a výsledné vyčerpání lázně. Pro vysoce afinní barviva je vhodné používat spolu s kyselinou sůl místo čisté kyseliny. Sůl zajišťuje zpomalení vytahování barviva v kritickém pásmu. V této práci byla zkoumána možnost nahrazení soli enkapsulovaným barvivem, které by mělo zajistit stejný efekt.

Kromě anionických blokátorů lze použít i tzv. levelling agents, nebo-li egalizační prostředky. Ty mohou být dodány do lázně i při vyšší teplotě. Většinou působí za varu při pH 9-11. Dojde k částečnému odbarvení vláken a barvivo pak může být vytaženo znovu a egálněji. [9]

1.5 Povrchově aktivní látky

Povrchově aktivní látky, také nazývané tenzidy, se skládají ze dvou nebo více skupin atomů v jedné molekule, které mají odlišné vlastnosti z hlediska interakce s okolním

prostředím. Díky této unikátní stavbě jsou schopny reagovat s širokou škálou molekul od hydrofobních po lipofilní. Molekuly mají amfifilní vlastnosti. Obecně se molekula povrchově aktivní látky skládá z hydrofilní (polární) a hydrofobní (nepolární) části. Tomu odpovídá také orientace a chování molekul v roztocích. Hydrofobní část je obvykle jeden nebo více uhlovodíkových řetězců. Přítomnost více než jednoho hydrofobního řetězce nebo jejich větvení výrazně ovlivňuje chování molekuly. Takové molekuly mají tendenci tvořit micely nebo dvouvrstvé membránové útvary. Hydrofilní část je malá iontová nebo polární molekula. Obvykle se zde nachází hydroxylová skupina, fosfátová, nebo sulfátová skupina (záporně nabitá) (viz. obr. 2), nebo terciární amonný iont (kladně nabitý).^[10]



Obrázek 2: Záporně nabitý tenzid^[11]

1.5.1 Tenzidy

Tenzidy jsou povrchově aktivní látky, které usnadňují smáčení povrchu a odstranění nečistot. Docilují toho snížením povrchového napětí rozpouštědla. Dělí se na tři hlavní skupiny:

- anioaktivní tenzidy
- kationaktivní tenzidy
- neionogenní tenzidy

Do anionaktivních tenzidů patří zejména mýdla. Mýdla se vyrábí z živočišného tuku, rostlinných olejů a sodného nebo draselného louhu. Do mýdel pro průmyslové čištění jsou

ještě přidána organická rozpouštědla. Syntetické anionaktivní tenzidy se vyrábí z mastných alkoholů, kyselin a nenasycených uhlovodíků C₈ až C₁₈ a benzenu, naftalenu a fenolu. Jedná se především o výrobu pracích prášků.

Kationaktivní tenzidy se používají především jako dezinfekční látky. Použití tedy nachází jako antiseptika, dezinfekce a přísady do koupelí. Vyrábí se z kvarterních amoniových solí.

Neionogenní tenzidy se vyrábí z vyšších mastných kyselin a vyšších alkoholů. Obsahují oxyethylenované skupiny –CH₂-CH₂-O a alkylfenoly. Jejich polární skupiny umožňují tvorbu vodíkových můstků s vodou, a tudíž rozpustnost ve vodě. ^[12]

1.5.2 Tenzidy v textilním průmyslu

Tenzidy se používají v přípravných fázích textilní výroby pro praní surových přírodních vláken. Dále na odstraňování zbytků prostředků z předcházejících úprav, a to jak u přírodních, tak u syntetických vláken. Téměř po každé zušlechťovací operaci následuje praní. Tenzidy se tudíž využívají pokaždé, když je potřeba vyčistit textilii po předcházející proceduře a připravit ji na další zpracování.

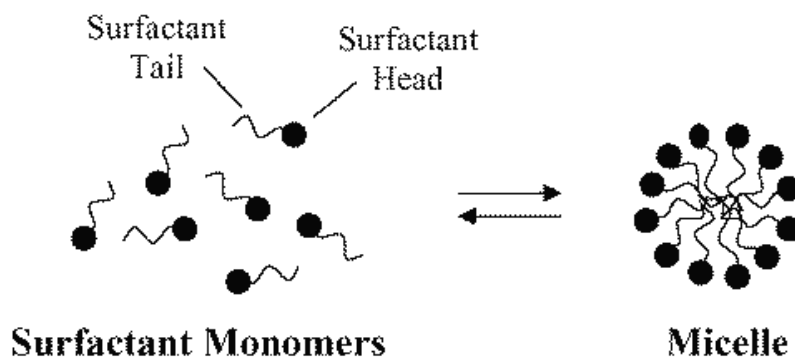
Při barvení, ale i obecně v textilním průmyslu, slouží tenzidy jako smáčedla. Zlepšují tak egalizaci barvení. Zlepšení smáčení se též využívá při mercerizaci bavlny a urychlují a zlepšují karbonizaci vlny.

Využití tenzidů jako emulgačních prostředků se týká aplikace masticích prostředků pro usnadnění spřadatelnosti vláken.

Pro barvení disperzními barvivy nebo pigmenty ve hmotě se používají tenzidy jako dispergátory. ^[13]

1.5.3 Povrchově aktivní látky ve vodném roztoku

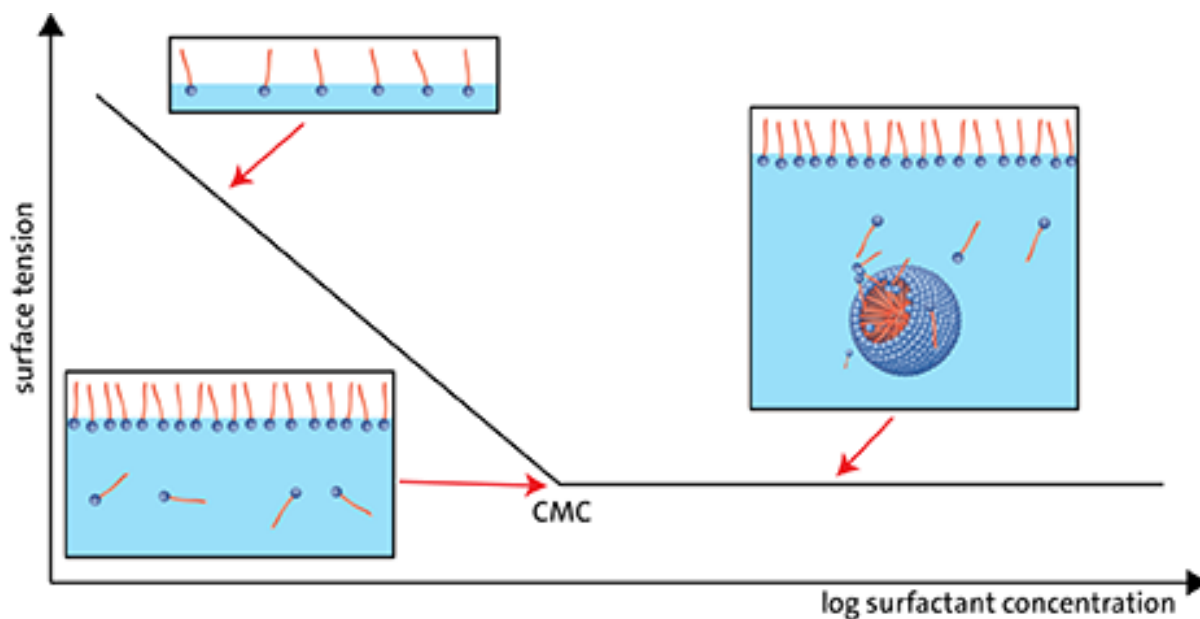
Nepolární řetězce se snaží minimalizovat interakce s polárním prostředím – vodou. To vede k asociaci surfaktantů do agregátů zvaných micely (viz obr. 3). V micely jsou hydrofobní řetězce (tails) „ukryté“ uvnitř a na povrch jsou vystaveny polární „hlavičky“ (heads) molekul. Celý útvar má díky přirozené snaze o minimalizaci povrchu kulový charakter. Tvorba micel rapidně vzrůstá po překročení kritické micelární koncentrace surfaktantů v roztoku. ^[10]



Obrázek 3: Tvorba micely ^[14]

Kritická micelární koncentrace

Surfaktanty se ve vodném prostředí přirozeně snaží orientovat tak, aby okolní vodě vystavovaly jen svoji polární hlavičku a minimalizovaly vystavení nepolárního řetězce vodě. To ale není možné, dokud je koncentrace surfaktantu příliš nízká. Jinými slovy je potřeba, aby se ve vodě nacházelo takové množství částic, při kterém mohou začít interagovat samy mezi sebou (viz. obr. 4). Tato koncentrace se nazývá kritická micelární koncentrace (CMC), protože při jejím dosažení začnou molekuly tenzidu samovolně tvořit micely.



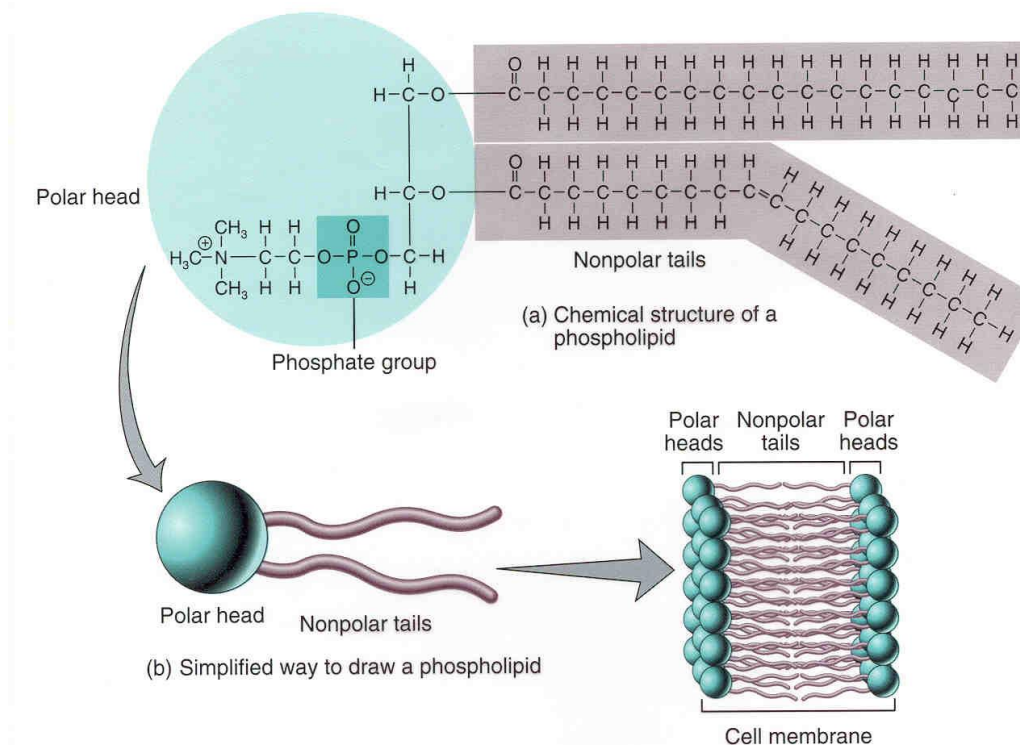
Obrázek 4: Schéma CMC ^[15]

CMC lze stanovit různými metodami. Je možné využít fyzikálně – chemických postupů: rozptylu světla, měření povrchového napětí a elektrické vodivosti. Tyto metody se zakládají na využití makroskopických změn v roztoku. Nebo lze měřit změny v mikroprostředí samotných micel během jejich tvorby. Sem patří fotometrické a fluorometrické metody. ^[16]

1.6 Liposomy

Amfifilní látky ve vodě tvoří kromě micel také dvojvrstvy. Ve dvojvrstvě jsou opět hydrofobní řetězce uzavřeny uvnitř a povrch je tvořen polárními hlavičkami. Tyto útvary mohou být buď dvojvrstvé rovinné membrány (viz. obr. 5), nebo uzavřené liposomy. Liposomy mají průměr v rozsahu zhruba od 25 nm po 1 μm . Mohou být duté, čili uvnitř je jen voda, stejně jako v okolním prostředí, nebo mohou obsahovat látky (tzv. jádro), které je třeba izolovat od okolního prostředí.

Nejznámější příklad membrán a liposomů lze najít u buněk. Zde jsou membrány tvořeny dvojvrstvou fosfolipidů. Polární část je tvořena cholinem, fosfátem a glycerolem a nepolární dvěma řetězci mastných kyselin, které se obvykle liší svou délkou. [17]



Obrázek 5: Fosfolipid a membrána [18]

1.6.1 Klasifikace liposomů

K rozřídění liposomů do jednotlivých kategorií se používají následující třípísmenné zkratky, které slouží k identifikaci typu liposomu, případně jeho velikosti a metody přípravy:

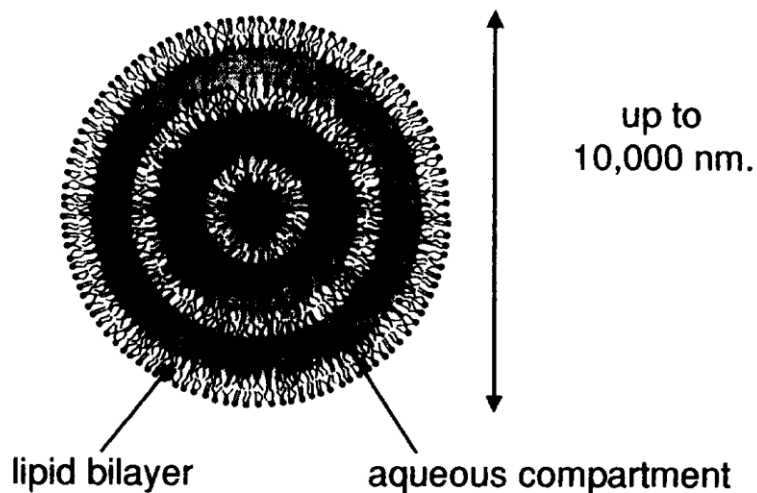
- MLV – multilamellar vesicles, velikost může dosahovat až 10 000 nm
- SUV – unilamellar vesicle of small size, malé rozměry mezi 20-50 nm
- LUV – large unilamellar vesicle, rozměrově od 50 nm až přes 10 000 nm

Dále existují novější a specifitější označení:

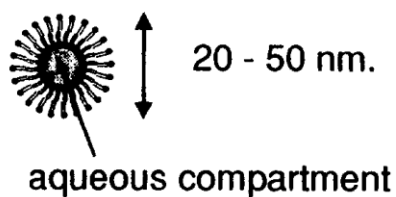
- REV – reverse evaporation vesicles, tedy liposomy připravené z vodně-organické emulze odpařením organické fáze, jsou unilamelární a mají velikost 150-450 nm
- VET – vesicles by the extrusion technique, tedy unilamelární liposomy připravené vysokotlakou extruzí MLV skrz filtr s póry o velikosti 50-180 nm
- DRV – dehydration – rehydration vesicles, které jsou připravovány z dehydratované disperze rehydrací

Na následujícím obrázku (viz obr. 6) jsou první tři základní typy liposomů pro vzájemné porovnání.^[19]

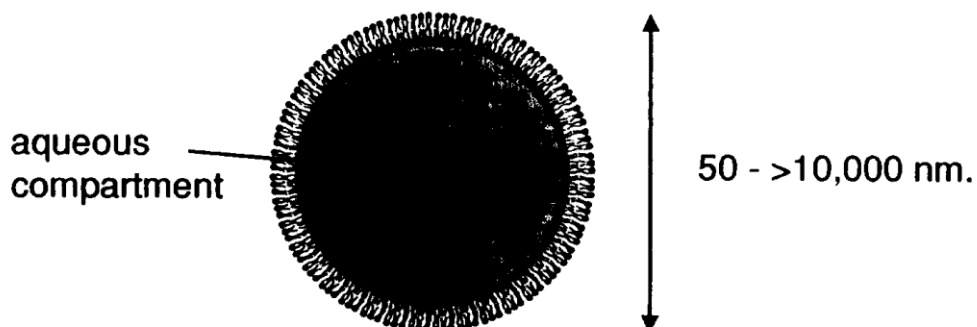
Multilamellar vesicle (MLV)



Small unilamellar vesicle (SUV)



Large unilamellar vesicle (LUV)

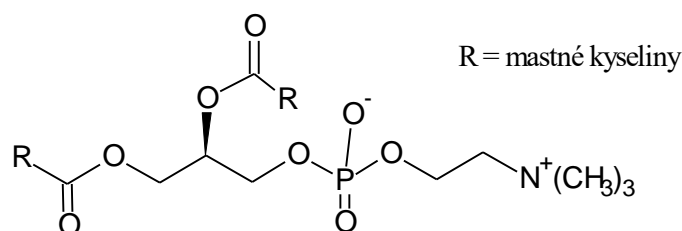


Obrázek 6: Srovnání typů liposomů ^[19]

1.7 Lecithin

Lecithin se také nazývá Phosphatidylcholin, Lecithol, Vitelin, Kelecín či Granulestin. Nachází se ve všech živých organismech, a to jak živočišných, tak v rostlinných. Má významný podíl v nervových tkáních a v mozku. Jedná se o směs diglyceridů stearových, palmitových a olejových kyselin, které jsou navázané na cholinový ester fosforečné kyseliny

(viz. vzorec 2). Lecithin je možné izolovat z vajec, nejčastěji se průmyslově získává ze sóji jako doprovodný produkt při výrobě sójového oleje. [20]



Vzorec 2: *Lecithin* [20]

Sójový lecithin obsahuje 18–20 % fosfatidylcholinu. Přítomnost lecithinu lze stanovit pomocí Fosfolipázy D, která katalyzuje jeho hydrolýzu na cholin. [21]

Lecithin je nerozpustný, ale ve vodě bobtná a v roztoku NaCl tvoří koloidní roztok. Jedná se o přírodní jedlý a stravitelný tenzid a emulgátor. Z toho vyplývá použití v potravinářství, například při výrobě margarínů a čokolády. Dále se používá v kosmetickém a farmaceutickém průmyslu a v mnohých dalších odvětvích, jako zpracování kůží a textilních materiálů. [20]

1.8 Příprava liposomů

Existuje mnoho laboratorních a velkokapacitních metod pro přípravu liposomů, které mohou mít průměr od 20 nm po několik mikrometrů a mohou mít jednu nebo více dvojvrstev. Spousta těchto postupů ovšem není vhodná pro enkapsulaci citlivých látek, jako například léčiv, protože během procesu dojde k jejich vystavení mechanickému namáhání (ultrazvuk, vysoký tlak), potenciálně škodlivým látkám (organická rozpouštědla a detergenty) nebo zvýšenému či sníženému pH. V současné době je snaha o vytvoření takových liposomů, které budou mít vhodnou velikost a strukturu a uzavřené látky z nich nebudou náhodně unikat.

Základní princip tvorby liposomů je postaven na hydrofilní, respektive hydrofobní interakci lipidů mezi sebou a lipidů s vodou. Energie dodaná systému z vnějšku, čili míchání, ultrazvuk, ohřev, třepání, způsobí ohýbání membrány a vytvoření kulového liposomu. [22]

Obvykle se pro přípravu liposomů používají metody založené na následujících technologiích:

- suchý lipidový film
- emulze
- tenzidy tvořící micely
- vstřikování alkoholu (alcohol injection technology)

Nejjednodušší způsob je založen na vytvoření disperze fosfolipidů ve vodě mícháním.

Liposomy je také možné připravit rozpuštěním a smícháním lipidů s chloroformem případně ve směsi s ethanolem a po získání homogenní směsi se organická rozpouštědla odpaří a získá se tenký lipidový film. Poslední zbytky rozpouštědla se odstraní vakuovou pumpou. Film se pak rozmíchá ve vodě ohřáté nad teplotu fázového přechodu lipidů. [23]

Mikroenkapsulace do liposomických systémů je levnější varianta v porovnání s polymerními systémy, ale z důvodu nízké rozpustnosti lipidů ve vodě je vhodné je kombinovat s neionickými tenzidy. [24]

1.9 Metody mikroenkapsulace

Komerčně se mikroenkapsulace provádí následujícími postupy:

- nástřík povlaku (Spray coating)
- vytváření povlaku z roztoku (Koacervation)
- mezifázová reakce (Interfacial reaction)
- trysková enkapsulace (Jet encapsulation)
- vytvrzení matrice (Matrix enforcement)
- ultrazvuková enkapsulace (Ultrasound encapsulation)
- sprejové sušení (Spray drying)

1.9.1 Nástřík povlaku

Jedná se o jednu z nejstarších metod mikroenkapsulace. Používala se k výrobě potahovaných tablet ve farmaceutickém průmyslu. Při této technologii dochází k potahování jemných částic, které jsou rozprášeny v proudu vzhůru směřujícím vzduchu. Při potahování se současně vytváří a vytvrzuje povlak částic. Roztok pro potahování stříká z trysky uprostřed komory a částice jsou nesené ohřátým vzduchem v okolí. Jakmile dosáhnou stropu komory, jsou odraženy na dno a celý proces se opakuje. Na částicích se vytvoří povlak bez ohledu na to, jestli jsou hladké, nebo mají nepravidelný tvar. Proces trvá mezi 1 až 2 hodinami. Pro tvorbu kapsulí lze použít například cukry, gumy, deriváty celulózy a další materiály, které mohou být rozpuštěny, emulgovány, suspendovány či roztaveny a atomizovány v kapalném skupenství.

1.9.2 Vytváření povlaku z roztoku

Koacervační fázová separace může být použita k enkapsulaci ve vodě rozpustných i nerozpustných kapalin, pevných látek a disperzí. Mikroenkapsule mohou mít velikost od 2 do

50 µm. Po vytvoření povlaku se mikrokapsule vysuší na ploše, nebo sprejově, či vymrazováním.

1.9.3 Mezifázová reakce

Jedná se o mikroenkapsulaci založenou na mezifázové polykondenzaci. Používá se hlavně v zemědělství pro zpracování pesticidů. Tato metoda byla vynalezena ve společnosti Pennwalt Corporation. Enkapsulovaný pesticid se uvolňuje difuzí nebo póry. Mikroenkapsulace zvyšuje stabilitu pesticidu a umožňuje prodloužit intervaly jeho použití. Postřik nevyžaduje použití aerosolů, a je tudíž bezpečnější pro používání.

1.9.4 Trysková enkapsulace

Mikroenkapsulace probíhá na konci trysky, která má vnitřní prostor a další prstenec okolo, tzv. dvojitá trubka. Vnitřním prostorem je vedena kapalina určená k enkapsulaci a v prstencem je veden materiál, který vytvoří kapsuli. Na konci trysky se vytvoří kapky, které mají uvnitř enkapsulovanou kapalinu a po odpadnutí projdou výměníkem tepla, kde dojde k jejich vytvrzení.

1.9.5 Vytvrzení matrice

K mikroenkapsulaci se využívá rozprašovací sušení. Atomizované kapky se vysuší pomocí proudu vzduchu. Voda nebo jiné rozpouštědlo se odstraní odpařením v proudu horkého vzduchu. Rozprašené částice směsi jádra a obalu vytvoří v horkém vzduchu mikrokapsule a ty jsou uneseny do cyklonu, kde ztratí kinetickou energii a spadají do sběrné nádoby. Rozprašování může probíhat ve směru proudění vzduch i proti směru. ^[25]

1.9.6 Ultrazvuková enkapsulace

Další vyzkoušená metoda přípravy liposomů a enkapsulace látek je ultrazvuk. Pomocí ručního tyčového ultrazvuku ponořeného do lázně lze připravit SUV liposomy. Tyto liposomy je také možné připravit sonikací MLV. Takto připravené liposomy se nazývají transferosomy. K připraveným liposomům se přidá látka určená k enkapsulaci a působením ultrazvuku dojde k uzavření látky do liposomů. ^[26]

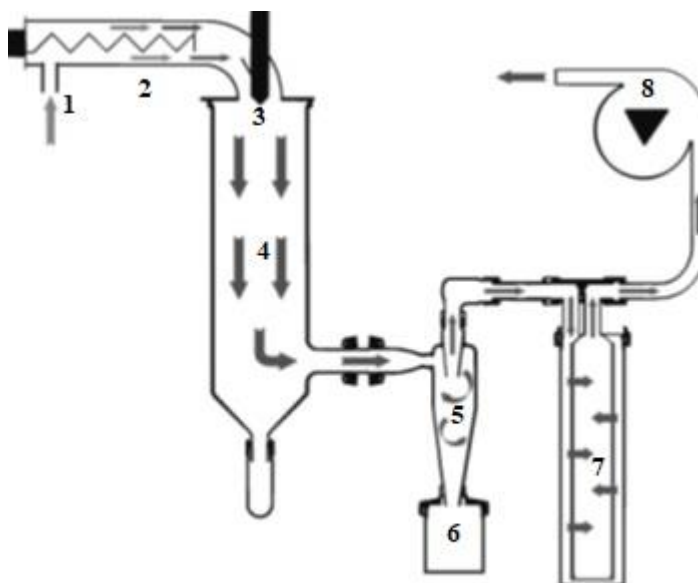
1.9.7 Sprejové sušení

Pro vysušení připravených liposomů byla používána rozprašovací sušárna (viz. obr. 7). Sprejové sušení bylo využito jako metoda izolace liposomů připravených v lázni. Sušení v inertní atmosféře bylo prováděno z důvodu možného termického rozkladu lecithinu na vzduchu.



Obrázek 7: Rozprašovací sušárna Büchi B-290

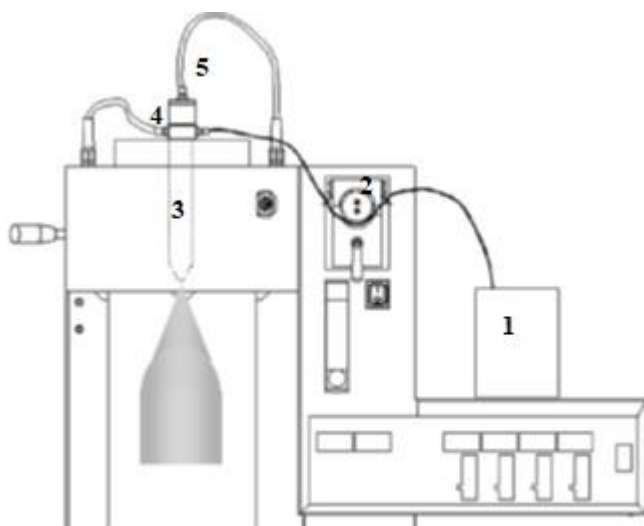
Sušárna pracuje na následujícím principu (viz. obr. 8):



Obrázek 8: Schéma sušárny

Nosný plyn (vzduch, N_2) vstupuje do systému (1) a prochází ohříváčem (2). Dále pokračuje kolem rozprašovací trysky (3) do sušícího válce (4). Zde dochází k odpaření rozpouštědla ze směsi liposomů a k jejich vysušení. Vysušené liposomy jsou nesený do cyklonu (5), kde ztratí svoji kinetickou energii a spadnou do sběrné nádoby (6). Nosný plyn (vzduch) dále pokračuje přes výstupní filtr (7) ven do digestoře. Ventilátor (8) v tomto případě nasává nový vzduch do systému. V případě uzavřeného systému, kdy se používá inertní plyn, vhání ventilátor plyn po průchodu výstupním filtrem zpět do vstupu (1). Výstupní filtr je vyroben z polyesterové tkaniny a lze ho vyjmout a vyprat.

Přenasazení sušárny z otevřeného okruhu na uzavřený probíhá následovně: ke vstupu se připojí tlaková lahev s inertním plynem, plyn se nechá několik vteřin proudit otevřeným systémem, pak se tlaková lahev odpojí a sušící okruh uzavře, inertní atmosféra zůstane uvnitř. Nasávání připraveného roztoku probíhá podle následujícího schématu (viz. obr. 9):



Obrázek 9: Schéma nasávání roztoku

Roztok určený k vysušení je nasáván z nádoby (1) pomocí peristaltického čerpadla (2) do dvojitěnné trysky (3). Vnitřní částí trysky proudí roztok a kolem nosný plyn. Kapky roztoku jsou na konci trysky rozprašeny a nesený horkým plynem do sušícího válce. Nosný plyn přichází do trysky vstupem (4) a chladicí voda vstupem (5).^[27]

1.10 Analýza liposomů

Liposomy jsou velice flexibilní struktury, použitelné pro širokou oblast výzkumu a analýzy. Díky své podobnosti s živou buňkou jsou vhodným prostředkem ke studiu membránových lipidů a interakce biomolekul a proteinů, propustnosti iontů a různých farmakochemických sloučenin. Liposomy je možné charakterizovat řadou různých technik. Zde je uveden přehled těch nejčastějších.

Lamelaritu liposomů lze studovat pomocí NMR s využitím izotopu ^{31}P . Dále je možné využít elektronovou mikroskopii, difrakci rentgenového záření, konkrétně metodu SAXS a metody založené na změně vizuálních nebo fluorescenčních signálů vysílaných markery na lipidech tvořících membránu. Poslední způsob je vhodný zejména pro membrány tvořené směsí různých lipidů, protože každý marker označí specifický lipid.

Velikost liposomů lze stanovit různými metodami. Některé ovšem vyžadují komplikovanou přípravu vzorků. Klasické analytické metody zahrnují statický a dynamický rozptyl světla, SEC, frakcionaci v tokovém poli a analytickou centrifugaci. Pro separaci liposomů se používá HPLC kombinovaná se SEC, kde lze zvolením osmoticky vhodné mobilní fáze předejít sevrkávání a deformaci vesikul.

Také je možné využít varianty elektronové mikroskopie. Zde ovšem vznikají problémy s náročnou přípravou vzorků, vznikají artefakty, liposomy je potřeba přemístit z jejich přirozeného prostředí, což může způsobit jejich zmenšení a deformaci. Velmi záleží na konkrétní zvolené metodě. Nicméně mezi využitelné EM metody patří transmisní elektronová mikroskopie, kryoelektronová mikroskopie, tzv. freeze-fracture TEM, SEM a mikroskopie atomárních sil. AFM je výhodná pro studium morfologie, velikosti a stability liposomů. ^[28]

1.10.1 Zeta potenciál

Zeta potenciál, nebo-li elektrochemický potenciál, ζ je fyzikální vlastnost, která je vlastní všem částicím v suspenzi. Měří se v milivoltech a nabývá kladných i záporných hodnot. Na základě naměřeného zeta potenciálu lze usuzovat stabilitu částic.

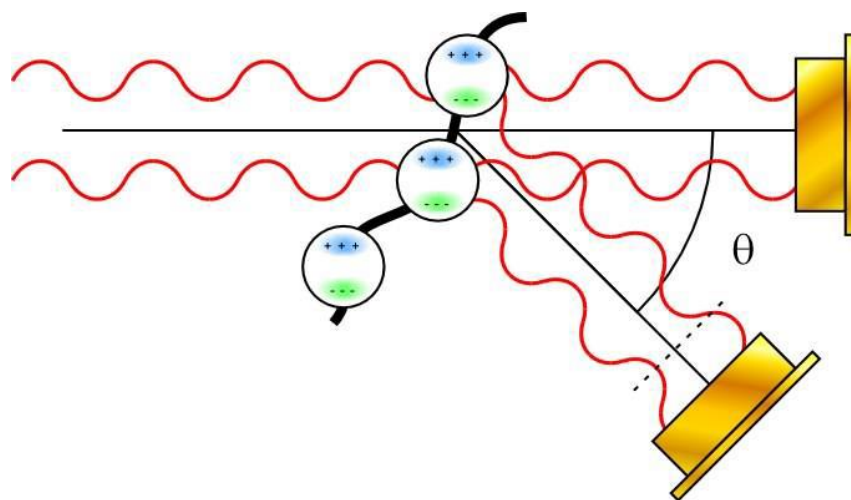
- 0 až ± 5 mV koagulace
- ± 10 až ± 30 mV počátek nestability
- ± 30 až ± 40 mV mírná stabilita
- ± 40 až ± 60 mV dobrá stabilita
- $> \pm 60$ mV vynikající stabilita

Částice ve vodném roztoku se povrchově nabíjí. Náboj mění rozložení okolních iontů a vznikne vrstva, která má odlišný náboj než okolí. Jedná se o elektrickou dvojvrstvu. Zeta potenciál je potenciál na rozhraní pevné fáze povrchu částice a okolního roztoku. [29]

1.10.2 Dynamický rozptyl světla

Dynamický rozptyl světla (angl. Dynamic Light Scattering – DLS, Photon Correlation Spectroscopy nebo Quasi – Elastic Light Scattering) je metoda sloužící ke stanovení velikosti částic.

Paprsek monochromatického světla prochází prostředím (emulze, koloidní roztok, disperze atd.) a interaguje s částicemi. Částice, na kterou světelný paprsek dopadne, slouží jako sekundární zdroj a rozptýlí paprsek do všech směrů. Intenzita rozptýleného paprsku díky Brownově pohybu rozptylujících částic fluktuuje. Nastává interference mezi jednotlivými paprsky, které jsou mezi sebou fázově posunuty (viz. obr. 10). V případě, že fázový posun odpovídá přesně polovině vlnové délky, dochází k destruktivní interferenci a paprsky se vyruší. [30]



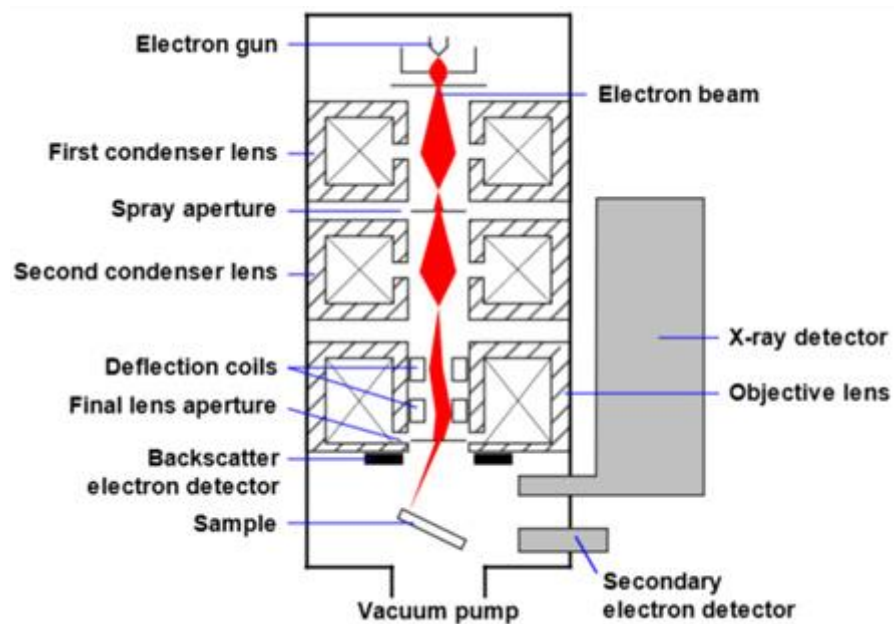
Obrázek 10: Rozptyl světla [31]

Rozptýlený paprsek dopadá na detektor napojený na korelátor, který zaznamená naměřené intenzity a pošle data do počítače, jenž stanoví velikost částic. Výstupem je distribuční křivka velikostí částic. Detektor může být fixně umístěn pod jedním úhlem, nebo může být nahrazen polem detektorů, které zaznamenávají intenzitu rozptýlených paprsků ve více úhlech.

DLS se používá k charakterizaci micel, proteinů, polymerů, nanočástic, emulzí a koloidních roztoků. [32]

1.10.3 Skenovací elektronová mikroskopie

Elektrony z elektronového děla jsou urychleny na napětí 5-50 keV a zaostřeny na plochu o průměru 50-500 Å na povrchu vzorku. Vzorek je skenován elektronovým paprskem po jednotlivých řádcích jako bod na televizní obrazovce. Elektrony pronikají do hloubky vzorku asi 1 µm. Spodní rozlišení SEM je zhruba 100 Å. Bombardováním vzorku elektrony z elektronového děla dochází k vybuzení a uvolnění sekundárních částic, které mohou být detekovány (schéma fungování SEM viz. obr. 11). Jedná se o zpětně rozptýlené elektrony (BSE), elasticky rozptýlené elektrony, Augerovy elektrony, rentgenové záření a viditelné světlo. [30]



Obrázek 11: Schéma SEM [33]

SEM se využívá pro výzkum povrchu materiálů, získání informací o velikosti, tvaru a složení pevných částic. Obraz se získá jak ze sekundárních elektronů, tak z BSE. [30]

1.11 Využití mikroenkapsulace v textilním průmyslu

Mikroenkapsulace se v textilním průmyslu využívá v různých stádiích zpracování. Níže je uveden přehled nejdůležitějších použití.

1.11.1 Bělení

Liposomy lze využít pro peroxidické bělení textilií. Výzkum byl prováděn na vlně. Enkapsulace peroxidu vodíku zabraňuje jeho rozkladu. Liposomy s kationty železa, mědi a manganu se jeví jako nejlepší inhibitory rozkladu peroxidu. Bylo zjištěno, že lipidová membrána je propustná pouze pro peroxid vodíku a současně váže rozpuštěné kovové ionty z lázně. Pozvolné uvolňování bělicího prostředku šetří textilií a zlepšuje bělicí efekt. Dochází také ke zvýšení odolnosti vlněných vláken k UV záření a látka získá měkký omak a elasticitu. [34]

1.11.2 Barvení

Při barvení vlny kyselými barvivy bylo zjištěno, že liposomy mají v počátku retardační efekt pro hydrofobní barviva. Vyčerpání lázně bylo v případě hydrofobních barviv v počátku o 10 % nižší, ale u hydrofilních barviv se naopak v počátku urychlilo. V konečné fázi barvení se lázeň vyčerpala v obou případech stejně. Retardace v počáteční fázi barvení byla ovlivněna poměrem fosfatidylcholinu a cholesterolu v membránách liposomů. Zvyšování koncentrace cholesterolu zvyšovalo inhibici barvení. Tato práce se snaží prokázat, zda má enkapsulace kyselých barviv podobný efekt i při barvení polyamidu.

Barvení vlny enkapsulovanými kovokomplexními barvivy 1:2 ukázalo, že cholesterol v liposomech ovlivňuje vytahování barviva opačně než u kyselých barviv. Liposomy mohou být použity jako přenašeče pro barvení polyesteru disperzními barvivy za nižších teplot. Vyčerpávání lázně roste s koncentrací lipidových membrán až do bodu optimální koncentrace, pak se vyčerpání snižuje.

Enkapsulace reaktivních barviv pro barvení vlny způsobuje nižší vyčerpání barviva z lázně. Pro lepší využití barviva, je potřeba prodloužit dobu barvení.

Barvením vlny přírodním barvivem (mořenou barvířskou) bylo zjištěno, že efekt liposomů je stejný jako u syntetických barviv. Navíc se zjistilo, že pro barvení enkapsulovaným barvivem stačí nižší teplota. [23]

1.11.3 Textilní tisk

Pro využití v potiskování textilií se enkapsulují pigmenty a barviva. Existují tři metody tisku, pro které se enkapsulace používá.

- Zrnitý potisk – zde se enkapsuluje barvivo do polymerních kapsulí rozpustných ve vodě. Pro nátisk se používá zrnitých vzorů.
- Elektrostatický tisk – do mikrokapsulí se uzavře barvivo a hydrofilní rozpouštědlo, které může být voda nebo alkohol. Takto je možné získat ostřejší potisk bez nutnosti použít silné elektrostatické pole.
- Přenosový tisk – u této technologie se zakapsuluje barvivo, které je dispergováno v hydrofobním prostředí. Kapsule je tvořena polymerem, například polyurethanem. Takto připravené mikrokapsule se nanesou na papír a barvivo se přeneše na textilií tepelným, mechanickým nebo světelným poškozením kapsule. Touto technologií lze potiskovat nejen syntetické, ale i přírodní materiály.

1.11.4 Finální úpravy

Využití mikroenkapsulace ve finálních úpravách zahrnuje nemačkávé a nežehlivé úpravy a povrchové efekty na přírodních vláknech, jako například patinu, opalescenci, matování a opraný vzhled.

1.11.5 Speciální úpravy

Nehořlavost se zabezpečí enkapsulací látek obsahujících fosfor, dusík či kovy. Tímto se zajistí, že nebudou interagovat s polymerem a unikat pryč. Nehořlavost se používá zejména u výroby stanů, kobereců, oblečení a v automobilovém průmyslu.

Těž lze zajistit nepromokavost textilie, a to nanesením vrstvy mikrokapsulí, které expandují, uvolní nepromokavou úpravu a vytvoří nepropustnou vrstvu.

Pomocí mikrokapsulí lze také na textilie nanášet repelentní přípravky na odpuzování hmyzu, které tak mají delší účinnost. Dále je možné textilní zboží parfémovat nebo dezinfikovat. V obojím případě mikroenkapsulace zajišťuje delší dobu trvání požadovaných efektů a jejich odolnost při praní a chemickém čištění.

Další, méně obvyklé využití mikroenkapsulace v textilnictví, zahrnuje kapsulování kosmetických a léčebných látek, jako například vitamínů E, C, výtažků z řas, různých látek proti stárnutí pleti, k jejímu bělení a hydrataci, případně k zabránění vzniku kožních plísní. ^[35]

Existuje také možnost využití mikroenkapsulace pro výrobu termochromních textilií. Jedná se o efekt, kdy látka mění svoji barvu v závislosti na teplotě. Toho lze docílit využitím kapalných krystalů nebo termochromních organických barviv. Aplikace obojího vyžaduje mikroenkapsulaci. Mikro kapsule jsou připravovány koacervací nebo mezfázovou polymerací. Na textilii jsou nanášeny postříkem, tiskem nebo nánosováním. ^[36]

2 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

2.1 Seznam použitých přístrojů a chemikálií

2.1.1 Přístroje

Tabulka 1: Použité přístroje

| Název | Výrobce, stát |
|---------------------------------------|---|
| Büchi B-290 Mini Spray Dryer | Büchi Labortechnik AG, Švýcarsko |
| ZetaPALS – Zeta Potential Analyzer | Brookhaven Instruments Corporation, USA |
| Eppendorf Centrifuge 5804 R | Fisher Scientific, Německo |
| Laboratorní váhy Kern 572 | Kern & Sohn GmbH, Německo |
| Analytické laboratorní váhy Kern ABJ | Kern & Sohn GmbH, Německo |
| ColorQuest XE | Hunterlab, USA |
| Helios Gama | ThermoFisher, USA |
| Ahiba Nuance Top Speed IIB | Datacolor, Německo |
| Elektronový mikroskop JEOL JSM-5500LV | Jeol, Japonsko |
| Fotoaparát Canon EOS 60D | Canon, Japonsko |

2.1.1 Chemikálie

Tabulka 2: Použité chemikálie

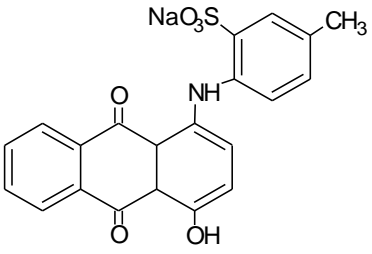
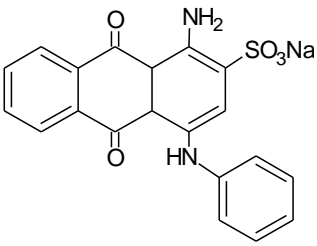
| Název | CAS číslo | Výrobce, stát | Vzorec |
|---------------|------------|-----------------------------|--------------------------------|
| Lecithin | 8002-43-5 | Archer Daniels Midland, USA | R = mastné kyseliny |
| Slovasol 257 | 68131-39-5 | Slovaca s.r.o., SR | C12-15 oxyethylenovaný alkohol |
| Síran amonný | 7783-20-2 | Lachema n.p., ČR | $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ |
| Síran sodný | 7757-82-6 | Lachema n.p., ČR | NaSO_4 |
| Kys. octová | 64-19-7 | Penta, ČR | CH_3COOH |
| Kys. mravenčí | 64-18-6 | Penta, ČR | HCOOH |

| | | | |
|-----------------------------|------------|-----------------------|---|
| Uhličitan sodný bezvodý | 497-19-8 | Lach-Ner, ČR | Na ₂ CO ₃ |
| Hydrogenfosforečnan sodný | 10039-32-4 | Lachema n.p., ČR | Na ₂ HPO ₄ ·12H ₂ O |
| Dihydrogenfosforečnan sodný | 7558-80-7 | Lachema n.p., ČR | NaH ₂ PO ₄ ·2H ₂ O |
| L-histidin monohydrochlorid | 645-35-2 | Loba-Chemie, Rakousko | C ₆ H ₉ N ₃ O ₂ ·HCl·H ₂ O |
| Detergent ECE | | Henkel KGaA, Německo | směs oxyethylenovaných C12-18 alkoholů, alkylbenzensulfonanu sodného, sodného mýdla, odpěňovače, silikátových zeolitů, uhličitanu sodného, sodné soli kopolymeru kys. akrylové a maleinové, sodného silikátu, karboxymethylcelulózy, methylfofonové kys. a vody |

2.1.2 Barviva

Tabulka 3: Použitá barviva

| Název | CAS číslo | Výrobce, stát | Vzorec |
|--|------------|--------------------|--------|
| Rybacidová červeně E (C.I. Acid Red 118) | 12217-35-5 | Synthesia a.s., ČR | |
| Egacidová žluť R (C.I. Acid Yellow 11) | 6359-82-6 | Synthesia a.s., ČR | |
| Rybacidová modř 5R (C.I. Acid Blue 113) | 3351-05-1 | Synthesia a.s., ČR | |

| | | | |
|---|-----------|-----------------------|--|
| Egacidová violet' 3B (C.I. Acid Violet 43) | 4430-18-6 | Synthesia a.s., ČR |  |
| Egacidová modř K (C.I. Acid Blue 25) | 6408-78-2 | Synthesia a.s., ČR |  |

2.2 Roztoky pro enkapsulaci

Enkapsulovány byly vodné roztoky textilních barviv a elektrolytů $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ a Na_2SO_4 spolu se Slovasolem 257 a lecithinem. Roztoky obsahovaly výše zmíněné látky v následujících poměrech: barvivo nebo elektrolyt a voda v poměru 1:3, barvivo, nebo elektrolyt a Slovasol 257 v poměru 15:1, Slovasol 257 a lecithin v poměru 2:1 a Slovasol 257 a voda v poměru 1:45.

2.2.1 Příprava jednotlivých roztoků

Rybacidová červeň E:

50 g barviva bylo rozpuštěno ve 150 ml destilované vody a 3,35 g Slovasolu 257 a 1,67 g lecithinu bylo rozpuštěno ve 150 ml dest. vody. Po rozpuštění byly oba roztoky smíchány a 30 min třepány. Následně byl celý roztok postupně převeden do rozprašovací sušárny za odpaření vody v otevřeném systému za přístupu vzduchu.

20 g barviva připraveného ve stejných poměrech bylo postupně převedeno do rozprašovací sušárny za odpaření vody v uzavřeném systému v inertní atmosféře.

Egacidová žluť R:

25 g barviva bylo rozpuštěno v 75 ml destilované vody a 1,67 g Slovasolu 257 a 0,83 g lecithinu bylo rozpuštěno v 75 ml dest. vody. Po rozpuštění byly oba roztoky smíchány a 30 min třepány. Následně byl celý roztok postupně převeden do rozprašovací sušárny za odpaření vody v otevřeném systému za přístupu vzduchu. Zde bylo nutné několikrát během sušení ředit roztok vodou z důvodu extrémního zahušťování.

10 g barviva připraveného ve stejných poměrech bylo postupně převedeno do rozprašovací sušárny za odpaření vody v uzavřeném systému v inertní atmosféře.

Egacidová violeť 3B:

10 g barviva bylo rozpuštěno v 30 ml destilované vody a 0,66 g Slovasolu 257 a 0,33 g lecithinu bylo rozpuštěno v 30 ml dest. vody. Po rozpuštění byly oba roztoky smíchány a 30 min třepány. Následně byl celý roztok postupně převeden do rozprašovací sušárny za odpaření vody v otevřeném systému za přístupu vzduchu.

Dvojnásobné množství barviva připraveného ve stejných poměrech bylo postupně převedeno do rozprašovací sušárny za odpaření vody v uzavřeném systému v inertní atmosféře.

Egacidová modř K:

10 g barviva bylo rozpuštěno v 30 ml destilované vody a 0,66 g Slovasolu 257 a 0,33 g lecithinu bylo rozpuštěno v 30 ml dest. vody. Po rozpuštění byly oba roztoky smíchány a 30 min třepány. Následně byl celý roztok postupně převeden do rozprašovací sušárny za odpaření vody v otevřeném systému za přístupu vzduchu.

Dvojnásobné množství barviva připraveného ve stejných poměrech bylo postupně převedeno do rozprašovací sušárny za odpaření vody v uzavřeném systému v inertní atmosféře.

Rybacidová modř 5R:

10 g barviva bylo rozpuštěno v 30 ml destilované vody a 0,66 g Slovasolu 257 a 0,33 g lecithinu bylo rozpuštěno v 30 ml dest. vody. Po rozpuštění byly oba roztoky smíchány a 30 min třepány. Následně byl celý roztok postupně převeden do rozprašovací sušárny za odpaření vody v otevřeném systému za přístupu vzduchu.

Dvojnásobné množství barviva připraveného ve stejných poměrech bylo postupně převedeno do rozprašovací sušárny za odpaření vody v uzavřeném systému v inertní atmosféře.

Síran amonný:

50 g síranu bylo rozpuštěno ve 150 ml destilované vody a 3,35 g Slovasolu 257 a 1,67 g lecithinu bylo rozpuštěno ve 150 ml dest. vody. Po rozpuštění byly oba roztoky smíchány a

následně byl celý roztok postupně převeden do rozprašovací sušárny za odpaření vody v otevřeném systému za přístupu vzduchu.

Poloviční množství síranu amonného připraveného ve stejných poměrech bylo postupně převedeno do rozprašovací sušárny za stálého míchání na magnetickém míchadle a voda byla odpařena v otevřeném systému za přístupu vzduchu.

Poloviční množství síranu amonného (než v prvním postupu) připraveného ve stejných poměrech bylo 30 minut třepáno a postupně převedeno do rozprašovací sušárny za odpaření vody v uzavřeném systému v inertní atmosféře.

Poloviční množství síranu amonného (než v prvním postupu) připraveného ve stejných poměrech bylo 2 hodiny třepáno a postupně převedeno do rozprašovací sušárny za odpaření vody v uzavřeném systému v inertní atmosféře.

2.2.2 Postup rozprašovacího sušení

Rozprašovací sušárna byla pokaždé nastavena dle požadovaných parametrů sušení. Nastavení je popsáno v tabulce 4. Pořadí roztoků odpovídá předcházejícímu seznamu (viz. kapitola: Příprava jednotlivých roztoků).

Tabulka 4: Nastavení rozprašovací sušárny

| Roztok | Atmosféra | Vstup [°C] | Výstup [°C] | Aspirator | Pumpa | Pulsy |
|---------------------|----------------|------------|-------------|-----------|-------|-------|
| C.I. Acid Red 118 | vzduch | 150 | 102 | 90 | 9 | 4 |
| C.I. Acid Red 118 | N ₂ | 150 | 99 | 90 | 8 | 4 |
| C.I. Acid Yellow 11 | vzduch | 150 | 99 | 88 | 9 | 4 |
| C.I. Acid Yellow 11 | N ₂ | 150 | 93 | 88 | 7 | 4 |
| C.I. Acid Violet 43 | vzduch | 150 | 97 | 88 | 7 | 4 |
| C.I. Acid Violet 43 | N ₂ | 150 | 96 | 88 | 8 | 4 |
| C.I. Acid Blue 25 | vzduch | 150 | 99 | 88 | 6 | 4 |
| C.I. Acid Blue 25 | N ₂ | 150 | 96 | 88 | 8 | 4 |
| C.I. Acid Blue 113 | vzduch | 150 | 90 | 88 | 9 | 4 |
| C.I. Acid Blue 113 | N ₂ | 150 | 91 | 86 | 9 | 4 |
| Síran amonný | vzduch | 150 | 95 | 90 | 9 | 4 |
| Síran amonný | vzduch | 150 | 87 | 87 | 9 | 4 |
| Síran amonný | N ₂ | 150 | 84 | 90 | 9 | 4 |
| Síran amonný | N ₂ | 150 | 99 | 90 | 6 | 4 |

Sušení probíhalo jak při otevřeném okruhu na vzduchu, kde vzduch sloužil i jako nosný plyn, tak v uzavřeném okruhu v inertní atmosféře N₂, kde dusík sloužil také jako nosný plyn. Dále byla porovnávána intenzifikace přípravy liposomů pomocí mechanického míchání na magnetickém míchadle s třepáním za laboratorní teploty na vodní lázni. Tento vliv byl sledován jen pro enkapsulovaný síran amonný. Pro hodnocení využití jednotlivých postupů enkapsulace byly použity fotografie ze SEM.

2.3 Barvicí lázně pro vytahovací křivky

Barvena byla tkanina polyamidu 6 o měrné hmotnosti 168 g/m². Pro vytahovací křivky se použily tkaniny o rozměrech 5 x 8 cm a hmotnosti 0,66 g. Délka lázně byla vždy 1:20 a vybarvení 1 %. Rychlost ohřevu lázně byla nastavena na 1,5 °C/min. Křivka barvení je znázorněna na obrázku 12. Barvení probíhalo v uzavřených patronách aparátu Ahiba s infračerveným ohřevem. Na schématu postupu barvení jsou vyznačeny časy a teploty, při kterých byly odebírány patrony na vytvoření vytahovací křivky. Barvicí lázně byly měřeny na transmisním spektrofotometru. Absorbance byla stanovena na základě Lambert-Beerova zákona:

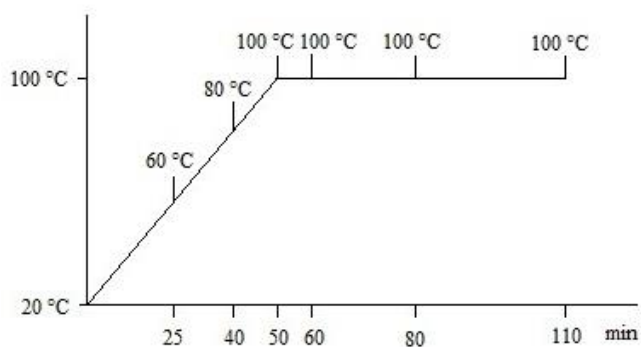
$$A = \varepsilon \cdot c \cdot l$$

A – absorbance

ε – molární absorpční koeficient

c – molární koncentrace roztoku

l – délka kyvety



Obrázek 12: Schéma postupu barvení pro vytahovací křivky

Vytahovací křivky byly získávány z barvení samotným i enkapsulovaným barvivem. Kombinace barviv a složení lázní je uvedeno v tabulce 5.

Tabulka 5: Složení lázni pro vytahovací křivky

| Lázeň | Složení |
|-------|---|
| 1 | Samotné barvivo + elektrolyt + kyselina |
| 2 | Enkapsulované barvivo + elektrolyt + kyselina |
| 3 | Barvivo enkapsulované v lázni + elektrolyt + kyselina |
| 4 | Enkapsulované barvivo + kyselina |

Podle barviva byl vybrán příslušný barvicí postup. Barvicí postupy a příslušné barvy jsou uvedeny v tabulce 6 a korespondují s doporučeným postupem barvení ze vzorkovnice.

Tabulka 6: Barvicí postupy

| Barvivo | Postup VK | Sůl | Kyselina |
|---------------------|-----------|-------------------------------------|--------------------------------|
| C.I. Acid Red 118 | IV | 7 % Na ₂ SO ₄ | 4 % CH ₃ COOH (80%) |
| C.I. Acid Yellow 11 | II | 7 % Na ₂ SO ₄ | 4 % HCOOH (85%) |
| C.I. Acid Violet 43 | II | 7 % Na ₂ SO ₄ | 4 % HCOOH (85%) |
| C.I. Acid Blue 25 | II | 7 % Na ₂ SO ₄ | 4 % HCOOH (85%) |
| C.I. Acid Blue 113 | IV | 7 % Na ₂ SO ₄ | 4 % CH ₃ COOH (80%) |

Hodnoty vyčerpání barviva z lázně byly zjištěny nepřímo pomocí měření absorbance barvicí lázně na transmisním spektrofotometru. Vyčerpání lázně bylo následně vypočítáno pomocí vztahu:

$$A_{\%} = \left(1 - \left(\frac{A_x}{A_0}\right)\right) \cdot 100$$

A_% - procento vyčerpání barviva z lázně

A_x – absorbance barvicí lázně v daném čase

A₀ – absorbance barvicí lázně na počátku

2.4 Barvení pro stálobarevnosti a krytí pruhovitosti

Pro barvení byly použity tkaniny o rozměrech 15 x 12 cm a hmotnosti 3,05 g. Délka lázně byla 1:20 a vybarvení 0,5 %. Látky byly předem našity na 3D nosiče (viz. obrázek 14) a barveny v uzavřených patronách v barvicím aparátu Ahiba.



Obrázek 13: PAD na 3D nosiči

Složení barvicích lázní popisuje tabulka 7.

Tabulka 7: Lázně pro stálostí a krytí pruhovitosti

| Lázeň | Složení |
|-------|---|
| 1 | Samotné barvivo + elektrolyt + kyselina |
| 2 | Enkapsulované barvivo v inertu + kyselina |
| 3 | Enkapsulované barvivo ve vzduchu + kyselina |

Kyseliny a sůl byly použity v množství dle postupů v tabulce 6. Obarvené tkaniny byly sejmuty z nosičů, vyfotografovány ve světelném boxu, změřeny na remisním spektrofotometru a použity na zkoušky stálostí. Remisní spektrofotometr byl nastaven na měření za osvětlení D65, 10° pozorovatel, měření bylo prováděno s leskem (RSIN). Průměr otvoru byl nastaven na 9,5 mm. Vztahy pro výpočet síly vybarvení u jednotlivých vzorků jsou následující:

Relativní barevná síla pro reflektanci:

$$Avg = \frac{\sum_{\lambda=1}^{počet} K/S_{\lambda}}{počet}$$

Vážená barevná síla pro reflektanci:

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

E_{λ} ... typ zdroje osvětlení

S_{λ} ... 2° nebo 10° pozorovatel

Použitý barevný prostor CIE $L^*a^*b^*$ (viz. obrázek 13), ve kterém:

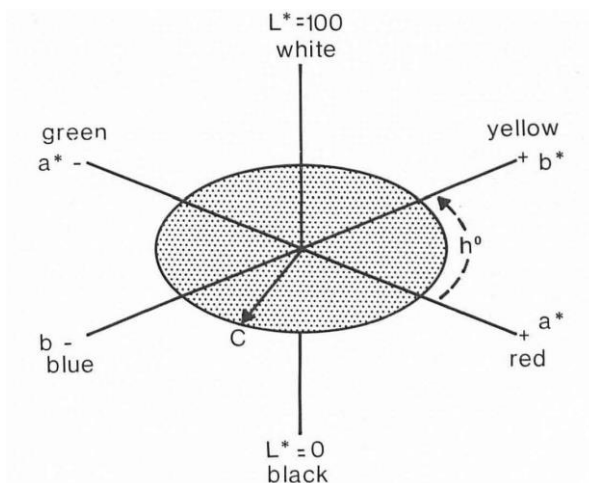
L^* - parametr světlosti, pohybuje se v rozmezí 0 (tmavý) až 100 (světlý)

a^* - osa barevnosti od $+a^*$ (červená) po $-a^*$ (zelená)

b^* - osa barevnosti od $+b^*$ (žlutá) po $-b^*$ (modrá)

Změna barevnosti se vypočítá dle vztahu:

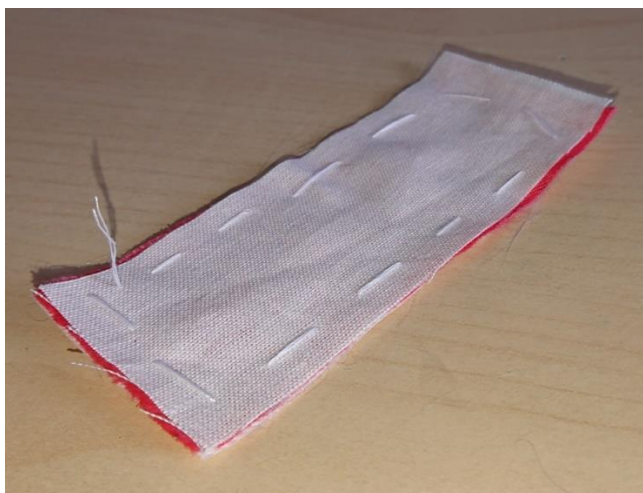
$$\Delta E = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \text{ [37]}$$



Obrázek 14: CIE $L^*a^*b^*$ prostor [37]

2.5 Hodnocení stálobarevnosti

Na obarvených PAD tkaninách byly provedeny zkoušky stálosti v alkalickém a kyselém potu a při praní na 60 °C dle platných norem. Pro tyto zkoušky byly nastříhány vzorky o rozměrech 10 x 4 cm. K nim se přidala vždy stejná PAD tkanina a bavlněná tkanina o stejném rozměru a vše bylo sešito do sendvičových vzorků s obarvenou tkaninou uprostřed (viz. obrázek 15).



Obrázek 15: Sendvičový vzorek

2.5.1 Stálobarevnost v potu

Složení lázní na potní zkoušky je v tabulce 8. Zkouška byla provedena podle normy ČSN EN ISO 105-E04.

Tabulka 8: Složení potních lázní

| Kyselý pot | | Alkalický pot | |
|----------------------------------|---------|----------------------------------|---------|
| L-histidin monohydrochlorid | 0,5 g/l | L-histidin monohydrochlorid | 0,5 g/l |
| NaCl | 5 g/l | NaCl | 1 g/l |
| NaH ₂ PO ₄ | 2,2 g/l | Na ₂ HPO ₄ | 5 g/l |
| pH 5,5 (rozt. 0,1M NaOH či HCl) | | pH 8 (rozt. 0,1M NaOH) | |

Sdružené vzorky byly ponořeny na 15 min do lázně, pak navršeny na sebe mezi skleněné destičky a zatíženy 5 kg závažím a ponechány 4 h při 37 °C.

2.5.2 Stálobarevnost při praní při 60 °C

Složení lázně je uvedeno v tabulce 9. Délka lázně byla 1:50 a zkouška proběhla v barvicím aparátu Ahiba. Praní trvalo 30 minut. Zkouška byla provedena podle normy ČSN EN 20 105-C04.

Tabulka 9: Složení lázně pro praní při 60 °C

| Látka | Množství [g/l] |
|------------------|-----------------------|
| Kalcinovaná soda | 2 |
| Detergent ECE | 5 |

Po provedení stálobarevnostních zkoušek byly vzorky proměřeny na remisním spektrofotometru, který byl nastaven stejným způsobem jako u měření síly vybarvení polyamidových tkanin.

2.6 Měření velikosti částic, Zeta potenciálu a odstředění

Pro hodnocení míry enkapsulace byly v souladu s literaturou i dřívějšími pracemi na oddělení použity metody měření velikosti částic včetně stanovení Zeta potenciálu. Dále byl sledován vliv odstředění enkapsulovaného barviva na výše uvedené veličiny. Pro tato měření byly připraveny koncentrační řady enkapsulovaných barviv a samotného lecithinu se Slovasolem 257. Koncentrace roztoků postupovaly od 1 g/l po 6 g/l vždy po jednom g/l. Na jednotlivých roztocích byla změřena velikost částic a Zeta potenciál.

Připravené roztoky byly také odstředěny 20 minut při 10000 a 11000 ot./min. Stejným způsobem byly odstředěny roztoky samotného barviva ve vodě opět v koncentracích 1-6 g/l. Roztoky byly před odstředěním a po odstředění změřeny na transmisním spektrofotometru a byly zjištěny procentuální úbytky absorbance v odstředěných roztocích.

2.7 SEM fotografie

Vzorky vysušených enkapsulovaných barviv a elektrolytů byly vyfotografovány na skenovacím elektronovém mikroskopu. Snímky byly pořízeny při zvětšeních 100 μm 30 μm a 10 μm .

3 VÝSLEDKY A DISKUZE

3.1 Vyhodnocení sprejového sušení

Byla vyhodnocena efektivita sprejového sušení použitého k izolaci připravených liposomů z roztoku. Výtěžnost jednotlivých sušení je uvedena v tabulce níže. Jednotlivé sloupce popisují enkapsulovanou látku, resp. typ sušení (druh atmosféry, případně způsob přípravy před sušením).

Tabulka 10: Efektivita sušení síranu amonného v procentech

| Látka | Inertní atm. po 30 min třepání | Inertní atm. po 2 h třepání | Vzduch, sušené hned | Vzduch + mag. míchadlo |
|--------------|--------------------------------|-----------------------------|---------------------|------------------------|
| Síran amonný | 61,80 | 67,90 | 77,80 | 73,60 |

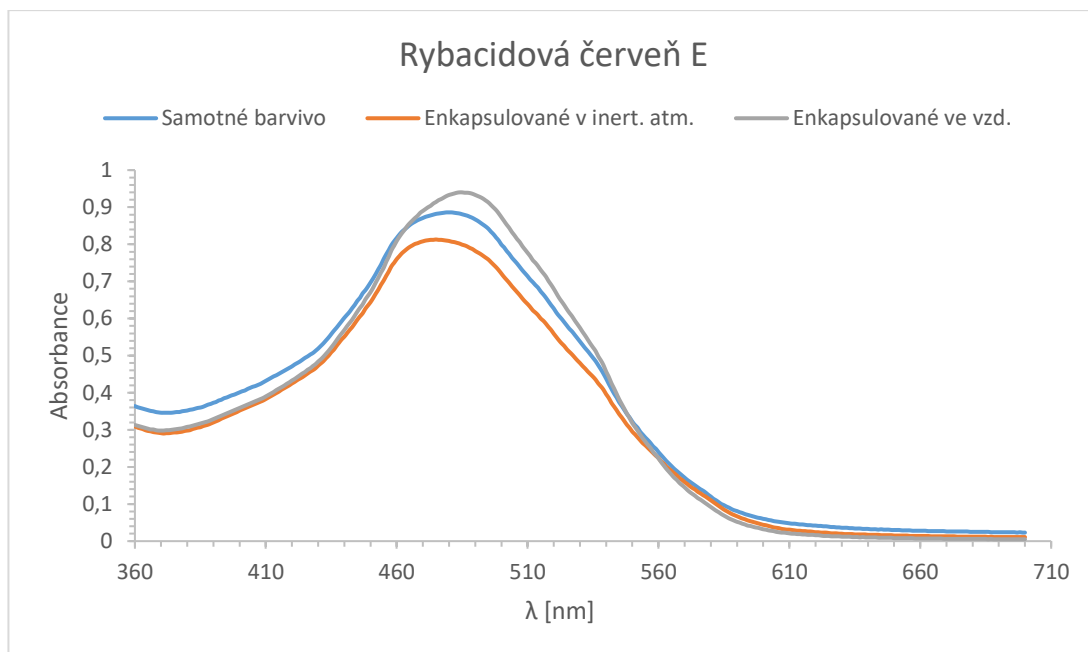
Tabulka 11: Efektivita sušení barviv v procentech

| Látka | Inertní atm. | Vzduch |
|----------------------|--------------|--------|
| Rybacidová červeň E | 56,70 | 56,50 |
| Egacidová žlut' R | 66,12 | 68,80 |
| Rybacidová modř 5R | 70,10 | 82,10 |
| Egacidová modř K | 51,00 | 70,40 |
| Egacidová violet' 3B | 53,70 | 80,40 |

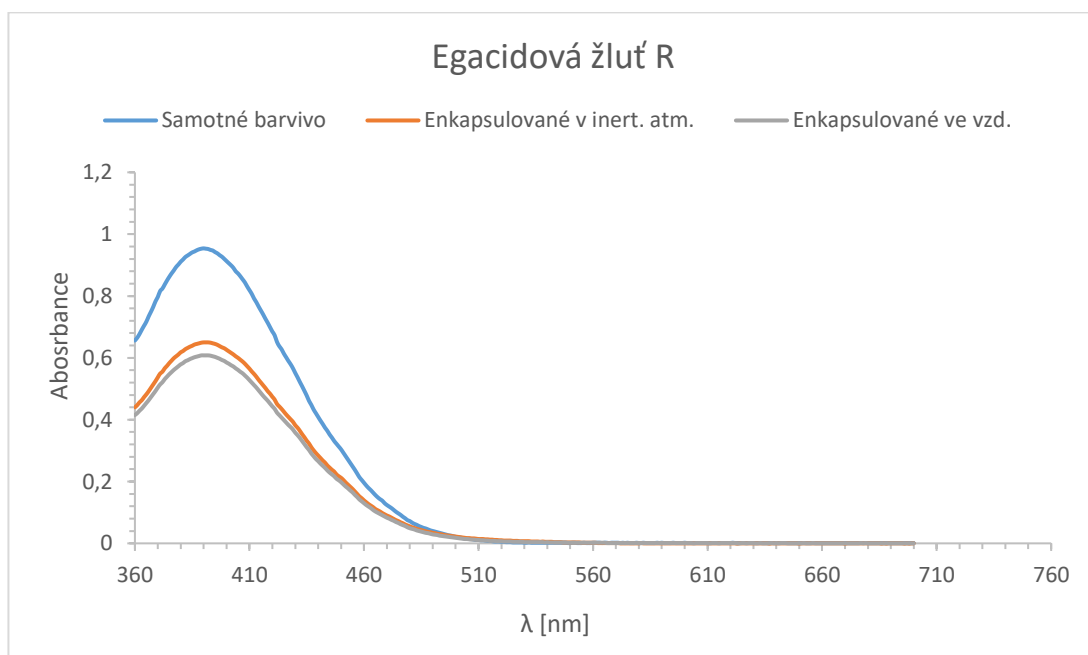
Z uvedených hodnot je zřejmé, že sušení v inertní atmosféře přineslo nižší výtěžek oproti sušení ve vzduchu. Výjimku tvoří Rybacidová červeň E, kde byly výtěžky zhruba shodné. Zhoršení bylo nejspíše způsobeno nižším tlakem v systému při uzavření sušícího okruhu s inertním plynem. Vliv struktury chromoforu kyselého barviva (azo vs. antrachinon) na samotnou enkapsulaci na hodnotách efektivity sprejového sušení není zřejmý.

3.2 Absorpční spektra barviv

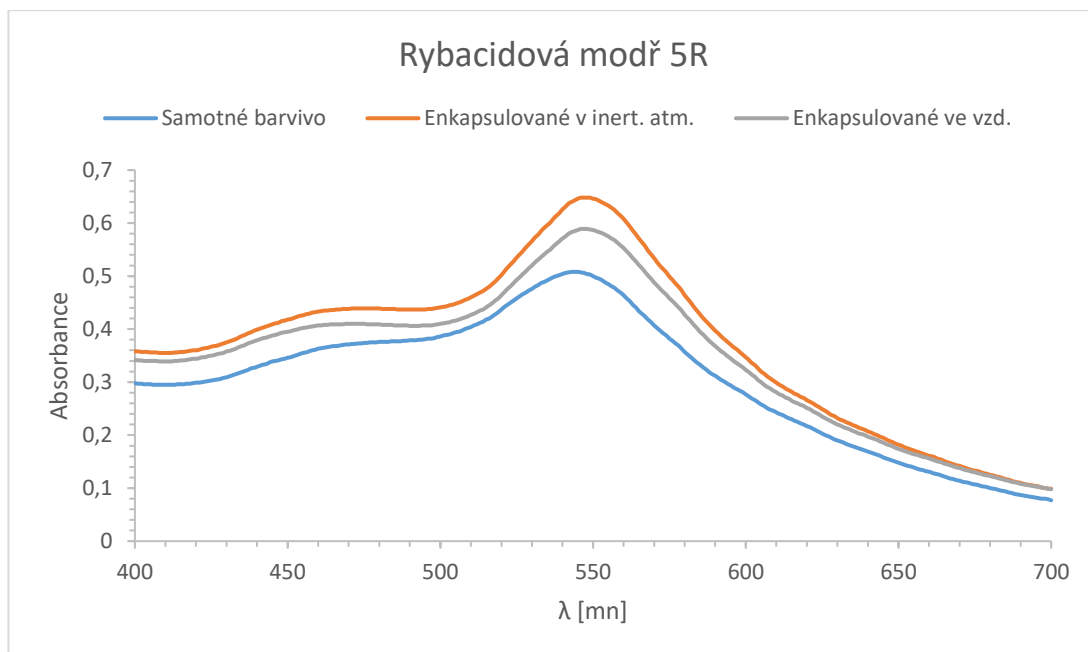
Absorpční spektra byla změřena u všech barviv, a to jak u samotných, tak u barviv enkapsulovaných v inertní atmosféře i na vzduchu.



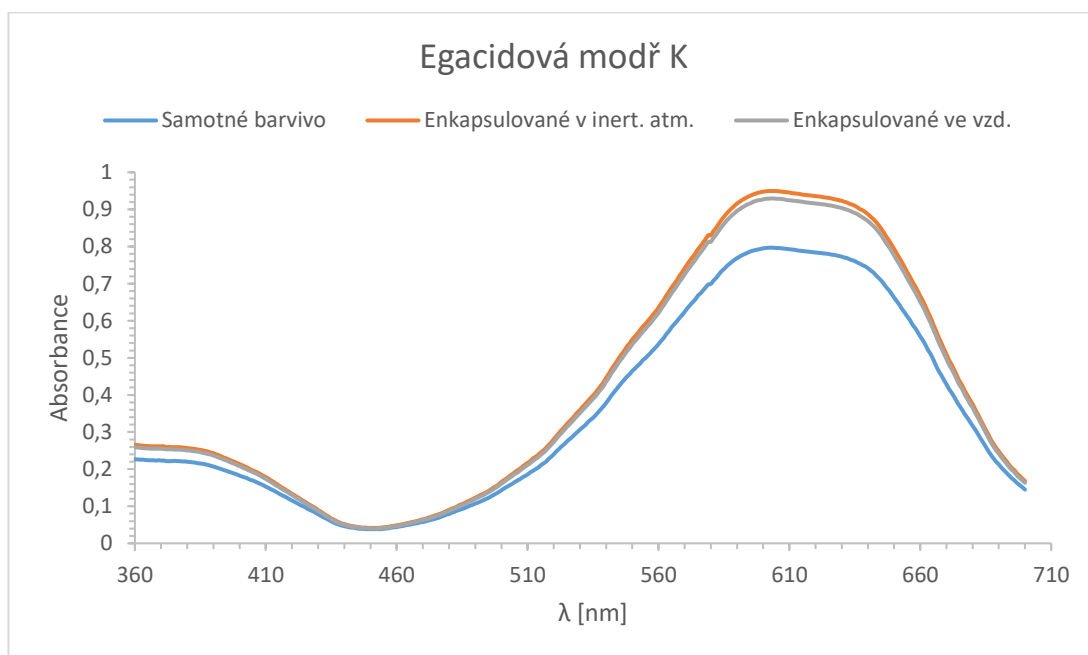
Graf 1: Absorpční spektrum Rybacidové červeně E



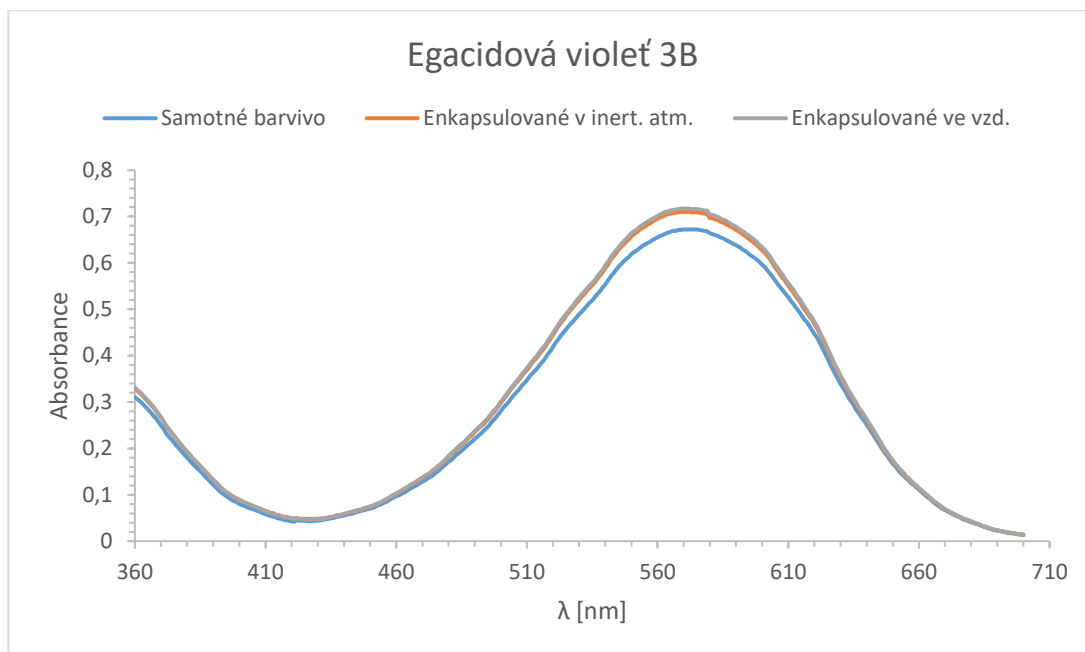
Graf 2: Absorpční spektrum Egacidové žlutí R



Graf 3: Absorpční spektrum Rybacidové modře 5R



Graf 4: Absorpční spektrum Egacidové modře K



Graf 5: Absorpční spektrum Egacidové violeť 3B

Absorpční maxima barviv byla stanovena následovně: Rybacidová červeň E 481 nm, Egacidová žluť R 381 nm, Egacidová violeť 3B 577 nm, Egacidová modř K 604 nm a Rybacidová modř 5R 544 nm.

Z grafů je patrné, že typ enkapsulace barviva nemá vliv na výsledný odstín. Výjimku tvořila Egacidová červeň E, kde došlo při enkapsulaci na vzduchu k posunutí absorpčního maxima na 494 nm.

3.3 Vliv enkapsulace na sílu vybarvení

Tkaniny byly obarveny podle postupů uvedených v tabulce 7 experimentální části práce. Výsledná vybarvení byla objektivně hodnocena na remisním spektrofotometru a porovnávána s vybarvením standardním barvicím postupem. Výsledky z měření jsou uvedeny níže (viz tabulky 12 a 13). Pro lepší názornost jsou hodnoty rozděleny dle odstínové odchylky síly vybarvení.

Tabulka 12: Vliv enkapsulace na změnu síly vybarvení

| Barvivo | Typ barviva | Typ enkapsulace | Odchylky |
|---------------------|-------------|---------------------|---------------------------|
| Rybacidová červeň E | azo-barvivo | v inertní atmosféře | světlejší, B, méně chrom. |
| | | na vzduchu | světlejší, B, méně chrom. |
| Egacidová žluť R | azo-barvivo | v inertní atmosféře | světlejší, G, více chrom. |
| | | na vzduchu | světlejší, G, více chrom. |
| Rybacidová modř 5R | azo-barvivo | v inertní atmosféře | tmavší, R, méně chrom. |
| | | na vzduchu | tmavší, R, méně chrom. |

| | | | |
|----------------------|------------------------|---------------------|-----------------------------------|
| Egacidová modř K | antrachinonové barvivo | v inertní atmosféře | st. světlost, R, více chrom. |
| | | na vzduchu | tmavší, R, méně chrom. |
| Egacidová violet' 3B | antrachinonové barvivo | v inertní atmosféře | světlejší, st. odst., více chrom. |
| | | na vzduchu | st. světlost, R, více chrom. |

Tabulka 13: Porovnání síly vybarvení enkapsulovaných barviv

| Barvivo | Typ enkapsulace | Avg. Strenght | Wgh. Strenght |
|----------------------|---------------------|---------------|---------------|
| Rybacidová červeně E | v inertní atmosféře | 91,84 | 91,81 |
| | na vzduchu | 87,80 | 87,50 |
| Egacidová žlut' R | v inertní atmosféře | 100,24 | 100,44 |
| | na vzduchu | 97,86 | 97,74 |
| Rybacidová modř 5R | v inertní atmosféře | 112,61 | 112,97 |
| | na vzduchu | 126,36 | 126,84 |
| Egacidová modř K | v inertní atmosféře | 103,44 | 103,42 |
| | na vzduchu | 103,12 | 103,43 |
| Egacidová violet' 3B | v inertní atmosféře | 91,92 | 92,78 |
| | na vzduchu | 100,31 | 100,82 |

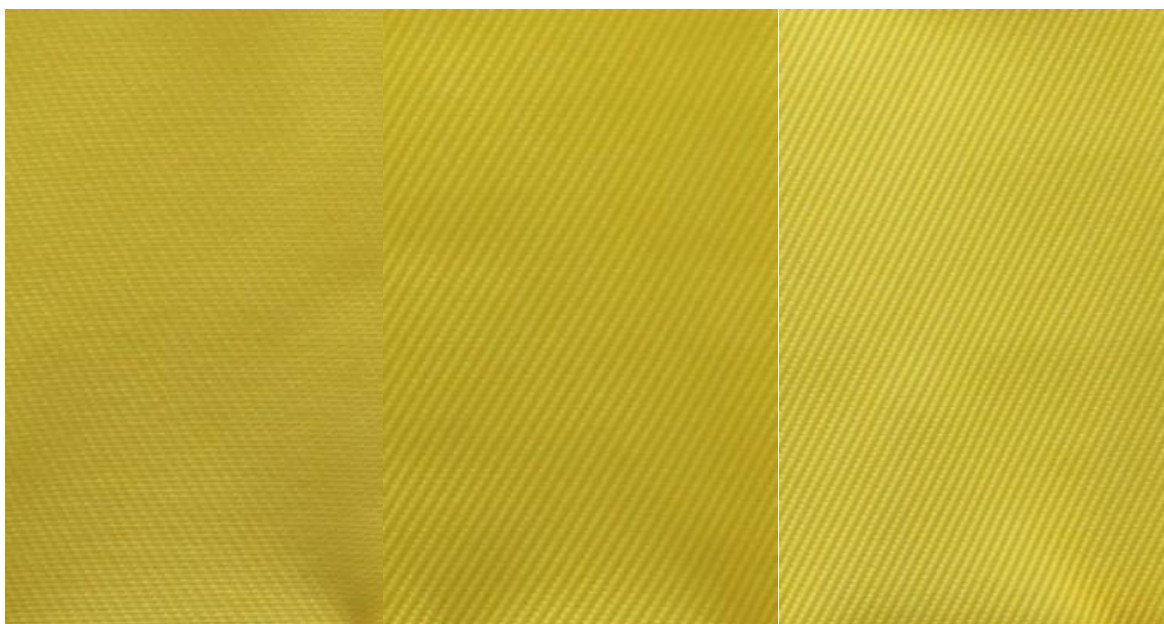
Z hodnot uvedených v tabulkách 12 a 13 je zřejmé, že síla vybarvení tkanin se příliš nemění. Jedinou výjimkou je Rybacidová modř 5R. Síla vybarvení v tomto případě byla výrazně vyšší než při barvení neenkapsulovaným barvivem. Překvapivé je, že barvivo enkapsulované na vzduchu vykázalo vyšší sílu vybarvení než barvivo enkapsulované v inertní atmosféře. U Rybacidové červeně E byla síla vybarvení nižší zejména při vybarvení barvivem enkapsulovaným na vzduchu.

3.3.1 Subjektivní hodnocení nesterjnoměrnosti vybarvení

Pro hodnocení míry rovnoměrnosti vybarvení bylo zvoleno hodnocení fotografií jednotlivých materiálů. Fotografie jsou řazeny ve stejném pořadí jako v tabulce 12. Snímky slouží k porovnání PAD tkaniny vybarvené klasickým způsobem barvení s elektrolytem, s využitím barviva enkapsulovaného v inertní atmosféře a enkapsulovaného na vzduchu. Při barvení enkapsulovanými barvivy byla do barvicí lázně kromě barviva přidána pouze kyselina. Zjišťoval se vliv nahrazení elektrolytu používaného při klasickém barvení enkapsulací.



Obrázek 16: Rybacidová červeň E barvená klasickým způsobem, enkapsulovaná v inertní atmosféře, enkapsulovaná na vzduchu



Obrázek 17: Egacidová žlutá R barvená klasickým způsobem, enkapsulovaná v inertní atmosféře, enkapsulovaná na vzduchu



Obrázek 18: Rybacidová modř 5R barvená klasickým způsobem, enkapsulovaná v inertní atmosféře, enkapsulovaná na vzduchu



Obrázek 19: Egacidová modř K barvená klasickým způsobem, enkapsulovaná v inertní atmosféře, enkapsulovaná na vzduchu



Obrázek 20: Egacidová violet' 3B barvená klasickým způsobem, enkapsulovaná v inertní atmosféře, enkapsulovaná na vzduchu

Fotografie jednotlivých vzorků tkanin dokazují, že enkapsulace textilního barviva může z hlediska rovnoměrnosti vybarvení nahradit použití neutrálního elektrolytu. Nebyl zjištěn výrazný rozdíl mezi jednotlivými typy chromoforů.

3.4 Vytahovací křivky kyselých barviv

Vytahovací křivky byly měřeny v intervalech vyznačených na obrázku 12. Absorbance lázni byla měřena při vlnových délkách absorpčních maxim popsanych v kapitole 4.2. Vysvětlivky k legendám u grafů, které popisují typy barvení jsou uvedeny v tabulce 14.

Tabulka 14: Vysvětlivky k vytahovacím křivkám

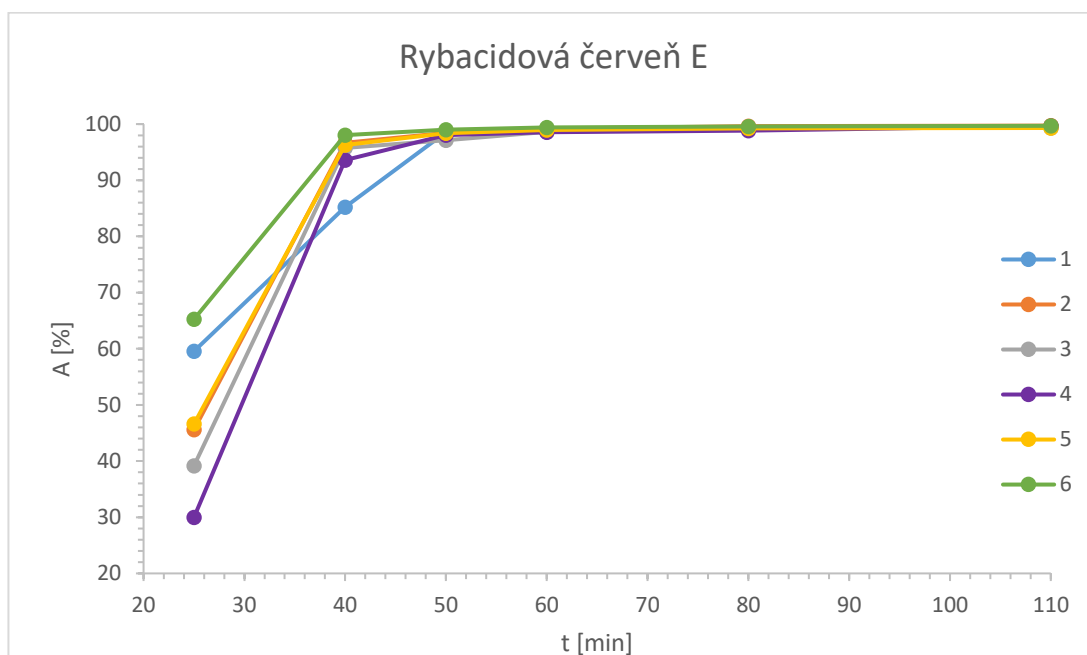
| Řada | Typ barvení |
|------|--|
| 1 | Klasické barvení |
| 2 | Barvivo enkapsulované v inertní atm. + elektrolyt + kyselina |
| 3 | Barvivo enkapsulované v lázni + elektrolyt + kyselina |
| 4 | Barvivo enkapsulované v inertní atm. + kyselina |
| 5 | Barvivo enkapsulované ve vzduchu + elektrolyt + kyselina |
| 6 | Barvivo enkapsulované ve vzduchu + kyselina |

Barviva jsou opět ve stejném pořadí jako v tabulce 10. Z následujících grafů je zřejmé, že enkapsulace kyselého barviva má vliv na počáteční fázi barvicího procesu. Výsledky jsou diskutovány pro jednotlivá barviva zvlášť. Získané poznatky nelze obecnit pro jednotlivé

chromofory, každé barvivo se chovalo odlišně. Obecně ale enkapsulace kyselého barviva nemá vliv na výsledné vyčerpání barviva z barvicí lázně.

3.4.1 Rybacidová červeně E

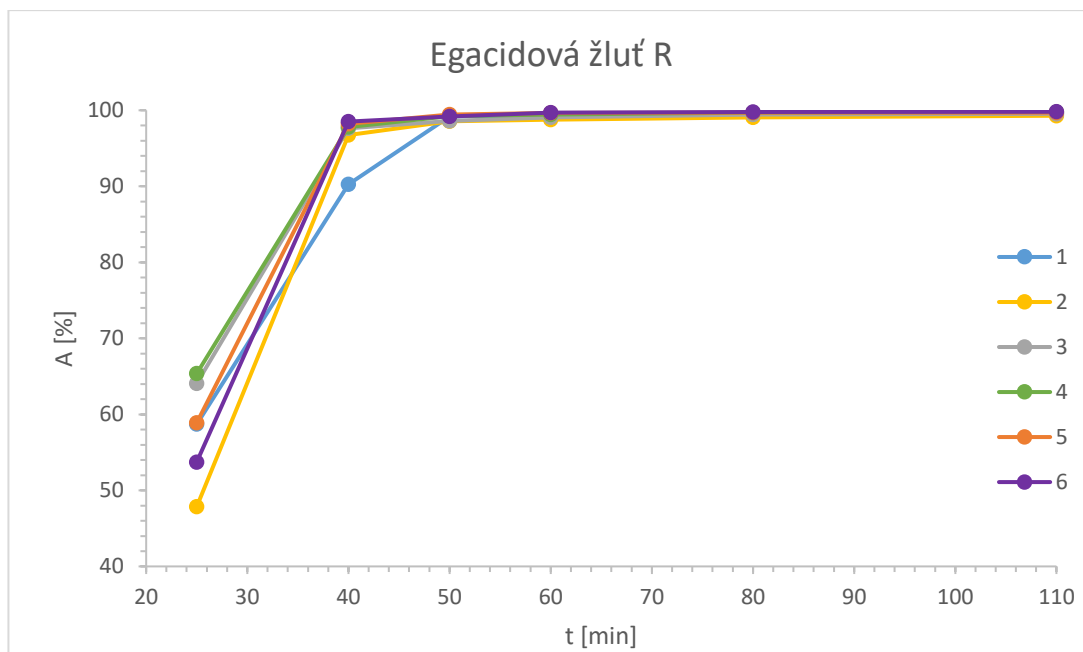
U Rybacidové červeně E docházelo k největší retardaci vytahování barviva u barvicí lázně pouze s barvívem enkapsulovaným v inertní atmosféře a kyselinou. Po dosažení teploty 100 °C bylo vyčerpání lázně, dosahující téměř 100 %, shodné u všech barvicích postupů. Jedině při klasickém barvení neenkapsulovaným barvívem docházelo ještě ve 40. minutě k mírné retardaci.



Graf 6: Vytahovací křivky Rybacidové červeně E

3.4.2 Egacidová žlutě R

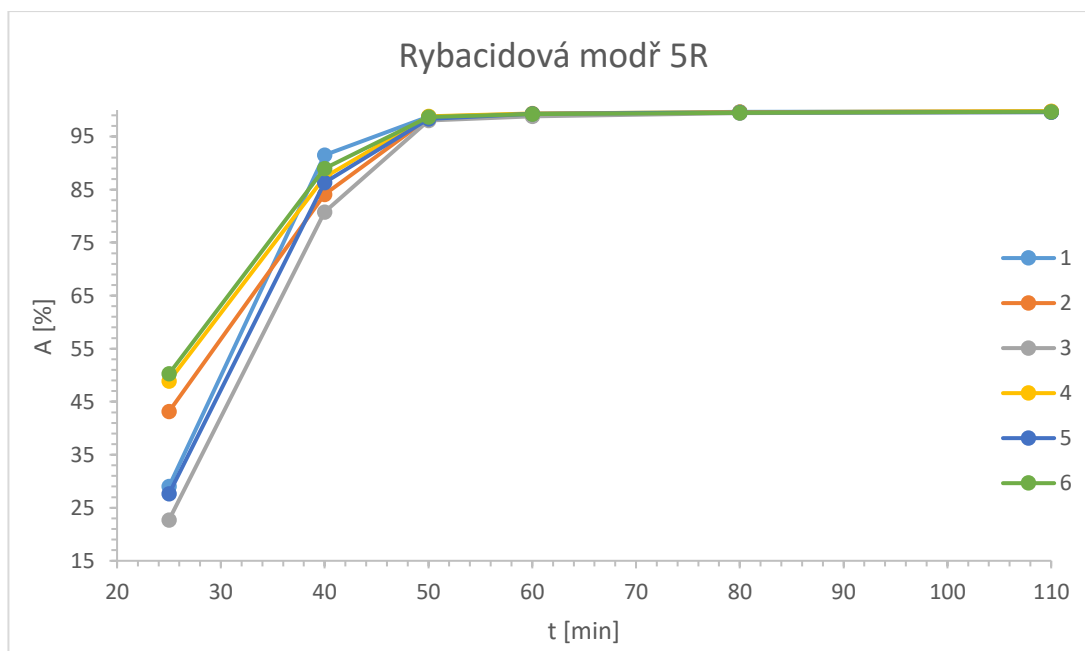
U Egacidové žlutě R docházelo k největší retardaci barvení u barvení enkapsulovaným barvívem v inertní atmosféře spolu s elektrolytem a kyselinou. Lázeň s barvívem enkapsulovaným v inertní atmosféře a kyselinou překvapivě nejméně inhibovala počáteční vyčerpání lázně. Od 100 °C bylo vyčerpání lázně téměř 100 % u všech barvicích postupů. Jediná výjimka vznikla opět u standartního postupu barvení.



Graf 7: Vytahovací křivky Egacidové žluti R

3.4.3 Rybacidová modř 5R

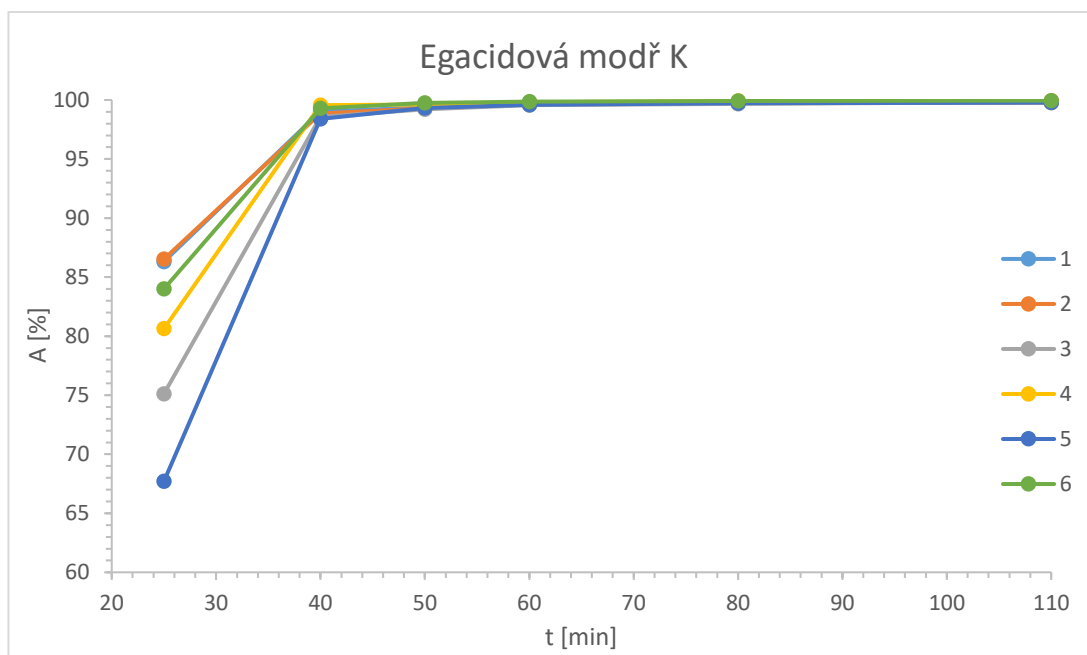
U Rybacidové modře 5R je zajímavé, že barvení lázněmi s enkapsulovanými barvivy a kyselinou vykázala nejnižší retardaci vytažení barviva ve srovnání s ostatními postupy. Lázně dosahovaly téměř 100 % vyčerpání až po 10 minutách za teploty 100 °C.



Graf 8: Vytahovací křivky Rybacidové modři 5R

3.4.4 Egacidová modř K

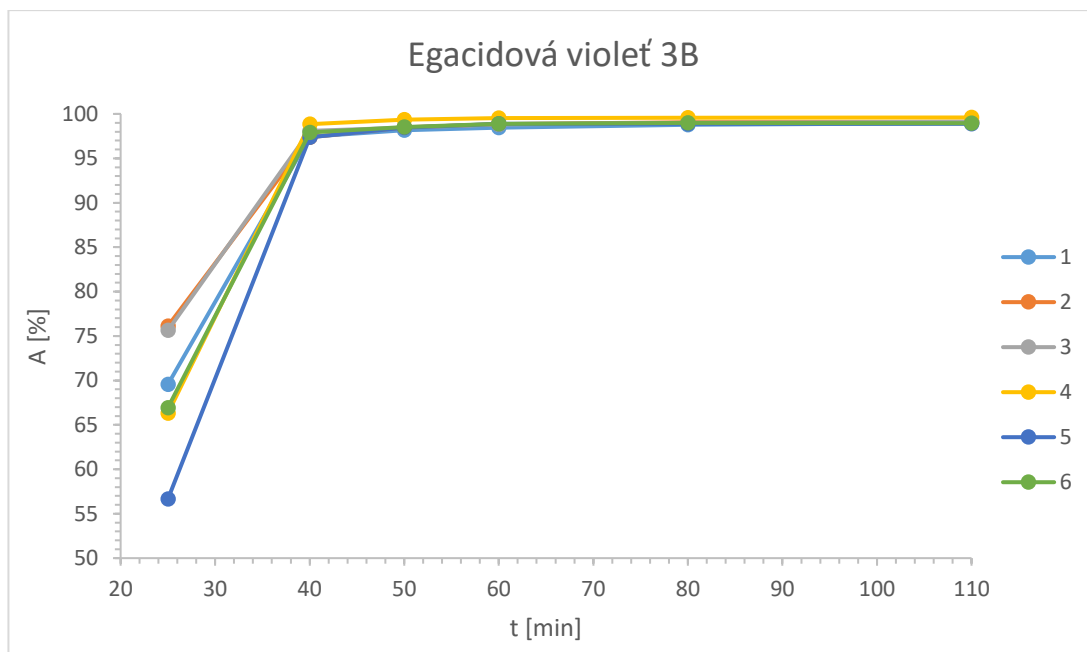
Všechny lázně byly při barvení Egacidovou modří K vyčerpány téměř ze 100 % hned po dosažení teploty 100 °C. Barvení lázněmi s enkapsulovanými barvivy a kyselinou opět vykazala nízkou míru retardace, zejména ve srovnání s klasickým postupem barvení, které vykazalo retardaci nejvyšší.



Graf 9: Vytahovací křivky Egacidové modři K

3.4.5 Egacidová violet' 3B

Lázně s enkapsulovanou Egacidovou violetí 3B a kyselinou vykazaly slušnou retardaci vybarvení, ale při klasickém postupu bylo vytažení barviva v počátku ještě zhruba o 10 % nižší. Lázně byly opět vyčerpány téměř ze 100 % hned při dosažení 100 °C.



Graf 10: Vytahovací křivky Egacidové violeti 3B

3.5 Hodnocení stálobarevnosti

Výsledné vybarvení bylo podrobena zkouškám stálobarevnosti, a to u polyamidové tkaniny nejčastěji používaným zkouškám, stálobarevnosti v praní při 60 °C a stálobarevnosti v kyselém a v zásaditém potu. Výsledky zkoušek jsou popsány v následujících tabulkách č. 15 až 19, kde jsou postupně uvedeny změny odstínu a zapouštění barviva do doprovodných tkanin, polyamidové a bavlněné. Pořadí barviv opět odpovídá tabulce 12.

Tabulka 15: Stálobarevnost Rybacidové červeně E

| Typ barviva | Typ enkapsulace | Změna odstínu | Zapouštění do PAD | Zapouštění do bavlny |
|---------------|---------------------|---------------|-------------------|----------------------|
| Praní 60 °C | bez enkapsulace | 4-5 | 3-4 | 4-5 |
| | v inertní atmosféře | 4-5 | 4 | 4-5 |
| | ve vzduchu | 4 | 3-4 | 4-5 |
| Kyselý pot | bez enkapsulace | 4-5 | 5 | 5 |
| | v inertní atmosféře | 4-5 | 5 | 5 |
| | ve vzduchu | 4-5 | 5 | 5 |
| Alkalický pot | bez enkapsulace | 4-5 | 5 | 5 |
| | v inertní atmosféře | 4-5 | 5 | 5 |
| | ve vzduchu | 4-5 | 5 | 5 |

Stálosti Rybacidové červeně E jsou obecně velmi dobré. Enkapsulace barviva neměla výrazný vliv na stálobarevnost výsledného vybarvení.

Tabulka 16: Stálobarevnost Egacidové žluti R

| Typ barviva | Typ enkapsulace | Změna odstínu | Zapouštění do PAD | Zapouštění do bavlny |
|---------------|---------------------|---------------|-------------------|----------------------|
| Praní 60 °C | bez enkapsulace | 4-5 | 5 | 5 |
| | v inertní atmosféře | 4-5 | 5 | 5 |
| | ve vzduchu | 4-5 | 5 | 5 |
| Kyselý pot | bez enkapsulace | 4-5 | 5 | 5 |
| | v inertní atmosféře | 5 | 5 | 5 |
| | ve vzduchu | 5 | 5 | 5 |
| Alkalický pot | bez enkapsulace | 5 | 5 | 5 |
| | v inertní atmosféře | 4-5 | 5 | 5 |
| | ve vzduchu | 4 | 5 | 5 |

Stálosti Egacidové žluti R jsou ve všech případech při zapouštění vynikající a u změny odstínu velmi dobré až vynikající. Enkapsulací barviva se dosáhlo mírného zvýšení stálobarevnosti vybarvení v kyselém potu.

Tabulka 17: Stálobarevnost Rybacidové modři 5R

| Typ barviva | Typ enkapsulace | Změna odstínu | Zapouštění do PAD | Zapouštění do bavlny |
|---------------|---------------------|---------------|-------------------|----------------------|
| Praní 60 °C | bez enkapsulace | 4-5 | 5 | 5 |
| | v inertní atmosféře | 4 | 5 | 5 |
| | ve vzduchu | 4 | 4-5 | 4-5 |
| Kyselý pot | bez enkapsulace | 5 | 5 | 5 |
| | v inertní atmosféře | 4-5 | 5 | 5 |
| | ve vzduchu | 4-5 | 5 | 5 |
| Alkalický pot | bez enkapsulace | 4-5 | 5 | 5 |
| | v inertní atmosféře | 5 | 5 | 5 |
| | ve vzduchu | 4 | 5 | 5 |

Stálosti Rybacidové modře 5R jsou opět celkově velmi dobré. Nevyskytl se vzorek s výrazně horší nebo lepší hodnotou oproti celku. Enkapsulací barviva se mírně zhoršila

stálobarevnost v praní při 60 °C. V alkalickém potu byla stálobarevnost zhoršená u barviva enkapsulovaného na vzduchu.

Tabulka 18: Stálobarevnost Egacidové modře K

| Typ barviva | Typ enkapsulace | Změna odstínu | Zapouštění do PAD | Zapouštění do bavlny |
|---------------|---------------------|---------------|-------------------|----------------------|
| Praní 60 °C | bez enkapsulace | 3-4 | 2-3 | 4 |
| | v inertní atmosféře | 4-5 | 2-3 | 3-4 |
| | ve vzduchu | 4 | 2-3 | 3-4 |
| Kyselý pot | bez enkapsulace | 4 | 5 | 5 |
| | v inertní atmosféře | 3 | 5 | 5 |
| | ve vzduchu | 4-5 | 4-5 | 5 |
| Alkalický pot | bez enkapsulace | 4-5 | 4-5 | 4-5 |
| | v inertní atmosféře | 3-4 | 4-5 | 4-5 |
| | ve vzduchu | 5 | 4-5 | 5 |

Egacidová modř K vykazala velkou změnu odstínu v kyselém potu při použití barviva enkapsulovaného v inertní atmosféře. Nejlepší stálost vykazalo barvivo enkapsulované na vzduchu ve zkoušce v alkalickém potu. Barvivo silně zapouštělo do PAD při praní na 60 °C bez ohledu na enkapsulaci.

Tabulka 19: Stálobarevnost Egacidové violeti 3B

| Typ barviva | Typ enkapsulace | Změna odstínu | Zapouštění do PAD | Zapouštění do bavlny |
|---------------|---------------------|---------------|-------------------|----------------------|
| Praní 60 °C | bez enkapsulace | 4 | 4-5 | 4-5 |
| | v inertní atmosféře | 4 | 4 | 4-5 |
| | ve vzduchu | 5 | 4-5 | 4-5 |
| Kyselý pot | bez enkapsulace | 4-5 | 5 | 4-5 |
| | v inertní atmosféře | 4-5 | 5 | 5 |
| | ve vzduchu | 5 | 4-5 | 5 |
| Alkalický pot | bez enkapsulace | 4-5 | 4-5 | 4-5 |
| | v inertní atmosféře | 4-5 | 4-5 | 5 |
| | ve vzduchu | 5 | 4-5 | 5 |

Egacidová violeť 3B vykázala velmi dobré hodnoty změny odstínu i zapouštění do obou doprovedných tkanin. Nevyskytl se vzorek s výraznou odlišností. Obecně byla stálobarevnost nejlepší u barviva enkapsulovaného na vzduchu.

3.6 Velikost částic, zeta potenciál a odstředování barviv

Dále byla studována velikost enkapsulovaných částic, její distribuce a stabilita v závislosti na koncentraci barviva v barvicí lázni. Taktéž byly sledovány stejné vlastnosti u samotného lecithinu se Slovazolem 257.

3.6.1 Velikost částic

V tabulkách 20 až 26 jsou uvedeny velikosti enkapsulovaných barviv a samotných liposomů a údaje o polydisperzitě.

Tabulka 20: Lecithin se Slovazolem 257 (vel. částic)

| Konc. [g/l] | Průměr částic [nm] | Směrodatná odchylka | Polydisperzita | Směrodatná odchylka |
|-------------|--------------------|---------------------|----------------|---------------------|
| 1 | 136,9 | 2,5 | 0,235 | 0,004 |
| 2 | 133,5 | 1,2 | 0,289 | 0,006 |
| 3 | 144,2 | 1,5 | 0,282 | 0,100 |
| 4 | 243,3 | 2,3 | 0,344 | 0,006 |
| 5 | 217,5 | 2,4 | 0,342 | 0,005 |
| 6 | 266,2 | 2,8 | 0,280 | 0,006 |

Tabulka 21: Lecithin se Slovazolem 257 – sediment (vel. částic)

| Konc. [g/l] | Průměr částic [nm] | Směrodatná odchylka | Polydisperzita | Směrodatná odchylka |
|-------------|--------------------|---------------------|----------------|---------------------|
| 1 | 224,4 | 3,6 | 0,312 | 0,011 |
| 2 | 259,5 | 2,3 | 0,278 | 0,009 |
| 3 | 284,4 | 2,3 | 0,210 | 0,010 |
| 4 | 245,1 | 0,9 | 0,222 | 0,014 |
| 5 | 316,1 | 3,0 | 0,209 | 0,016 |
| 6 | 270,4 | 3,8 | 0,245 | 0,012 |

Tabulka 22: Rybacidová červeň E (vel. částic)

| Konc. [g/l] | Průměr částic [nm] | Směrodatná odchylka | Polydisperzita | Směrodatná odchylka |
|--------------------|---------------------------|----------------------------|-----------------------|----------------------------|
| 1 | 421,8 | 4,4 | 0,342 | 0,011 |
| 2 | 436,0 | 6,0 | 0,306 | 0,006 |
| 3 | 509,9 | 13,8 | 0,287 | 0,009 |
| 4 | 440,0 | 7,9 | 0,194 | 0,015 |
| 5 | 497,6 | 18,9 | 0,243 | 0,010 |
| 6 | 499,2 | 5,9 | 0,294 | 0,012 |

Tabulka 23: Rybacidová červeň E – sediment (vel. částic)

| Konc. [g/l] | Průměr částic [nm] | Směrodatná odchylka | Polydisperzita | Směrodatná odchylka |
|--------------------|---------------------------|----------------------------|-----------------------|----------------------------|
| 1 | 798,5 | 18,1 | 0,318 | 0,012 |
| 2 | 592,6 | 18,8 | 0,281 | 0,011 |
| 3 | 730,5 | 23,2 | 0,299 | 0,011 |
| 4 | 880,4 | 42,5 | 0,317 | 0,028 |
| 5 | 869,8 | 35,6 | 0,311 | 0,011 |
| 6 | 701,5 | 32,3 | 0,320 | 0,009 |

Tabulka 24: Egacidová žlut' R (vel. částic)

| Konc. [g/l] | Průměr částic [nm] | Směrodatná odchylka | Polydisperzita | Směrodatná odchylka |
|--------------------|---------------------------|----------------------------|-----------------------|----------------------------|
| 1 | 597,7 | 11,5 | 0,209 | 0,016 |
| 2 | 417,2 | 6,1 | 0,235 | 0,014 |
| 3 | 460,3 | 5,5 | 0,226 | 0,013 |
| 4 | 476,6 | 3,2 | 0,125 | 0,017 |
| 5 | 478,1 | 4,0 | 0,079 | 0,018 |
| 6 | 478,8 | 6,3 | 0,057 | 0,020 |

Tabulka 25: Egacidová žlut' R – sediment (vel. částic)

| Konc. [g/l] | Průměr částic [nm] | Směrodatná odchylka | Polydisperzita | Směrodatná odchylka |
|-------------|--------------------|---------------------|----------------|---------------------|
| 1 | 644,5 | 18,6 | 0,126 | 0,036 |
| 2 | 570,2 | 9,2 | 0,184 | 0,021 |
| 3 | 808,2 | 10,9 | 0,141 | 0,041 |
| 4 | 1035,4 | 37,4 | 0,280 | 0,042 |
| 5 | 2420,1 | 253,3 | 0,273 | 0,046 |
| 6 | 1444,9 | 88,4 | 0,281 | 0,043 |

Tabulka 26: Egacidová Violet' 3B (vel. částic)

| Konc. [g/l] | Průměr částic [nm] | Směrodatná odchylka | Polydisperzita | Směrodatná odchylka |
|-------------|--------------------|---------------------|----------------|---------------------|
| 1 | 309,5 | 12,4 | 0,151 | 0,058 |

Z naměřených hodnot velikosti částic vyplývá vysoká pravděpodobnost vytvoření liposomů v barvicích lázních. Z jednotlivých rozměrů je vidět násobný vzrůst velikosti částic v lázních s enkapsulovaným barvivem oproti roztokům, ve kterých byly pouze samotné připravené liposomy.

Odstředěním připravených roztoků a změřením velikosti částic usazenin bylo prokázáno oddělení předpokládaných liposomů z roztoků na dno kyvet. Sedimenty měly až řádově větší velikost částic oproti hodnotám získaným před odstředěním. Měření bylo u vyšších koncentrací bohužel nepřesné, a to z důvodu kombinace příliš velkých rozměrů částic a vysoké koncentraci a tím pádem málo propustné pro laser použitý při metodě DLS.

Sedimentace liposomů byla prokázána při použití roztoku lecithinu se Slovasolem 257. Velikost částic byla u koncentrací 1-3 g/l a 5 g/l o asi 100 nm větší. V případě samotných liposomů ovšem nebylo možné usazeninu zjistit vizuálně.

Egacidovou violet' 3B se podařilo proměřit pouze v koncentraci 1 g/l a i v tomto případě je výsledek nepřesný, což dokazuje zvýšená hodnota směrodatné odchylky. Vyšší koncentrace nebylo možné změřit, protože roztoky byly tak tmavé, že laserový paprsek neprošel na detektor. Obě zbylé modře, tedy Egacidovou modř K a Rybacidovou modř 5R, se nepodařilo změřit ze stejného důvodu ani v nejnižší koncentraci 1 g/l.

3.6.2 Zeta potenciál

U koncentračních řad roztoků enkapsulovaných barviv a samotných liposomů byl měřen zeta potenciál za účelem zjištění stability připravených liposomů. Hodnoty zeta potenciálu jsou uvedeny v tabulkách č. 27 až 29.

Tabulka 27: Samotné liposomy – zeta potenciál

| Konc. [g/l] | Zeta potenciál [mV] | Směrodatná odchylka |
|-------------|---------------------|---------------------|
| 1 | -48,31 | 1,43 |
| 2 | -52,42 | 1,09 |
| 3 | -55,92 | 0,83 |
| 4 | -52,15 | 0,80 |
| 5 | -53,85 | 0,66 |
| 6 | -9,73 | 1,67 |

Tabulka 28: Rybacidová červeň E – zeta potenciál

| Konc. [g/l] | Zeta potenciál [mV] | Směrodatná odchylka |
|-------------|---------------------|---------------------|
| 1 | -65,96 | 1,21 |
| 2 | -65,81 | 0,89 |
| 3 | -58,88 | 1,24 |
| 4 | -64,60 | 1,16 |
| 5 | -57,73 | 0,97 |
| 6 | -57,52 | 1,06 |

Tabulka 29: Egacidová žlut' R – zeta potenciál

| Konc. [g/l] | Zeta potenciál [mV] | Směrodatná odchylka |
|-------------|---------------------|---------------------|
| 1 | -76,95 | 1,73 |
| 2 | -72,89 | 1,76 |
| 3 | -62,41 | 1,36 |
| 4 | -24,32 | 1,08 |
| 5 | -18,97 | 1,55 |
| 6 | -15,25 | 2,30 |

Na hodnotách zeta potenciálu je vidět klesající stabilita liposomů u Egacidové žlutě R. Liposomy jsou výborně stabilní do koncentrace 3 g/l. Enkapsulovaná Rybacidová červeň E podle měření vykazuje stále dobrou stabilitu. Samotné liposomy však vykazují dobrou stabilitu až do koncentrace 5 g/l, při koncentraci 6 g/l stabilita prudce klesne a hodnota odpovídá počátku nestability. Obě modře a violet nemohly být proměřeny z důvodu rizika zanesení přístroje.

3.6.3 Odstředění barviv

Odstředění roztoků s rozpuštěným samotným a v lázni enkapsulovaným barvivem bylo použito ke zjištění úbytku barviva z roztoku a to nepřímou metodou, tedy měřením snížení absorbance odstředěného roztoku. Předpoklad pro dokázání přítomnosti liposomů v roztoku je následující: odstředěním enkapsulovaného barviva by mělo dojít k výraznějšímu poklesu absorbance v roztoku než po odstředění samotného nekapsulovaného barviva. Liposomy by měly bránit difuzi barviva zpět do roztoku.

Tabulka 30: Rybacidová červeň E – procentuální zůstatek barviva v supernatantu

| | Samotné barvivo | Enkapsulované b. | Enkapsulované b. |
|-------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Konc. [g/l] | Odst. 11000 ot./min | Odst. 10000 ot./min | Odst. 11000 ot./min |
| 1 | 62,66 | 37,83 | 19,57 |
| 2 | 65,53 | 49,96 | 20,26 |
| 3 | 69,12 | 45,88 | 12,65 |
| 4 | 69,81 | 45,56 | 11,79 |
| 5 | 70,44 | 33,09 | 11,44 |
| 6 | 65,36 | 43,33 | 12,81 |

Tabulka 31: Egacidová žlutě R – procentuální zůstatek barviva v supernatantu

| | Samotné barvivo | Enkapsulované b. | Enkapsulované b. |
|-------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Konc. [g/l] | Odst. 11000 ot./min | Odst. 10000 ot./min | Odst. 11000 ot./min |
| 1 | 93,70 | 90,95 | 81,63 |
| 2 | 90,71 | 96,21 | 84,86 |
| 3 | 73,28 | 87,93 | 67,57 |
| 4 | 67,79 | 66,12 | 43,11 |
| 5 | 67,50 | 54,07 | 31,31 |
| 6 | 56,63 | 47,66 | 21,23 |

Tabulka 32: Rybacidová modř 5R – procentuální zůstatek barviva v supernatantu

| | Samotné barvivo | Enkapsulované b. |
|--------------------|----------------------------|----------------------------|
| Konc. [g/l] | Odst. 11000 ot./min | Odst. 11000 ot./min |
| 1 | 97,50 | 86,36 |
| 2 | 97,73 | 96,02 |
| 3 | 89,27 | 96,37 |
| 4 | 99,18 | 82,80 |
| 5 | 83,05 | 79,42 |
| 6 | 94,65 | 95,79 |

Tabulka 33: Egacidová modř K – procentuální zůstatek barviva v supernatantu

| | Samotné barvivo | Enkapsulované b. |
|--------------------|----------------------------|----------------------------|
| Konc. [g/l] | Odst. 11000 ot./min | Odst. 11000 ot./min |
| 1 | 90,37 | 91,17 |
| 2 | 87,54 | 96,12 |
| 3 | 94,71 | 94,13 |
| 4 | 93,92 | 90,14 |
| 5 | 93,77 | 94,70 |
| 6 | 83,15 | 87,35 |

Tabulka 34: Egacidová Violet 3B – procentuální zůstatek barviva v supernatantu

| | Samotné barvivo | Enkapsulované b. |
|--------------------|----------------------------|----------------------------|
| Konc. [g/l] | Odst. 11000 ot./min | Odst. 11000 ot./min |
| 1 | 92,68 | 80,72 |
| 2 | 91,37 | 91,16 |
| 3 | 82,35 | 81,90 |
| 4 | 72,65 | 62,91 |
| 5 | 53,92 | 45,18 |
| 6 | 41,00 | 31,41 |

Z hodnot uvedených v tabulkách 30 až 34 je patrné, že k odstředění enkapsulovaného barviva bylo vhodné nastavit nejvyšší dostupnou rychlost, tedy 11 000 otáček za minutu po dobu 20 minut. Zejména u Rybacidové červeně E je vidět značný pokles obsahu barviva

v odstředěné lázni oproti 10 000 otáčkám. Procenta v tabulkách popisují zjištěný zůstatek barviva v supernatantu.

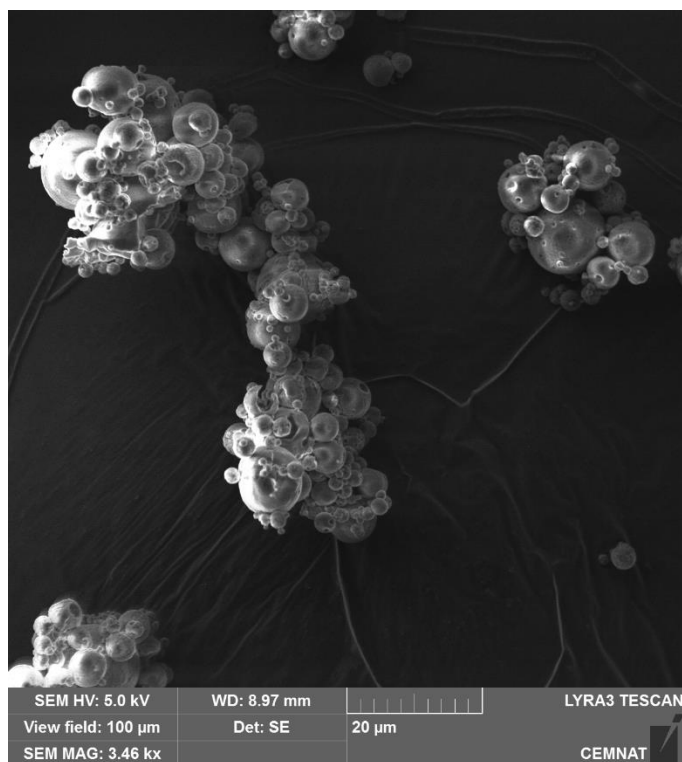
Jako důkaz přítomnosti liposomů obsahujících barvivo lze pokládat fakt, že odstředěním samotného nekapsulovaného barviva došlo k menšímu úbytku barviva v supernatantu při stejné rychlosti a době odstředění, tedy 11 000 otáčkách po dobu 20 minut. Vzhledem k výsledkům odstředování enkapsulovaného barviva byla pro odstředění samotného barviva zvolena pouze vyšší rychlost. Velmi výrazné rozdíly jsou vidět opět u Rybacidové červeně E. Rozdíly v odstředění Egacidové žluti R jsou výrazné zejména u koncentrací 5 a 6 g/l. U posledního azového barviva, tedy Rybacidové modři 5R se odstředění nepodařilo prokázat. Jak u enkapsulovaného, tak u samotného barviva prakticky nedošlo k poklesu absorbance supernatantu. Toto barvivo též vykazuje *pH* nestabilitu, bylo tudíž nutné během odstředění a měření zachovat kyselé *pH* (kyselina octová jako v barvicím postupu), aby nedocházelo ke změně zabarvení roztoku a bylo zachováno absorpční maximum pro měření.

Sedimentace odstředěného barviva, a to jak kapsulovaného, tak samotného, byla prokázána také u antrachinonové Egacidové violeti 3B. Sedimentace je patrná od koncentrace 4 g/l u enkapsulovaného barviva, respektive 5 g/l u samotného barviva. Enkapsulované barvivo opět vykazovalo vyšší odstředění z roztoku. U Egacidové modři K se odstředění nepodařilo ani v jednom případě prokázat.

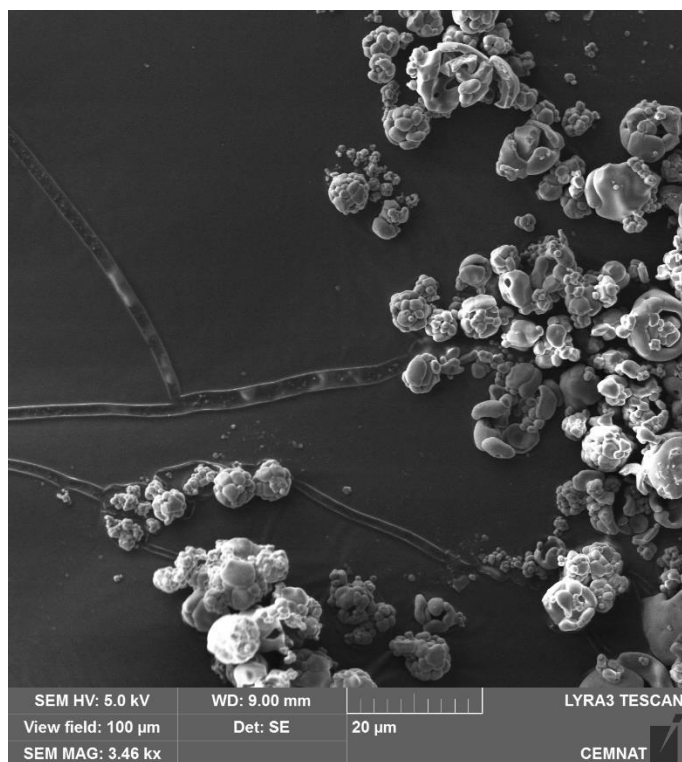
Z výše uvedených poznatků vyplývá, že prokazatelnost přítomnosti liposomických částic v roztoku pomocí odstředění a změření úbytku absorbance závisí na konkrétním barvivu. Nezáleží na druhu chromoforu kyselého barviva, protože jak mezi azovými, tak mezi antrachinonovými barvivy se vyskytují jak typy, které se nepodařilo odstředit, tak typy, které se odstředily bez problémů.

3.7 Snímky ze skenovacího elektronového mikroskopu

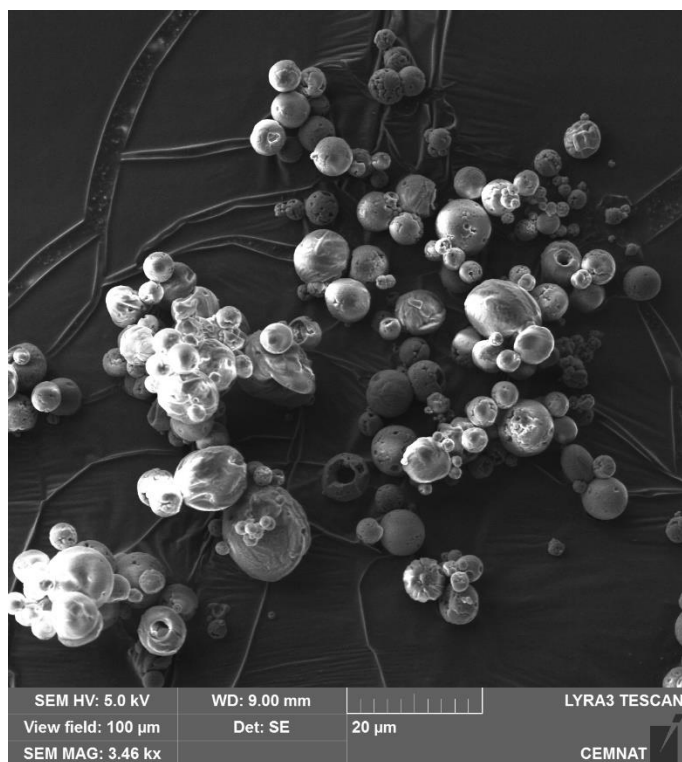
Pro sledování vlivu různé přípravy liposomů byl použit elektrolyt síran amonný. Z obrázků 21 a 22 je patrné, že enkapsule se vytvořily již při 30 min třepání před samotným sušením a při vyšší době třepání dále nedocházelo k nárůstu počtu liposomů. Pokud se třepalo až při samotném sušení, vznikaly velké kulovité struktury liposomů, viz obr. 23. Použitím magnetického míchadla se velikost liposomů výrazně snížila, není tedy jako metoda pro intezifikaci enkapsulace vhodná (viz obr. 24).



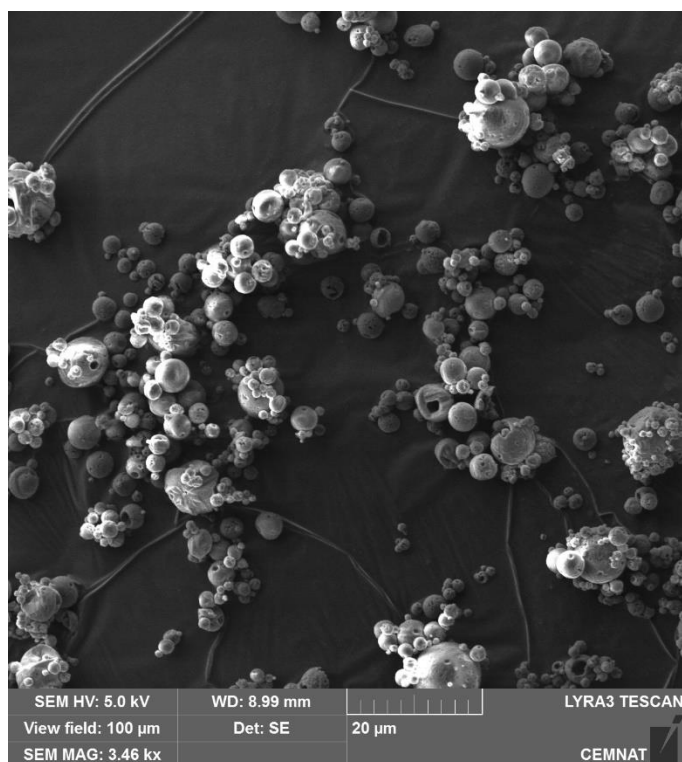
Obrázek 21: V inertní atmosféře enkapsulovaný síran amonný třepaný před sušením 30 min



Obrázek 22: V inertní atmosféře enkapsulovaný síran amonný třepaný před sušením 2 hodiny



Obrázek 23: *Ve vzduchu enkapsulovaný síran amonný*



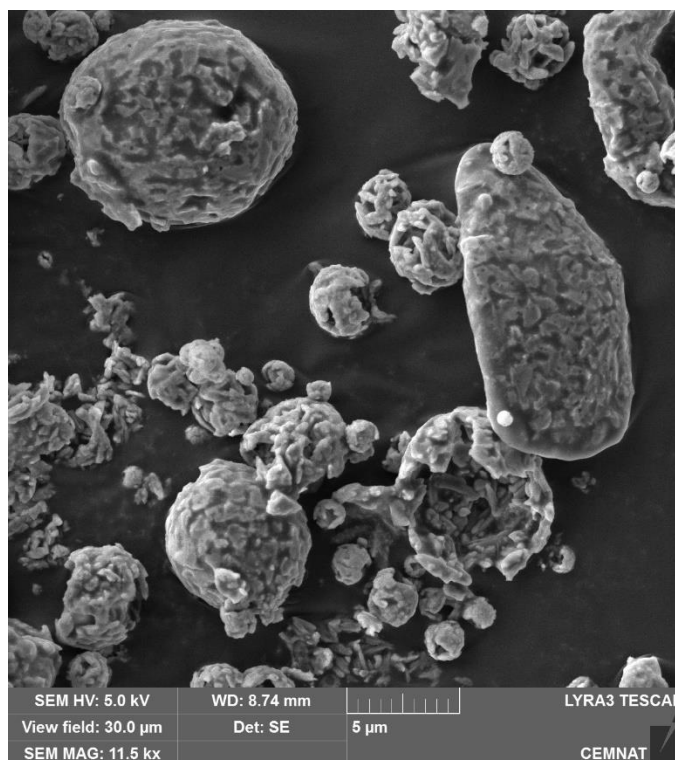
Obrázek 24: *Ve vzduchu enkapsulovaný síran amonný míchaný na magnetickém míchadle*

Jako nejvhodnější příprava liposomů byl následně vyhodnocen postup třepání 30 min. před samotným sušením, který byl následně použit pro přípravu liposomů vybraných kyselých barviv. Zde byl sledován vliv inertního prostředí na výsledný tvar liposomických částic.

Z výsledných fotografií lze zobecnit vliv inertní atmosféry na vytvoření větších liposomických útvarů. Lze také vyzorovat zhoršení tvorby liposomických částic u antrachinonových chromoforů kyselých barviv (modř K a violet 3B) v porovnání s ostatními azovými typy.

Nejhůře enkapsulovatelné byly obě modře, ať již to byl azový typ (modř 5R), či antrachinonový typ (modř K). Zde je již patrný vliv příliš velké molekuly chromoforu, zvláště u antrachinonového typu, na schopnost vytvořit liposomy.

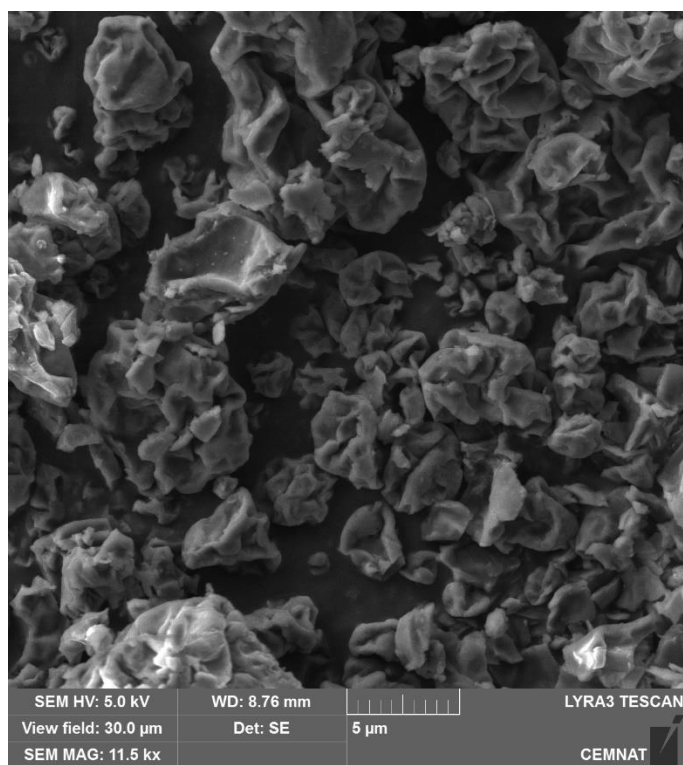
Liposomy připravené enkapsulací barviv nejsou plně dotvořené, nebo jsou velmi deformované. V případě Egacidové modři K není jasné, k čemu během enkapsulace došlo. Předpokládá se, že elektrolyty přidávané k barvivům již při výrobě znesnadňují vytvoření pravidelných kulových liposomů.



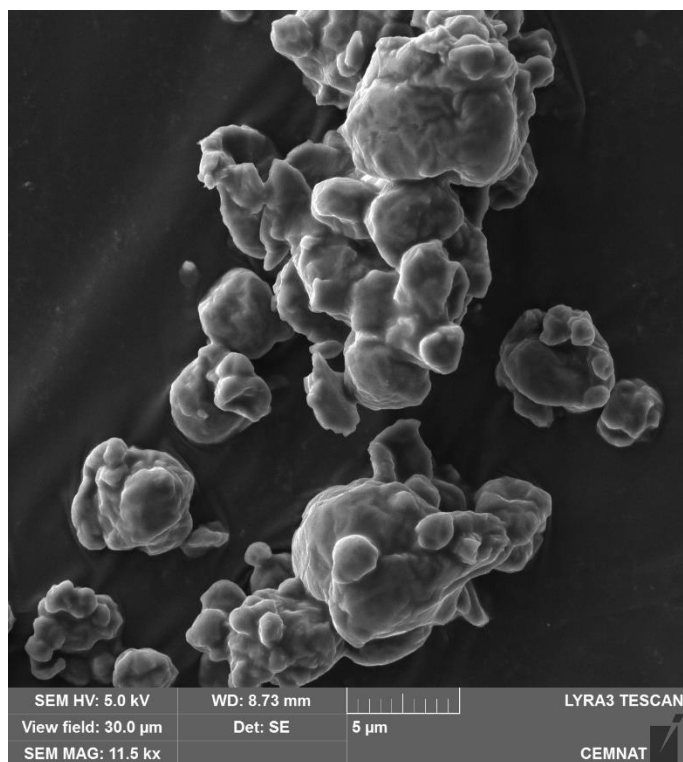
Obrázek 25: V inertní atmosféře enkapsulovaná Rybacidová červeň E



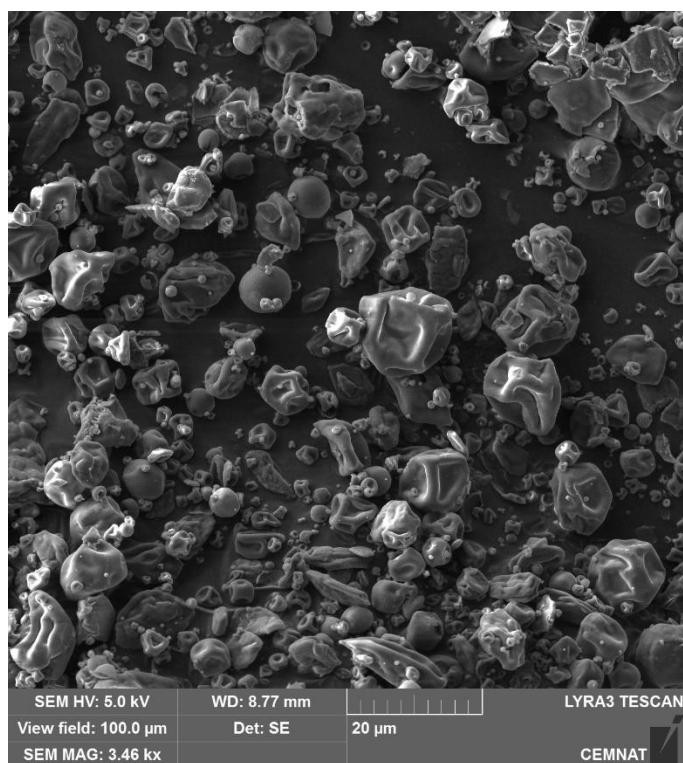
Obrázek 26: *Ve vzduchu enkapsulovaná Rybacidová červeň E*



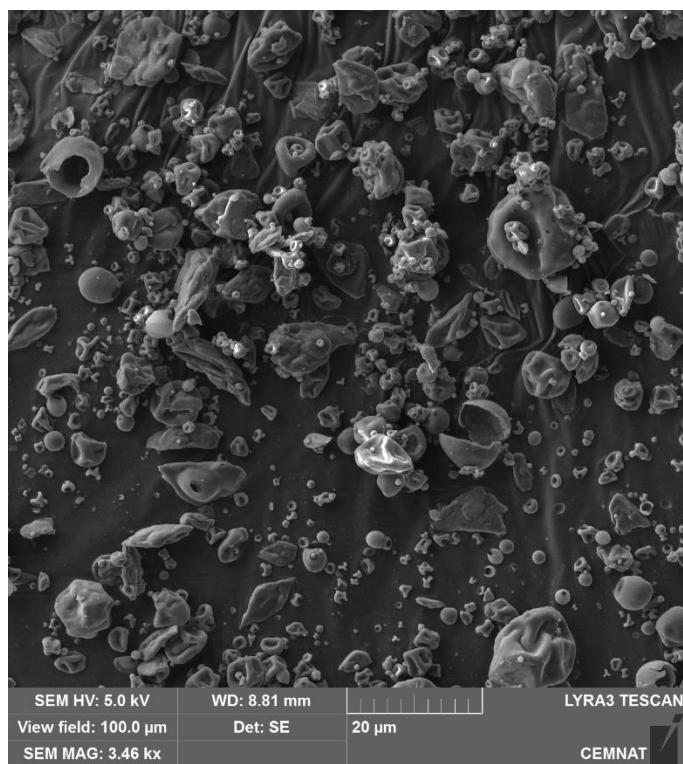
Obrázek 27: *V inertní atmosféře enkapsulovaná Egacidová žlut' R*



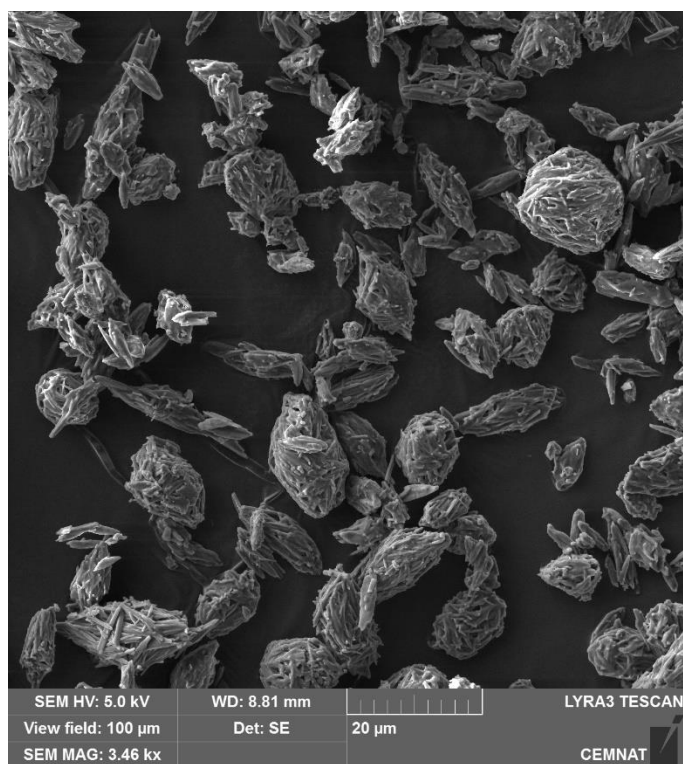
Obrázek 28: *Ve vzduchu enkapsulovaná Egacidová žlut' R*



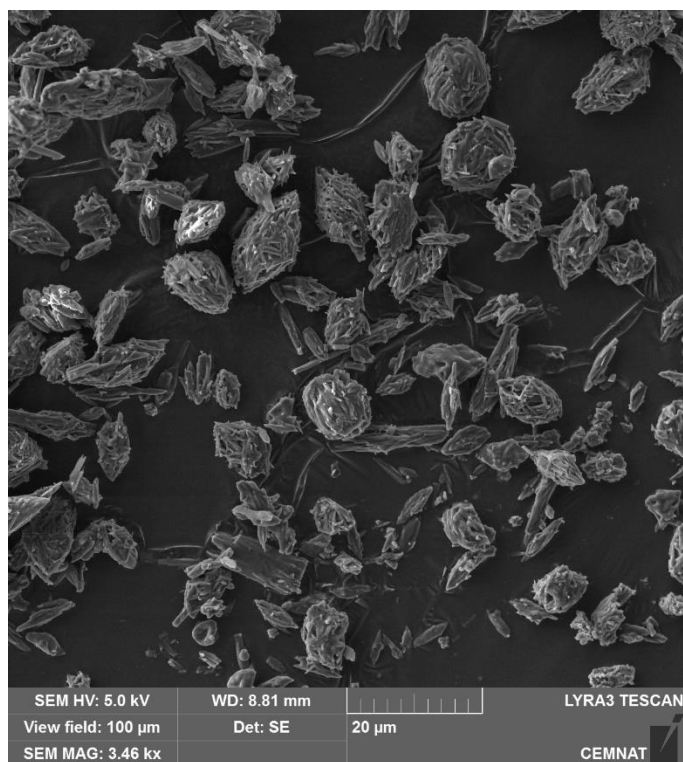
Obrázek 29: *V inertní atmosféře enkapsulovaná Rybacidová modř 5R*



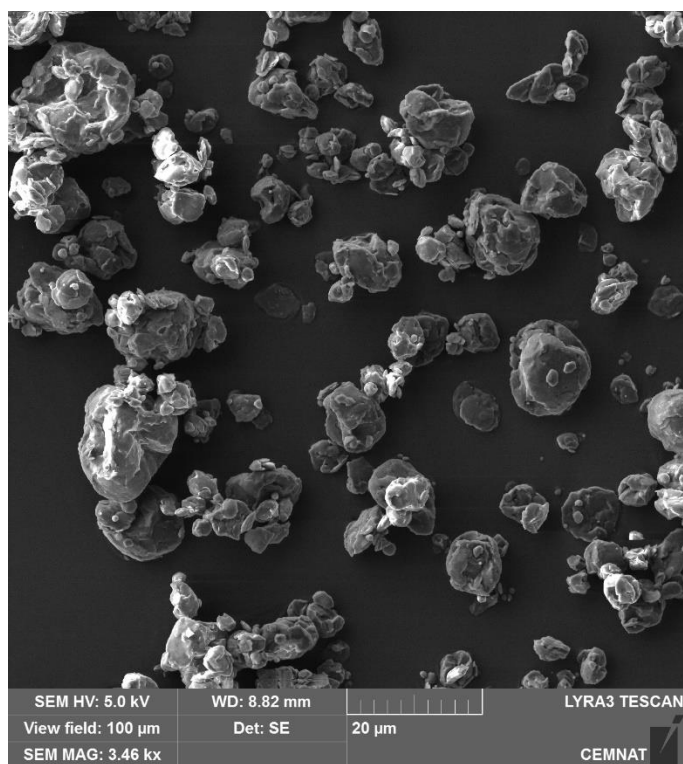
Obrázek 30: *Ve vzduchu enkapsulovaná Rybacidová modř 5R*



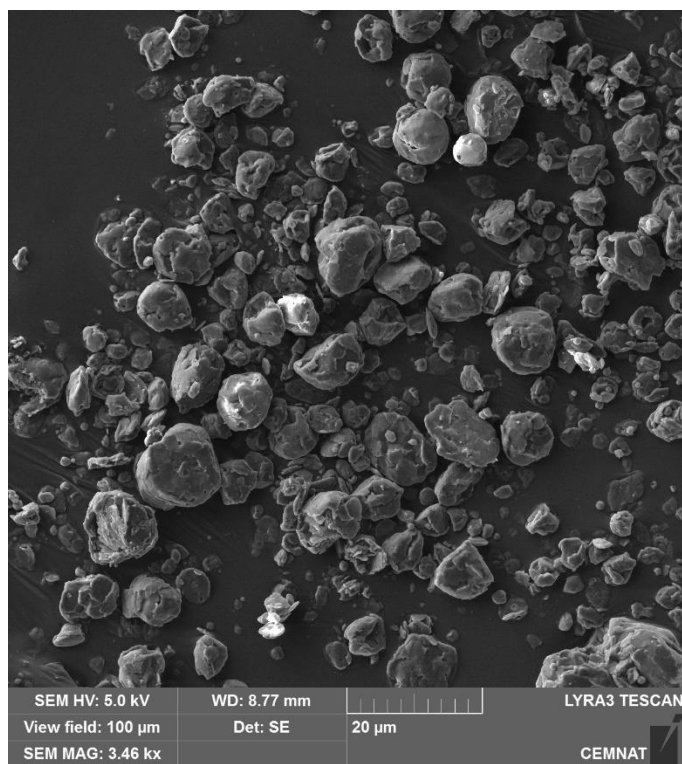
Obrázek 31: *V inertní atmosféře enkapsulovaná Egacidová modř K*



Obrázek 32: Ve vzduchu enkapsulovaná Egacidová modř K



Obrázek 33: V inertní atmosféře enkapsulovaná Egacidová violet 3B



Obrázek 34: Ve vzduchu enkapsulovaná Egacidová violet' 3B

4 ZÁVĚR

Jedním z cílů této práce bylo stanovit nejvhodnější metodu charakterizace liposomních systémů enkapsulovaných kyselých textilních barviv. Dále byl zjišťován vliv různého typu intenzifikace enkapsulace textilních barviv na tvorbu liposomů, vliv podmínek sprejového sušení na výsledný enkapsulovaný systém a v neposlední řadě byly všechny výše uvedené proměnné diskutovány z hlediska standardních koloristických metod výsledného vybarvení polyamidové tkaniny.

Pro charakterizaci připravených liposomů byly použity metody měření velikosti částic DLS, měření zeta potenciálu, odstředění roztoků s liposomními systémy a snímky ze skenovacího elektronového mikroskopu. Výsledky z těchto měření dokazují vhodnost použití jednotlivých metod, avšak nelze je zobecňovat. Zejména u antrachinonových modří již nebylo možné standardním postupem změřit velikost částic ani zeta potenciál. Odstředěním připravených liposomů z barvicích lázní a jejich následným spektrofotometrickým měřením se dokázala přítomnost liposomických systémů, zejména u azových chromoforů.

Postup přípravy liposomů s textilním barvivem byl optimalizován enkapsulací elektrolytu síranu amonného. Jako nejvhodnější metodou vytvoření liposomů se ukázalo třepání připravené lázně po dobu 30 min oproti dříve používané metodě intenzifikace pomocí magnetického míchadla. Z hlediska sprejového sušení enkapsulovaných elektrolytů či barviv dosahovalo nejuspokojivějších výsledků sušení v uzavřeném okruhu v inertní atmosféře. Pro budoucí optimalizaci sprejového sušení by bylo vyzkoušet vliv snížení konečné teploty sprejového sušení z dosavadních 150 °C. Z hlediska typu chromoforu lze predikovat výhodnost azového chromoforu při tvorbě liposomických systémů oproti antrachinonovému skeletu.

Hodnocením výsledného vybarvení polyamidové tkaniny bylo prokázáno, že barvením enkapsulovanými barvivy bez použití elektrolytu je možné dosáhnout stejně rovnoměrného vybarvení s retardačním efektem jako při standardním postupu barvení neenkapsulovanými barvivy s použitím neutrálního elektrolytu síranu sodného jako egalizačního prostředku při použití barvicího procesu tzv. „ALL IN“. Enkapsulací kyselého barviva lze tedy nejen použití neutrálního elektrolytu nahradit, a tím snížit množství soli v odpadních vodách, ale je i zkrácen a zjednodušen barvicí postup. Zkoušky stálobarevnosti prokázaly, že enkapsulací barviv nedojde ke zhoršení kvality vybarvení.

5 LITERATURA

- [1] MLEZIVA Josef a ŠŇUPÁREK Jaromír. *Polymery: výroba, struktura, vlastnosti a použití* 2. přeprac. Vyd. Praha: Sobotáles, 2000, 537 s. ISBN: 80-85920-72-7.
- [2] VOJTOVIČ Adam. *Studium vlivu mikroenkapsulace textilních kyselých barviv na vybarvení polyamidu*. Pardubice, 2013. 62 s. Diplomová práce. Univerzita Pardubice, Fakulta chemicko-technologická. Vedoucí práce Ing. Michal Černý, Ph.D.
- [3] PILLER Bohumil, LEVINSKÝ Otto. *Malá encyklopedie textilních materiálů*. 2. doplněné vyd. SNTL, Praha, 1982, 232 s. ISBN: 04-007-82
- [4] PAD vlasec, foto archiv autora
- [5] KRYŠTŮFEK Jiří a WIENER Jakub. *Barvení textilií II*. 1. Vyd. Technická univerzita v Liberci, Vysokoškolský podnik Liberec, 2012, 278 s. ISBN: 978-80-7372-796-3
- [6] ČERNÝ Michal. *Přednášky z koloristiky, přednáška 1: Barviva a pigmenty*. 2017. Univerzita Pardubice, Fakulta chemicko-technologická.
- [7] World Dye Variety, online: <http://www.worlddyevariety.com/acid-dyes/acid-red-118.html>
- [8] KRYŠTŮFEK Jiří a WIENER Jakub. *Barvení textilií I*. 1. Vyd. Technická univerzita v Liberci, Vysokoškolský podnik Liberec, 2008, 212 s. ISBN: 978-80-7372-328-6
- [9] CHOUDHURY Roy A. K. *Textile Preparation and Dyeing*. 1. Vyd. Science Publishers. Enfield. 2006, 834 s. ISBN: 1-57808-402-4
- [10] NALWA Singh Hari. *Handbook of Surfaces and Interfaces of Materials, Volume 5: Biomolecules, Biointerfaces and Applications*. 1. Vyd. Academic Press London, UK, 2001, 529 s. ISBN: 0-12-513915-2
- [11] Complex Fluids and Interfaces Group at Institute of Physics, National University of Mexico. *Micelles, lamellae, bicontinuous structure*. [Online] Dostupné online z: <http://www.fisica.unam.mx/liquids/micelles.php>
- [12] KIZLINK Juraj. *Technologie chemických látek II*. 1. Vyd. Vysoké učení technické v Brně, 2001, 421 s. ISBN: 80-214-2013-8
- [13] BLAŽEJ Anton a kol. *Tenzidy*. 1. Vyd. Alfa, SNTL, Bratislava, 1977, 481 s. ISBN: 63-173-77
- [14] RANGEL-YAGUI Carlota Oliveira, PESSOA Adalberto Junior, TAVARES Leoberto Costa. Micellar solubilization of drugs. *J Pharm Pharmaceut Sci*. [Online] 2005. [cit. 2018-02-15] DOI: 8(2):147-163 Dostupné online z: [https://sites.ualberta.ca/~csp/JPPS8\(2\)/C.Rangel-Yagui/solubilization.htm](https://sites.ualberta.ca/~csp/JPPS8(2)/C.Rangel-Yagui/solubilization.htm)

- [15] *Surfactants and Critical Micelle Concentration*. DataPhysics Instruments GmbH.
Dostupné online z: <http://www.dataphysics.de/2/start/understanding-interfaces/basics/surfactants-and-critical-micelle-concentration-cmc/>
- [16] SCHOLZ Norman, BEHNKE Thomas, RESCH-GENGER Ute. Determination of the Critical Micelle Concentration of Neutral and Ionic Surfactants with Fluorometry, Conductometry, and Surface Tension – A Method Comparison. *Journal of Fluorescence*. [Online] 2018, Vol. 28, Issue 1, str. 465-476. [cit. 2018-03-10] DOI: 10.1007/s10895-018-2209-4 Dostupné online z: <https://doi.org/10.1007/s10895-018-2209-4>
- [17] ALBERTS Bruce, BRAY Dennis, LEWIS Julian, RAFF Martin, ROBERTS Keith, WATSON James D. *Molecular Biology of the Cell*. 3. Vyd. Garland Publishing, Inc. New York, 1994, 1294 s. ISBN: 0-8153-1619-4
- [18] Phospholipids and Related Complex Lipids. [Online] Dostupné online z: http://homepage.smc.edu/wissmann_paul/anatomy2textbook/phospholipids.html
- [19] JONES Malcolm N. The Surface Properties of Phospholipid Liposome Systems and Their Characterisation. *Advances in Colloid and Interface Science*. [Online] 1995, Vol. 54, str. 93-128. [cit. 2018-03-11] DOI: 10.1016/0001-8686(94)00223-Y Dostupné online z: [https://doi.org/10.1016/0001-8686\(94\)00223-Y](https://doi.org/10.1016/0001-8686(94)00223-Y)
- [20] BUDAVARI Susan et al. *The Merck Index*. 12. Vyd. Merck Research Laboratories, Merck & Co., inc., 1996, 2708 s. ISBN: 0911910-12-3
- [21] HENNIGER Günther, WULFF Karl. Enzymes, 7. Enzymes in Analysis v *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Vol. 13, 7. Vyd. Wiley-VCH Verlag GmbH, Weinheim, 2011, 653 s. ISBN: 978-3-527-32943-4 DOI: 10.1002/14356007
- [22] MOZAFARI Reza M. Liposomes: An Overview of Manufacturing Techniques. *Cellular & Molecular Biology Letters*. [Online] 2005, Vol. 10, Issue 4, str. 711–719. [cit. 2018-02-22] Dostupné online z: <http://www.cmbll.org.pl>
- [23] BARANI Hossein, MONTAZER Majid. A Review on Applications of Liposomes in Textile Processing. *Journal of Liposome Research*. [Online] 2008, Vol. 18, Issue 3, str. 249–262. [cit. 2018-02-22] DOI: 10.1080/08982100802354665, ISSN: 1532-2394
Dostupné online z: http://apps.webofknowledge.com/full_record.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&qid=6&SID=E543OfsckHeMmMnoxs2&page=2&doc=11
- [24] PŘICHYSTAL Petr, BURGERT Ladislav, HRDINA Radim, PUREV Nasanjargal, ČERNÝ Michal. Encapsulation of textile dyes and textil auxiliary agents into liposome systems and their use for polyamide dyeing. *Coloration Technology*. [Online] 2012, Vol.

- 129, Issue 1, str. 64–68. [cit. 2018-02-22] DOI: 10.1111/cote.12002 Dostupné online z: <http://dx.doi.org/10.1111/cote.12002>
- [25] NELSON Gordon. Microencapsulates in textile coloration and finishing. *Review of Progress in Coloration and Related Topics*. [Online] 1991, Vol. 21, Issue 1, str. 72-85. [cit. 2018-02-28] DOI: 10.1111/j.1478-4408.1991.tb00082.x Dostupné online z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1478-4408.1991.tb00082.x>
- [26] Ultrasonic Liposome Preparation. Hielscher: Ultrasound Technology. [Online] 2018. [cit. 2018-04-01] Dostupné online z: <https://www.hielscher.com/ultrasonic-liposome-preparation.htm>
- [27] *Büchi B-290 Mini Spray Dryer Operation Manual*. Büch Labortechnik AG, Postfach
- [28] EDWARDS Katie A., BAEUMNER Antje J. Analysis of Liposomes. *Talanta*. [Online] 2006, Vol. 68, Issue 5, str. 1432-1441. [cit. 2018-03-11] DOI: 10.1016/j.talanta.2005.08.031 Dostupné online z: <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2005.08.031>
- [29] YU F. Philip, KRAUSE Blain. *Zeta Potential and Fiberglass Mat*. Přednáška na Building & Industrial Mat Spring Meeting. 2011. Nalco, NET TAPPI Nonwovens Engineers & Technologists Division
- [30] WEST Anthony R. *Solid State Chemistry and Its Applications*. 2. Vyd. John Wiley & Sons, Ltd. Chichester, 2014, 535 s. ISBN: 978-1-119-94294-8
- [31] PODZIMEK Štěpán. *Charakterizace a analýza polymerů*. 2016. Přednáška, Univerzita Pardubice, Fakulta chemicko-technologická
- [32] LS Instruments. *Dynamic Light Scattering: Measuring the Particle Size Distribution*. [Online] [cit. 2018-03-10] Dostupné online z: https://www.lsinstruments.ch/technology/dynamic_light_scattering_dls/
- [33] Nano Science Instruments. *How an SEM Works*. [Online] Dostupné online z: <https://www.nanoscience.com/technology/sem-technology/how-sem-works/>
- [34] TELEGIN F. Yu., BELOKUROVA O. A., SHCHITOVA N. P. Application of Liposomes in the Textile Industry. *Russian Journal of General Chemistry*. [Online] 2013, Vol. 83, Issue 1, str. 214-219. [cit. 2018-03-01] DOI: 10.1134/S1070363213010428 ISSN: 1070-3632 Dostupné online z: <https://link.springer.com/article/10.1134%2FS1070363213010428>
- [35] WIENER Jakub, DEMBICKÝ Josef, DVOŘÁKOVÁ Eva. *Enkapsulace v textilní technologii*. Technická univerzita v Liberci, Fakulta textilní. 2007, 46s. Dostupné online z: <http://www.ft.tul.cz/depart/ktc/publikace/enkap.pdf>

- [36] WHITE Mary Anne, LEBLANC Monique. Thermochromism in Commercial Products. *Journal of Chemical Education*. [Online] 1999, Vol. 76, Issue 9, str. 1201-1205. [cit. 2018-03-09] DOI: 10.1021/ed076p1201 ISSN: 0021-9584 Dostupné online z: http://apps.webofknowledge.com/full_record.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&qid=1&SID=F3KJDW7dTRulPAYqUX5&page=1&doc=2
- [37] WEATHERALL Ian L., COOMBS Bernard L. Skin Color Measurements in Terms of CIELAB Color Space Values. *Journal of Investigative Dermatology*. [Online] 1992, Vol. 99, Issue 4, str. 468-473. [cit. 2018-04-22] DOI: 10.1111/1523-1747.ep12616156 Dostupné online z: <https://doi.org/10.1111/1523-1747.ep12616156>

Seznam obrázků, grafů, tabulek a rovnic

| | |
|--|----|
| Obrázek 1: PAD vlasec ^[4] | 15 |
| Obrázek 2: Záporně nabitý tenzid ^[11] | 19 |
| Obrázek 3: Tvorba micely ^[14] | 21 |
| Obrázek 4: Schéma CMC ^[15] | 21 |
| Obrázek 5: Fosfolipid a membrána ^[18] | 22 |
| Obrázek 6: Srovnání typů liposomů ^[19] | 24 |
| Obrázek 7: Rozprašovací sušárna Büchi B-290 | 28 |
| Obrázek 8: Schéma sušárny | 28 |
| Obrázek 9: Schéma nasávání roztoku | 29 |
| Obrázek 10: Rozptyl světla ^[31] | 31 |
| Obrázek 11: Schéma SEM ^[33] | 32 |
| Obrázek 12: Schéma postupu barvení pro vytahovací křivky | 41 |
| Obrázek 13: PAD na 3D nosiči | 43 |
| Obrázek 14: CIE L*a*b* prostor ^[37] | 44 |
| Obrázek 15: Sendvičový vzorek | 45 |
| Obrázek 16: Rybacidová červeně E barvená klasickým způsobem, enkapsulovaná v inertní atmosféře, enkapsulovaná na vzduchu | 52 |
| Obrázek 17: Egacidová žluť R barvená klasickým způsobem, enkapsulovaná v inertní atmosféře, enkapsulovaná na vzduchu | 52 |
| Obrázek 18: Rybacidová modř 5R barvená klasickým způsobem, enkapsulovaná v inertní atmosféře, enkapsulovaná na vzduchu | 53 |
| Obrázek 19: Egacidová modř K barvená klasickým způsobem, enkapsulovaná v inertní atmosféře, enkapsulovaná na vzduchu | 53 |
| Obrázek 20: Egacidová violet 3B barvená klasickým způsobem, enkapsulovaná v inertní atmosféře, enkapsulovaná na vzduchu | 54 |
| Obrázek 21: V inertní atmosféře enkapsulovaný síran amonný třepaný před sušením 30 min | 68 |
| Obrázek 22: V inertní atmosféře enkapsulovaný síran amonný třepaný před sušením 2 hodiny | 68 |
| Obrázek 23: Ve vzduchu enkapsulovaný síran amonný | 69 |
| Obrázek 24: Ve vzduchu enkapsulovaný síran amonný míchaný na magnetickém míchadle | 69 |
| Obrázek 25: V inertní atmosféře enkapsulovaná Rybacidová červeně E | 70 |
| Obrázek 26: Ve vzduchu enkapsulovaná Rybacidová červeně E | 71 |
| Obrázek 27: V inertní atmosféře enkapsulovaná Egacidová žluť R | 71 |
| Obrázek 28: Ve vzduchu enkapsulovaná Egacidová žluť R | 72 |
| Obrázek 29: V inertní atmosféře enkapsulovaná Rybacidová modř 5R | 72 |
| Obrázek 30: Ve vzduchu enkapsulovaná Rybacidová modř 5R | 73 |
| Obrázek 31: V inertní atmosféře enkapsulovaná Egacidová modř K | 73 |
| Obrázek 32: Ve vzduchu enkapsulovaná Egacidová modř K | 74 |
| Obrázek 33: V inertní atmosféře enkapsulovaná Egacidová violet 3B | 74 |
| Obrázek 34: Ve vzduchu enkapsulovaná Egacidová violet 3B | 75 |
| | |
| Graf 1: Absorpční spektrum Rybacidové červeně E | 48 |
| Graf 2: Absorpční spektrum Egacidové žluti R | 48 |
| Graf 3: Absorpční spektrum Rybacidové modře 5R | 49 |
| Graf 4: Absorpční spektrum Egacidové modře K | 49 |
| Graf 5: Absorpční spektrum Egacidové violeti 3B | 50 |
| Graf 6: Vytahovací křivky Rybacidové červeně E | 55 |

| | |
|--|----|
| Graf 7: Vytahovací křivky Egacidové žluti R..... | 56 |
| Graf 8: Vytahovací křivky Rybacidové modři 5R..... | 56 |
| Graf 9: Vytahovací křivky Egacidové modři K..... | 57 |
| Graf 10: Vytahovací křivky Egacidové violeti 3B..... | 58 |
| | |
| Tabulka 1: Použité přístroje..... | 36 |
| Tabulka 2: Použité chemikálie..... | 36 |
| Tabulka 3: Použitá barviva..... | 37 |
| Tabulka 4: Nastavení rozprašovací sušárny..... | 40 |
| Tabulka 5: Složení lázní pro vytahovací křivky..... | 42 |
| Tabulka 6: Barvicí postupy..... | 42 |
| Tabulka 7: Lázně pro stálosti a krytí pružovitosti..... | 43 |
| Tabulka 8: Složení potních lázní..... | 45 |
| Tabulka 9: Složení lázně pro praní při 60 °C..... | 46 |
| Tabulka 10: Efektivita sušení síranu amonného v procentech..... | 47 |
| Tabulka 11: Efektivita sušení barviv v procentech..... | 47 |
| Tabulka 12: Vliv enkapsulace na změnu sílu vybarvení..... | 50 |
| Tabulka 13: Porovnání síly vybarvení enkapsulovaných barviv..... | 51 |
| Tabulka 14: Vysvětlivky k vytahovacím křivkám..... | 54 |
| Tabulka 15: Stálobarevnost Rybacidové červeně E..... | 58 |
| Tabulka 16: Stálobarevnost Egacidové žluti R..... | 59 |
| Tabulka 17: Stálobarevnost Rybacidové modři 5R..... | 59 |
| Tabulka 18: Stálobarevnost Egacidové modře K..... | 60 |
| Tabulka 19: Stálobarevnost Egacidové violeti 3B..... | 60 |
| Tabulka 20: Lecithin se Slovazolem 257 (vel. částic)..... | 61 |
| Tabulka 21: Lecithin se Slovazolem 257 – sediment (vel. částic)..... | 61 |
| Tabulka 22: Rybacidová červeně E (vel. částic)..... | 62 |
| Tabulka 23: Rybacidová červeně E – sediment (vel. částic)..... | 62 |
| Tabulka 24: Egacidová žluť R (vel. částic)..... | 62 |
| Tabulka 25: Egacidová žluť R – sediment (vel. částic)..... | 63 |
| Tabulka 26: Egacidová Violet' 3B (vel. částic)..... | 63 |
| Tabulka 27: Samotné liposomy – zeta potenciál..... | 64 |
| Tabulka 28: Rybacidová červeně E – zeta potenciál..... | 64 |
| Tabulka 29: Egacidová žluť R – zeta potenciál..... | 64 |
| Tabulka 30: Rybacidová červeně E – procentuální zůstatek barviva v supernatantu..... | 65 |
| Tabulka 31: Egacidová žluť R – procentuální zůstatek barviva v supernatantu..... | 65 |
| Tabulka 32: Rybacidová modř 5R – procentuální zůstatek barviva v supernatantu..... | 66 |
| Tabulka 33: Egacidová modř K – procentuální zůstatek barviva v supernatantu..... | 66 |
| Tabulka 34: Egacidová Violet' 3B – procentuální zůstatek barviva v supernatantu..... | 66 |
| | |
| Rovnice 1: Výroba polyamidu 66 ^[2] | 14 |
| Rovnice 2: Výroba polyamidu 6 ^[2] | 15 |
| Rovnice 3: Vazba barviva na polyamid ^[5] | 17 |

Údaje pro databázi knihovny

| | |
|---------------|--|
| Název práce | Studium liposomních systémů textilních barviv |
| Autor práce | Bc. Josef Jarkovský |
| Obor | Vlákna a textilní chemie |
| Rok obhajoby | 2018 |
| Vedoucí práce | Ing. Michal Černý Ph.D. |
| Anotace | Tato diplomová práce se skládá ze tří hlavních částí. První část obsahuje literární rešerši na téma polyamid, barvení polyamidu se zaměřením na kyselá barviva, povrchově aktivní látky, liposomy, enkapsulace a metody analýzy liposomů se zaměřením na DLS, Zeta potenciál a SEM. V experimentální části se nacházejí postupy pro enkapsulaci barviv a elektrolytů, barvení PAD, popis metod použitých ke zjištění stálosti vybarvení a laboratorní metody využité pro analýzu připravených liposomů. V části výsledky a diskuze se nacházejí data získaná z provedených experimentů zpracovaná formou grafů, tabulek, fotografií a komentářů. |
| Klíčová slova | DLS, enkapsulace, kyselá barviva, lecithin, liposomy, odstředování, polyamid, skenovací elektronová mikroskopie, sprejové sušení, stálosti, vytahovací křivka, Zeta potenciál |