

# Zapouzdření přírodních potravinářských barviv

Bc. Pavlína Dudová

---

Diplomová práce  
2024



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická  
Ústav technologie potravin

Akademický rok: 2023/2024

# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Bc. Pavlína Dudová  
Osobní číslo: T22410  
Studijní program: N0721A210004 Technologie potravin  
Forma studia: Prezenční  
Téma práce: Zapouzdření přírodních potravinářských barviv

## Zásady pro vypracování

### I. Teoretická část

Zpracujte literární rešerši na zadané téma zapouzdření přírodních barviv v potravinářském průmyslu.

Definujte způsoby zapouzdření vybraných typů barviv vhodné pro potravinářské aplikace.

### II. Praktická část

Provedte experimentální přípravu a fyzikálně-chemické měření zapouzdření vybraných potravinářských barviv.

Provedte zpracování a vyhodnocení experimentálních výsledků, zhodnotte chyby měření, reprodukovatelnost měření a porovnejte jednotlivé vzorky vzhledem k jejich statistické odlišnosti metodou ANOVA.

Citujte veškerou použitou literaturu. Dodržujte předepsaný styl a formát pro DP.

Rozsah diplomové práce: **60**  
Rozsah příloh: **10**  
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

- [1] GHOSH, Susmita, Tanmay SARKAR, Arpita DAS a Runu CHAKRABORTY. Natural colorants from plant pigments and their encapsulation: An emerging window for the food industry. *LWT* [online]. 2022, **153** [cit. 2023-04-28]. ISSN 00236438. Dostupné z: doi:10.1016/j.lwt.2021.112527
- [2] LUIZA KOOP, Betina, Milena NASCIMENTO DA SILVA, Fabíola DINIZ DA SILVA, Kennya THAYRES DOS SANTOS LIMA, Lenilton SANTOS SOARES, Cristiano JOSÉ DE ANDRADE, Germán AYALA VALENCIA a Alcilene RODRIGUES MONTEIRO. Flavonoids, anthocyanins, betalains, curcumin, and carotenoids: Sources, classification and enhanced stabilization by encapsulation and adsorption. *Food Research International* [online]. 2022, **153** [cit. 2023-04-28]. ISSN 09639969. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodres.2021.110929
- [3] ROBERT, Paz a Carolina FREDES. The Encapsulation of Anthocyanins from Berry-Type Fruits. *Trends in Foods. Molecules* [online]. 2015, **20(4)**, 5875-5888 [cit. 2023-04-28]. ISSN 1420-3049. Dostupné z: doi:10.3390/molecules20045875

Vedoucí diplomové práce: **prof. Ing. Lubomír Lapčík, Ph.D.**  
Ústav technologie potravin

Datum zadání diplomové práce: **1. ledna 2024**  
Termín odevzdání diplomové práce: **10. května 2024**

L.S.

---

**prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.**  
děkan

---

**Ing. Robert Gál, Ph.D.**  
ředitel ústavu

## **PROHLÁŠENÍ AUTORKY DIPLOMOVÉ PRÁCE**

Beru na vědomí, že:

- diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

### **Prohlašuji,**

- že jsem na diplomové práci pracovala samostatně a použitou literaturu jsem citovala. V případě publikace výsledků budu uvedena jako spoluautorka.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně dne:

Jméno a příjmení studentky:

.....  
podpis studentky

## **ABSTRAKT**

Tato diplomová práce se zabývá zapouzdřením přírodních barviv z různých zdrojů do fosfolipidových lipozomů. Teoretická část práce charakterizuje přírodní barviva, typy enkapsulace a její využití v potravinářském průmyslu. Vybranými barvivy pro experimentální část jsou lyofilizovaný malinový prášek, měďnaté komplexy chlorofylinů a komerční  $\beta$ -karoten. Jako fosfolipidový obal byl použit slunečnicový lecitin a pro stabilizaci povrchu lipozomálních vezikul sodná sůl karboxymethylcelulózy. Enkapsulace proběhla metodou vysokorychlostní homogenizace a následně proběhla fyzikálně-chemická analýza a stanovení enkapsulační účinnosti vzorků.

Klíčová slova: enkapsulace, přírodní barviva, lecitin, malinový prášek, chlorofyl,  $\beta$ -karoten, karboxymethylcelulóza

## **ABSTRACT**

The Thesis focuses on encapsulation of natural colorants from various sources into phospholipid liposomes. Theoretical part identifies natural colorants, types of encapsulation and its use in the food industry. Colorants chosen for the experimental part consist of freeze-dried raspberry powder, copper complexes of chlorophyllines and commercial  $\beta$ -carotene. The wall material is composed from sunflower lecithin and carboxymethylcellulose (sodium salt) as a surface stabiliser. Encapsulation was realised by a high-pressure homogenization method and the samples were physical-chemically analysed and their encapsulation efficiency was established.

Keywords: Encapsulation, Natural Colorants, Lecithin, Carboxymethylcellulose, Raspberry Powder, Chlorophyll, Beta Carotene

Chtěla bych vyjádřit své upřímné díky všem, kteří mi pomohli při dokončení mé diplomové práce. Mému vedoucímu prof. Ing. Lubomíru Lapčíkovi PhD., děkuji za jeho cenné vedení a trpělivost. Dále bych ráda poděkovala doktorandce vedoucího Shwetě Gautam, za její cenné připomínky, podnětné diskuze a ochotu sdílet své znalosti a zkušenosti. Rovněž bych ráda vyjádřila své díky panu Ing. Tomáši Valentovi, laborantovi našeho pracoviště, za jeho technickou podporu a asistenci při experimentální části práce.

Nemohu opomenout ani svou rodinu a přátele, kteří mě neustále povzbuzovali a podporovali během celého studia. Jejich láska, trpělivost a víra ve mě mi dodávaly sílu a odhodlání v momentech pochybností. Děkuji všem, kdo mi stáli po boku a podporovali mě na této cestě.

Prohlašuji, že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

# OBSAH

ÚVOD .....	9
<b>I TEORETICKÁ ČÁST .....</b>	<b>10</b>
<b>1 PŘÍRODNÍ BARVIVA .....</b>	<b>11</b>
1.1 ANTOKYANY .....	11
1.2 CHLOROFYL .....	13
1.3 KAROTENOIDY .....	14
<b>2 ENKAPSULACE.....</b>	<b>17</b>
2.1 OBALOVÉ MATERIÁLY .....	17
2.1.1 Polysacharidy .....	17
2.1.2 Proteiny .....	18
2.1.3 Lipidy.....	18
2.1.4 Nanovlákná .....	18
2.2 TECHNIKY ZAPOUZDŘENÍ.....	18
2.2.1 Sprejové sušení.....	19
2.2.2 Lyofilizace .....	19
2.2.3 Iontová gelace .....	19
2.2.4 Ko-krystalizace.....	20
2.2.5 Emulzifikace.....	20
2.2.6 Extruze .....	21
2.3 LIPOZOMÁLNÍ ENKAPSULACE.....	21
2.3.1 Metody přípravy .....	24
2.3.2 Stabilita lipozomů.....	25
2.4 ZAPOUZDŘENÍ V POTRAVINÁŘSKÉM PRŮMYSLU.....	26
2.4.1 Nápojový průmysl .....	27
2.4.2 Mlékárenský průmysl .....	27
2.4.3 Pekařský průmysl .....	28
2.4.4 Cukrovinky.....	28
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST.....</b>	<b>30</b>
<b>3 CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE .....</b>	<b>31</b>
<b>4 POPIS A PŘÍPRAVA VZORKŮ.....</b>	<b>32</b>
4.1 BARVIVA .....	32
4.1.1 Malinový prášek .....	32
4.1.2 Měďnaté komplexy chlorofylinů.....	33
4.1.3 $\beta$ -karoten .....	34
4.2 SLUNEČNICOVÝ LECITIN .....	35
4.3 KARBOXYMETHYLCELULÓZA (CMC).....	35
4.4 PŘÍPRAVA VZORKŮ.....	36
<b>5 METODIKA MĚŘENÍ.....</b>	<b>37</b>

5.1	URČENÍ VELIKOSTI ČÁSTIC ROZPTYLEM SVĚTLA .....	37
5.2	URČENÍ pH A Z-POTENCIÁLU.....	37
5.3	REOLOGICKÁ MĚŘENÍ.....	37
5.4	STANOVENÍ TRICHROMATICKÝCH CHARAKTERISTIK CIE L*A*B* .....	38
5.5	ENKAPSULAČNÍ ÚČINNOST (EE%).....	39
5.6	NÁVRH EXPERIMENTU A STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ.....	40
<b>6</b>	<b>VÝSLEDKY MĚŘENÍ .....</b>	<b>42</b>
6.1	VELIKOST ČÁSTIC.....	42
6.2	ZETA POTENCIÁL.....	43
6.3	REOLOGIE .....	45
6.4	STANOVENÍ TRICHROMATICKÝCH CHARAKTERISTIK CIE L*A*B* .....	61
6.5	ENKAPSULAČNÍ ÚČINNOST.....	63
6.6	NÁVRH EXPERIMENTU .....	65
	<b>DISKUZE A ZÁVĚR .....</b>	<b>69</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>71</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>78</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>79</b>
	<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>80</b>



## ÚVOD

Se zvýšeným povědomím veřejnosti o otázkách ekologické bezpečnosti a zdraví získávají ekologicky nezávadné a netoxické produkty z biologických zdrojů znovu na popularitě v různých oblastech našeho života. Přírodní barviva, která jsou získávána z rostlin, hmyzu, zvířat a minerálů jsou obnovitelné a udržitelné produkty z biodrožů s minimálním dopadem na životní prostředí a jsou známé již od starověku pro jejich použití nejen při barvení textílií, ale také jako přísady do potravin a kosmetiky. Zapouzdření neboli enkapsulace je proces, při kterém dochází k zachycení aktivní látky do ochranného obalu, který se může skládat z různých materiálů. Jedním z druhů enkapsulace je tvorba lipozomů pomocí fosfolipidů. (Shahid et al. 2013, Robert, Fredes 2015)

Přírodní barviva jsou v dnešní době dostupná v různých provedeních, a tudíž byly vybrány 3 rozdílné typy. Jako první byl zvolen lyofilizovaný růžovo-červený malinový prášek, který simuluje jednoduché barvení potravin pomocí ovoce (nebo zeleniny). Dalším barvivem jsou zelené měďnaté komplexy chlorofylinů, které figurují jako zástupce čisté chemické látky používané jako potravinářské barvivo. Poslední barvivo je komerční oranžový  $\beta$ -karoten, který ve svém složení obsahuje další složky jako např. slunečnicový olej nebo škrob.

Lecitin je fosfolipid, který je běžně využíván pro tvorbu lipozomů. Pro tuto práci byl vybrán slunečnicový lecitin, který oproti sójovému nemá riziko alergenu, pochází z non-GMO surovin a je tedy společensky přijatelnější. Zapouzdření aktivních látek do lipozomů je možné realizovat různými metodami, mezi které se řadí také vysokorychlostní homogenizace. Při této metodě dochází k rozbití velkých částic na menší. Pro zvýšení stability na povrchu lipozomů je možné použít různé látky, např. karboxymethylcelulózu, což je známý stabilizátor emulzí v potravinářství. (Chaplin 2021, Guiotto et al. 2019, Řepka et al. 2023)

V této diplomové práci je enkapsulace přírodních barviv do lipozomů pomocí vysokorychlostní homogenizace stanovena pomocí určení velikosti částic, změření elektrokinetického  $\zeta$ -potenciálu, reologických měření a určení enkapsulační účinnosti. Po vyhodnocení dat byly také pomocí programu Design-Expert 13 (Stat-Ease Inc., USA) stanoveny množství lecitinu, CMC a vody pro vzorek s nejlepšími hodnotami měření.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 PŘÍRODNÍ BARVIVA

Pojem přírodní barviva zahrnuje všechny materiály dostupné z přírodních zdrojů, které mají schopnost dát barvu matricím. Hlavním principem tvorby barvy pro přírodní barviva je specifická absorpce světla v rozsahu vlnové délky 400–700 nm. Mezi zdroje přírodních barviv se řadí minerály (červená okra, oxidy prvků), živočišné zdroje (košenila/karmín) a rostlinné materiály. Barva je jedním z hlavních sensorických parametrů, protože udává představu o stavu a složení potraviny. V některých případech může nevhodná barva potraviny snížit chuť k její konzumaci, protože tento atribut souvisí s jinými smyslovými vjemy, jako je chuť, vůně nebo textura. Velké množství technik zpracování surovin a potravin (především tepelné úpravy) způsobuje ztrátu nebo změnu barvy. Z tohoto důvodu jsou do potravin přidávána barviva, která zajistí návrat nebo zvýraznění původní barvy. Barviva je také možné do potravin přidat z důvodu udržení celistvosti produktu nebo zajištění nejlepšího vzhledu potraviny nebo také pouze k obarvení nebarevné potraviny. (Molina et al. 2023a, Ngamwonglumlert et al. 2017, Bechtold 2020)

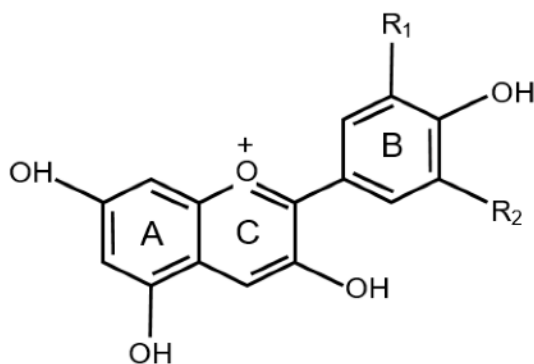
### 1.1 Antokyany

Antokyany představují skupinu polyfenolických bioaktivních látek, které spadají do kategorie flavonoidů. Jsou to ve vodě rozpustné pigmenty a mají odpovědnost za barvu mnoha květin, ovoce, zeleniny a některých obilovin. Většina antokyanů je tvořena modifikací šesti nejčastěji se vyskytujících aglykonů nalezených v přírodě: kyanidin (magenta, karmín), delphinidin (modrý, fialový), pelargonidin (oranžový), malvidin (fialový), peonidin (magenta) a petunidin (fialový). Molekula antokyanu se skládá ze základní necukerné struktury (antokyanidinu), která může být glykosylována jedním nebo více cukernými zbytky nebo acylována fenolovými a organickými kyselinami (např. kyselina jablečná). Chemická struktura molekul antokyanů je vyobrazena na obrázku 1 a v tabulce 1. (Luiza Koop et al. 2022a, Amorim et al. 2023)

Antokyany fungují jako redukující látky a působí jako přírodní antioxidanty. Jsou klíčové nejen pro barvu potravin, ale také pro jejich potenciální zdravotní výhody. Jejich antioxidační aktivita je dána kladně nabitým kyslíkem na C kruhu (viz obrázek 1). Antioxidační aktivita antokyanidinů se zvyšuje s rostoucím počtem hydroxylových skupin na B kruhu v následném pořadí (od nejvyšší aktivity): delphinidin > cyanidin > pelargonidin. Při absorpci jsou glykosidy metabolizovány na kyselinu protokatechovou, gallovou, 4-hydroxybenzoovou, syringovou a vanilovou (Araki et al. 2021)

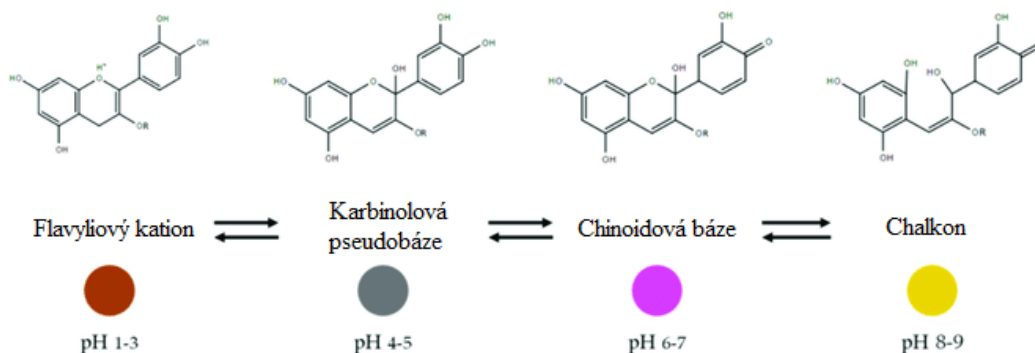
Tabulka 1 Rozdíly v chemických strukturách antokyanů

Antokyan	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>
Pelargonidin	-H	-H
Kyanidin	-OH	-H
Delfinidin	-OH	-OH
Peonidin	-OCH <sub>3</sub>	-H
Petunidin	-OCH <sub>3</sub>	-OH
Malvidin	-OCH <sub>3</sub>	-OCH <sub>3</sub>



Obrázek 1 Chemická struktura antokyanidinu

Stabilita antokyanů je ovlivněna faktory jako jejich struktura, koncentrace, pH, zvyšování teploty, přístup světla nebo kyslíku, typ rozpouštědla, přítomnost enzymů nebo jiných flavonoidů, proteiny a kovové ionty. Hlavním faktorem nízké stability je pH, protože jeho hodnota mění strukturu antokyanů. Vznikají látky s rozdílnými barvami včetně žluté, modré, fialové a červené nebo také bezbarvé látky. Změny barvy jsou způsobeny přenosem protonu, dehydratací, hydratací nebo izomerací. Ve vodném prostředí jsou molekulové typy antokyanidinu flavyliový kation, karbinolová pseudobáze, chalkon a chinoidová báze v rovnováze. Červený flavyliový kation je dominantní při pH 1, ale při zvýšení na pH 4-5 se na úkor flavyliového kationu zvýší koncentrace bezbarvé karbinolové pseudobáze. Při pH 6 se zvyšuje koncentrace modré/fialové chinoidové báze, která roste do pH 8, ve kterém se báze mění na žlutý chalkon. Tyto změny jsou zobrazeny na obrázku 2. (Nabi et al. 2023, Ngamwonglumlert et al. 2017)

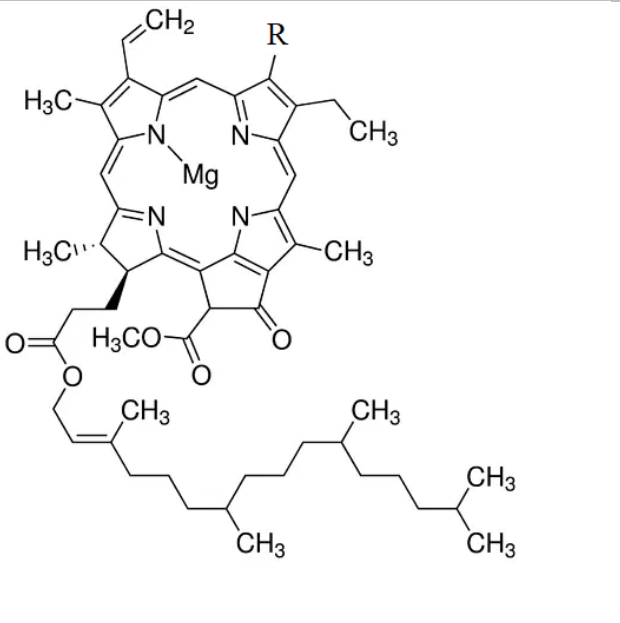


Obrázek 2 Změny struktury a barvy antokyanidinu při změně pH prostředí (Rodrigues et al. 2021)

## 1.2 Chlorofyl

Chlorofyly jsou zelené přírodní pigmenty, které se v rostlinách vyskytují nejčastěji. Jsou odpovědné za fotosyntézu. Jde o komplexní molekuly, které se řadí do porfyrinů. Základem jejich chemické struktury jsou 4 pyrrolové kruhy (každý obsahuje 4 uhlíky a jeden dusík), které jsou spojeny uhlíkovým můstkem do aromatického makrocyklu. Tato struktura je odpovědná za fotodynamické, fototermální a fluorescenční vlastnosti chlorofylů. (Amorim et al. 2023) V přírodě se vyskytují různé druhy chlorofylů. Většina zeleniny obsahuje typ *a*, který je odpovědný za absorpci světla během fotosyntézy a dnes se běžně využívá jako přírodní barvivo ve farmaceutickém a potravinářském průmyslu. Chlorofyl *b* se nachází v chloroplastech a absorbuje světlo v jiných vlnových délkách a přenáší energii pro chlorofyl *a*. Typy *c*, *d* a *f* se vyskytují v řasách. Chemická struktura a rozdíly molekul chlorofylů *a* a *b* jsou vidět v tabulce 2 a na obrázku 3. (Streit et al. 2016, Molina et al. 2023a)

Tabulka 2 Rozdíly ve struktuře mezi chlorofylem *a* a *b*

	R	
	-CH <sub>3</sub>	Chlorofyl <i>a</i>
	-CHO	Chlorofyl <i>b</i>

Obrázek 3 Chemická struktura chlorofylu

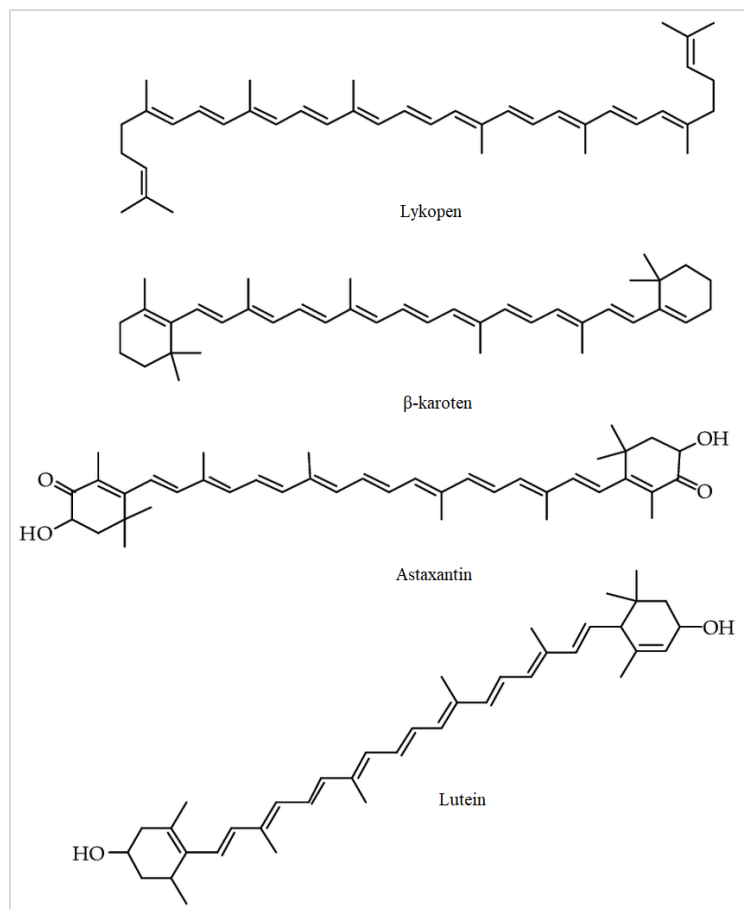
Stabilita chlorofylů je nízká vůči faktorům jako světlo, teplo, přístup kyslíku, kyselé prostředí a za přítomnosti aktivního enzymu chlorofylázy. V rostlinách probíhá degradace chlorofylu během zrání a stárnutí a také pod stresem (abiotickým a biotickým). Pokud je chlorofyl vystaven dlouhému zahřívání v kyselém prostředí, mění svou strukturu na feofytin a jeho barva se změní ze zelené na olivově zelenou. Při dalším zahřívání se feofytin mění na pyrofeofytin, který funguje jako indikátor ošetření. Pro zvýšení stability chlorofylů je

možné využít např. alkalizaci média. Avšak tato metoda způsobuje změny textury, tvorbu nežádoucích chutí a vůní, tvorba krystalů, snížení nutriční hodnoty (dochází k degradaci vitaminů jako riboflavin). V praxi se běžně využívá přídavek solí s mědí nebo zinkem. Zinek tvoří s chlorofylem komplex, který se při zpracování mění na světle zelené komplexy zinku s feofytinem a pyrofeofytinem. Podobné zbarvení mají komplexy s mědí. Tyto komplexy je také možné enkapsulovat a vytvořit tak přírodní barviva s vyšší stabilitou. (Amorim et al. 2023, Ribeiro, Veloso 2021)

### 1.3 Karotenoidy

Karotenoidy jsou jedny z nejdostupnějších přírodních pigmentů. Jsou to také jedny z nejprostudovanějších lipofilních pigmentů, které dávají rostlinám žlutou, oranžovou a červenou barvu. Vyskytují se v rostlinách, ovoci, zelenině, řasách a také fotosyntetizujících bakteriích. Mají nekovalentní vazbu s proteiny. Tato skupina pigmentů je nezbytná při fotosyntéze, fotoprotekci, řízení vývoje a reakcích na změny vnějšího prostředí v rostlinách. Některé specifické struktury hrají zásadní roli v lidském zdraví jako prekurzory pro tvorbu retinolu (vitamin A), což je mikronutrient odpovědný za některé zrakové funkce, imunitní odpovědi a reprodukci. Z karotenoidů má největší provitamin A aktivitu  $\beta$ -karoten, jelikož jeho každá molekula může být rozštěpena na dvě retinolové molekuly. Karotenoidy jsou také významné antioxidanty ve fyziologických a potravinových systémech. (Nabi et al. 2023, Amorim et al. 2023)

Bylo zjištěno více než 700 karotenoidů a obecně se podle jejich chemické struktury dělí do dvou skupin: karoteny a xantofyly. Karoteny se řadí mezi isoprenoidní lipidy. Jsou to nepolární, vysoce konjugované uhlovodíkové řetězce (C40), které mohou být lineární (lykopen) nebo cyklické na obou koncích molekuly ( $\alpha$ -karoten,  $\beta$ -karoten).  $\beta$ -karoten je nejčastější forma karotenu v rostlinách.  $\alpha$ -karoten se od  $\beta$ -karotenu liší polohou dvojně vazby v cyklické skupině na jednom konci. Xantofyly jsou považovány za oxidované karotenové deriváty, které jsou polárnější než karoteny. Tyto deriváty jsou určovány podle funkčních skupin, které obsahují kyslík, např. hydroxylová skupina (zeaxanthin, lutein) nebo karbonylová skupina (astaxantin, kapsantin). Rozdíly v chemické struktuře základních karotenoidů jsou zobrazeny na obrázku 4. (Mohd Hatta, Othman 2020, Dansou et al. 2023)



Obrázek 4 Přehled základních karotenoidů (Lombardi, et al. 2022)

Přestože jsou karotenoidy často přidávány do potravin a jiných komerčních produktů, jejich použitelnost je limitována jejich citlivostí vůči světlu, teplotě, kyslíku, autooxidaci a přechodným kovům. Chemická nestabilita karotenoidů je dána jejich vysoce konjugovanou strukturou. Při degradaci dochází k nežádoucím změnám ve vlastnostech finálního produktu, jako je blednutí barvy nebo produkce nepříjemných aromatických a chuťových látek, které mohou snížit přijatelnost u spotřebitele nebo trvanlivost produktu. (Vieira et al. 2020) V průmyslovém použití, degradaci karotenoidů se předchází kontrolovaným skladováním, obalovými materiály, enkapsulačními technologiemi nebo chemicky pomocí antioxidantů jako butylhydroxyanisol (BHA) nebo hydroxytoluen (BHT) nebo chelatačním činidlem jako ethylendiamintetraoctová kyselina (EDTA). (Hamed et al. 2023)

V tabulce 3 se nachází přehled přírodních barviv zmíněných v této kapitole. Navíc je v ní zmínka o betalainech, dalších důležitých přírodních pigmentech.

Tabulka 3 Přehled vybraných přírodních pigmentů a jejich zdrojů (Molina et al. 2023b)

Skupina pigmentů	Typy	Lokalizace	Barva
Chlorofyly	Chlorofyly <i>a, b</i>	Všechny fotosyntetizující rostliny	Zelená
Karotenoidy	Karoteny	Rostliny, bakterie a někteří korýši	Žlutá, oranžová, červená
	Xantofyly		
Betalainy	Betaxantiny	Hvozdíkovité, kaktusy a některé houby	Žlutá až červená
	Betacyaniny		
Flavonoidy	Chalkony	Červené, růžové, fialové a modré plody ovoce a zeleniny	Červená, modrá, fialová
	Flavonoly		
	Antokyaniny		



## 2 ENKAPSULACE

Enkapsulace může být definována jako proces, při kterém dochází k zachycení aktivní složky do stabilní, ochranné matrice a následné produkci enkapsulátů různých velikostí a funkčních vlastností. Aktivní složka se dá také nazvat jako jádro (angl. core) a vnější materiál může být označován jako nosič nebo obal (angl. wall). Jádro a obal jsou strukturálními elementy enkapsulátu. Obalový materiál se může skládat z jednoho nebo více komponent (např. proteiny, polysacharidy, surfaktanty, lipidy, voda a minerály) a může mít jednoduchou (homogenní) nebo komplexní (heterogenní) strukturu (záleží na použitém materiálu a metodě výroby). Existuje mnoho složek v potravinách, které nemohou být do potravin přidávány v jejich obvyklé formě a musí být zachyceny v nějakém doručovacím systému, než mohou být přidány do potravinové matrice. Mezi hlavní důvody zapouzdření látek patří: úspěšné začlenění do potravin bez nežádoucích změn; ochrana proti chemické, fyzikální a biologické degradaci; maskování nežádoucích pachutí; doručení do určité oblasti, ve které jsou aktivovány; vylepšení podmínek skladování, manipulace a využití; prodloužení trvanlivosti. (Anandharamkrishnan, S. 2015, Garti, McClements 2012)

### 2.1 Obalové materiály

Bioaktivní látky je možné enkapsulovat pomocí mnoha substancí. Materiály použité pro zapouzdření závisí na tom, jak a z čeho jsou vyráběny a jaké mají charakteristiky. Pouze obecně bezpečné látky (GRAS, generally recognized as safe) mohou být použity v potravinách. Při výběru obalového materiálu by se měla brát v úvahu především funkčnost dodaná potravině, ve které je enkapsulát obsažen. Musí se také brát v úvahu limitace a pohodlnost použití, jednoduchost enkapsulace, ekonomické náklady, způsob techniky uvolnění a stabilita zapouzdřené látky. (Singh et al. 2023)

#### 2.1.1 Polysacharidy

Polysacharidy jsou často využívané obalové materiály pro enkapsulaci, jelikož dokážou efektivně zachytit a chránit zapouzdřené látky díky jejich velké molekulární struktuře. Mohou pocházet z mnoha zdrojů, např. rostliny (pektiny, škroby a guma), zvířata (chitin, chitosan), řasy (agar, karagenan, alginát) a mikroorganismy (xantanová guma, dextran, cyklodextriny). Funkčnost polysacharidů se může měnit v závislosti na vnějších podmínkách jako teplota, pH, pKa a elektrický náboj prostředí. (Ghandehari-Alavijeh et al. 2024)

### 2.1.2 Proteiny

Proteiny jsou důležité díky jejich emulzifikačním schopnostem, produkci gelů a hydrogelů, vaznosti velkého množství vody, produkci pěny, stabilizaci kapek v emulzi, filmům a schopnosti vytvářet nano a mikrostruktury, které jsou nezbytnými faktory při enkapsulaci. Hlavní zdroje bílkovin jsou bakterie, houby, rostliny (sójový protein, zein a pšeničný gliadin), zvířata (želatina, kasein, albumin a syrovátkové proteiny), řasy a mikrořasy. (Premjit et al. 2022)

### 2.1.3 Lipidy

Lipidy jsou skupina velmi rozdílných látek, které spojuje rozpustnost v organických rozpouštědlech. Jejich struktura, složení a velikost může ovlivnit jiné charakteristiky jako bod tavení. Pro enkapsulaci jsou nejčastěji používány lipidy s emulzifikačními vlastnostmi jako fosfolipidy (lecitin) a tuky s vyšším obsahem nasycených mastných kyselin, protože mají dostatečné plastické vlastnosti potřebné pro funkčnost obalového materiálu. Lipidy je možné použít samostatně nebo v kombinaci s jinými proteiny nebo polysacharidy. (Ribeiro, Veloso 2021)

### 2.1.4 Nanovlákná

Nanovlákná jsou strukturované cylindrické materiály s diametrem pod 1000 nm vytvořené z materiálů jako kovy, oxidy kovů a uhlíkové polymery. Nanovlákná vytvořena z biokompatibilních a biodegradabilních materiálů jsou uplatnitelná v oborech životního prostředí, potravinářství, zdravotnictví, biomedicíny nebo textilního průmyslu. V potravinářském průmyslu jsou nanovlákná zkoumána především v oblasti výroby obalových materiálů. (Onyeaka, Nwabor 2022)

## 2.2 Techniky zapouzdření

Konvenční enkapsulační procesy zahrnují dva kroky: produkce disperze/suspenze nebo emulze jádra a obalového materiálu a jeho následné sušení. Sušení může být provedeno klasickým způsobem nebo mohou být využity alternativní enkapsulační technologie. Retence jádra v enkapsulátu závisí na chemických faktorech jako molekulová hmotnost, chemická funkčnost, rozpustnost, polarita a těkavost. Důležité jsou také fyzikálně-chemické vlastnosti obalového materiálu jako rozpustnost, stabilita, konformace molekulové hmotnosti, fyzikální stav a povaha a parametry použité enkapsulační technologie. (Varzakas Theodoros 2015)

### 2.2.1 Sprejové sušení

Sprejové sušení je nejčastější enkapsulační metoda bioaktivních látek, protože je jednoduchá, levná a má vysoké výtěžky. Jde o proces, při kterém je disperze obsahující bioaktivní látku atomizována horkým vzduchem, což umožní odpaření rozpouštědla a tvorbu výsledného prášku. Mikrostruktura výsledného produktu může být ovlivněna mnoha faktory jako typ jaderného materiálu (olej/bioaktivní látka) nebo nosiče a podmínky sprejového sušení (teplota, rychlost průtoku a typ atomizéru). Mezi výhody sprejového sušení patří dobré rekonstituční vlastnosti, nízká vodní aktivita a dobré podmínky pro přepravu a skladování. Naopak, nedostatek vhodných obalových materiálů, aglomerační vlastnosti prášku jsou hlavní limitace při použití sprejového sušení během enkapsulace. (Luiza Koop et al. 2022b, Jafari et al. 2023)

### 2.2.2 Lyofilizace

Lyofilizace, nebo také sušení mrazem je technika používaná především pro citlivé bioaktivní látky, protože probíhá za nižších teplot a bez přístupu vzduchu. Hlavním principem této metody je sublimace, během které je voda přeměněna z pevné fáze přímo do plynné, kdy celý tento proces probíhá za vakua. Při porovnání se sprejovým sušením má lyofilizace mnoho nevýhod, mezi které se řadí převážně vysoká cena a energetická náročnost. Dalším problémem může být částečná ztráta bioaktivní látky kvůli mrazení a sušení. (Eun et al. 2020, Luiza Koop et al. 2022b)

### 2.2.3 Iontová gelace

Iontová gelace je metoda, která využívá částice hydrokoloidního gelu pro enkapsulaci bioaktivních látek nebo stabilizaci textury v potravinách, farmaceutických, probiotických a kosmetických produktech. Jde o jednoduchou metodu, která nevyžaduje specializované náčiní, vysokou teplotu nebo organické rozpouštědlo. Hydrokoloidní gely jsou tvořeny iontovou polymerací nebo polyelektrolytovou iontovou vazbou. Proces iontové gelace začíná vodným roztokem polymeru obsahujícím ionty o nízké molekulové hmotnosti, které reagují s polyelektrolyty opačného náboje a tvoří nerozpustný gel. Vypuštění enkapsulované látky v takovém gelu závisí na vnějších vlivech jako změna pH, působení enzymů nebo osmotické síly.

Tuto metodu lze provádět atomizačním procesem, extruzí, koextruzí nebo elektrostatickou depozicí. Polymerový nebo hydrokoloidní roztok obsahující rozpuštěnou aktivní látku je

kapán nebo atomizován do iontového roztoku, který je neustále míchán. Kapky se ihned po kontaktu s roztokem mění na sférické gelové struktury, které obsahují aktivní látku rozmístěnou po celé matici. (Kurozawa, Hubinger 2017)

#### 2.2.4 Ko-krystalizace

Ko-krystalizace v sacharóze je poměrně nová a jednoduchá metoda enkapsulace, která nabízí ekonomicky výhodnou náhradu začlenění bioaktivních látek ve stabilizované práškové formě, což vede ke snadné manipulaci a konzervaci aktivních složek. V tomto procesu je aktivní látka zavedena do velmi přesyceného roztoku sacharózy, aby bylo dosaženo krystalizace, která zachytí aktivní složku do krystalů sacharózy. V průběhu krystalizace jsou pevné a dokonalé krystaly sacharózy přeměněny na hrudkovité, nepravidelné a porózní krystaly. V takové formě obsahují volné prostory a zvětšenou plochu povrchu, což je vhodné pro inkorporaci aktivní látky. Ko-krystalizace sacharózou by také mohla zlepšit rozpustnost, rozptýlenost, homogenitu, hygroskopicitu, hydrataci, protispěškové vlastnosti a tepelnou stabilitu enkapsulované látky. (Kaur et al. 2021)

#### 2.2.5 Emulzifikace

Enkapsulace pomocí emulzí je jedna z nejčastěji používaných metod pro širokou škálu lipofilních, hydrofilních a amfifilních bioaktivních molekul. Mají vysokou účinnost enkapsulace, udržují chemickou stabilitu enkapsulovaných molekul a jsou schopny kontrolovaného uvolnění látky do prostředí. Některé polyfenoly enkapsulované pomocí emulzí vykazovaly vyšší biologickou aktivitu oproti čistým volným molekulám.

Emulze se skládá z dvou nemísitelných kapalin (většinou olej a voda), kdy je jedna kapalina dispergována do druhé kapaliny ve formě sférických kapek. Emulzní systémy se můžou dělit podle velikosti rozptýlených částic na makroemulze, mikroemulze a nanoemulze. Emulze lze také klasifikovat podle relativní prostorové distribuce olejové a vodné fáze. Systém, ve kterém jsou olejové kapky rozmístěny ve vodné fázi se nazývá emulze olej ve vodě (oil in water, O/W), zatímco systém vodních kapek v oleji se nazývá emulze voda v oleji (water in oil, W/O). Existují také tzv. dvojité emulze, které mohou existovat jako voda v oleji ve vodě (water in oil in water, W/O/W) nebo olej ve vodě v oleji (oil in water in oil, O/W/O) nebo také voda v oleji v oleji (W/O/O) a voda v oleji v oleji ve vodě (W/O/O/W). (Lu et al. 2016, Anusha Siddiqui et al. 2022)

Klasická emulze oleje ve vodě se skládá z olejových kapek dispergovaných ve vodném prostředí, kde olejové jsou kapky oleje obaleny tenkou mezifázovou vrstvou z molekul emulgátoru. Koncentrace a velikost částic v emulzi se dá kontrolovat podílem olejové fáze a technologií přípravy. Olejové kapky mají většinou průměr mezi 0,1 a 100  $\mu\text{m}$ , zatímco mezifázová vrstva emulgátoru má tloušťku většinou mezi 1 a 10 nm. Jako emulgátory se nejčastěji používají surfaktanty, fosfolipidy, proteiny nebo polysacharidy. Elektrický náboj olejových kapek se dá měnit podle vybraného emulgátoru, které mohou být buď kladné, záporné nebo bez náboje. (Lu et al. 2016)

### 2.2.6 Extruze

Extruze je fyzikálně-mechanický proces pro enkapsulaci různých bioaktivních látek. Při této metodě je výsledná velikost částic mezi 50 a 2000  $\mu\text{m}$ . Obecně se extruze považuje za ekonomicky výhodnou metodu s velkou výrobní kapacitou a nemá žádné nároky na organická rozpouštědla, vysoké teploty nebo na pH prostředí během enkapsulačního procesu. Tato metoda není příliš vhodná pro viskózní roztoky a výsledné produkty často postrádají takovou kvalitu, jakou je schopna zajistit metoda například sprejového sušení. (Anusha Siddiqui et al. 2022)

## 2.3 Lipozomální enkapsulace

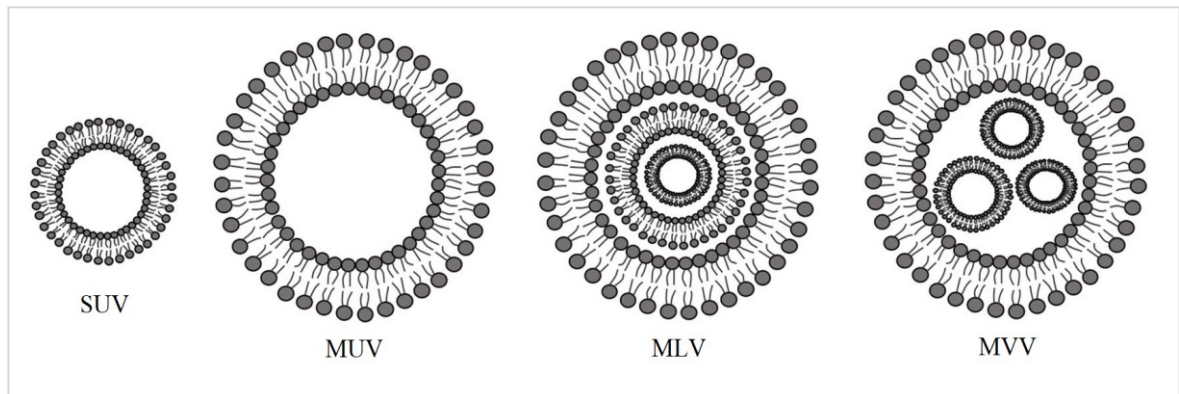
Lipozomy jsou vezikuly neboli transportní váčky kulovitěho tvaru, jejichž základní částí jsou fosfolipidy. Jejich velikost může být od 30 nm do několika mikrometrů. Během tvorby lipozomů vyvolávají mechanické síly agregaci fosfolipidů, což vede k jejich formaci do jedné nebo více dvojrstev. Mají schopnost se při kontaktu s vodou uzavřít a vytvořit volný prostor v jádře obklopený lipidovými dvojrstvami. Vytvořená struktura je vhodná pro enkapsulaci hydrofilních i lipofilních látek. Vzhledem k tomu, že jsou lipidy ve vodném prostředí amfifilní, jejich termodynamické vlastnosti způsobují skládání jejich hydrofobní sekce do sférických dvojrstev nazývaných lamely. Lipozomy se dají klasifikovat podle velikosti, lamelarity (počet lipidových dvojrstev ve vezikulu) nebo látky zapouzdřené uvnitř lipozomu. Jejich použití nabízí možnost zapouzdření bioaktivních látek lipofilní i hydrofilní povahy. Lipofilní látky mohou být uzavřeny do lipidové dvojrstvy, čímž zvýší její rozpustnost ve vodném prostředí. Na druhou stranu jsou hydrofilní látky zachyceny ve vodní části uvnitř dvojrstvy. Existuje možnost enkapsulace obou typů látek najednou do jedné vezikuly. (Figueroa-Robles et al. 2021, Chai, Park 2024a, Rauf 2023)

**Fosfolipidy** jsou amfifilní molekuly, které jsou sestaveny z glycerolu a sfingosinu, na který se váže hlavní fosfátová skupina a jedna nebo dvě mastné kyseliny. Mezi nejběžnější hlavní skupiny patří cholin, etanolamin, glycerol, inositol a serin. Druh fosfolipidů určuje tuhost a náboj dvojvrstvy a mezi nejběžnější patří fosfatidylcholin (lecitin) a cholesterol. (Figueroa-Robles et al. 2021, Chai, Park 2024a)

Lipozomy lze klasifikovat podle počtu fosfolipidových vrstev na:

- Unilamelární
- Multilamelární
- Oligolamelární
- Multivezikulární. – v jádře obsahuje více druhů látek

Dělí se také podle velikosti, což je v dopravních systémech důležitý faktor, protože určuje čas a místo uvolnění. Dělení lipozomů je zobrazeno v tabulce 4 a na obrázku 5. (Andra et al. 2022)



Obrázek 5 Klasifikace lipozomů (Guimarães et al. 2021)

Tabulka 4 Klasifikace lipozomů podle lamelarity, velikosti částic a funkce (Andra et al. 2022, Rauf 2023)

Typ lipozomu	Velikost částice	Počet lamel
Malá unilamelární (SUV)	20-100 nm	1
Velká unilamelární (MUV)	> 100 nm	1
Obří unilamelární	> 1000 nm	1
Multilamelární (MLV)	> 500 nm	> 5
Oligolamelární	100-1000 nm	2–5
Multivezikulární (MVV)	> 1000 nm	1
<b>Klasifikace podle funkce</b>		
Typ lipozomu	Významná vlastnost	Hlavní účel
Konvenční lipozomy	Neutrální, bez modifikace povrchu	Zapouzdření hydrofilních a hydrofobních látek
Kationické lipozomy	Kladně nabitě lipidy	Zapouzdření, komplexace s negativně nabitými částicemi, navýšení buněčného příjmu
Anionické lipozomy	Záporně nabitě lipidy	Zapouzdření hydrofilních a hydrofobních látek s vyšší stabilitou
Stericky stabilizované nebo (PEGylované) lipozomy	Povrch obalen proteiny nebo hydrofilními polymery (např. polyetylen glykol)	Zapouzdření, stabilizace lipozomu polymerní vrstvou, která brání koalescenci vezikul
Aktivní lipozomy	Modifikace povrchu ligandem pro vazbu na specifické buňky	Zapouzdření bioaktivní látek a cílení na specifické buňky

### 2.3.1 Metody přípravy

Metoda přípravy lipozomů určuje především fyzikální charakteristiku vytvořených lipozomů. Zahrnuje řadu procesů: rozpuštění lipidů v organickém rozpouštědle, odstranění rozpouštědla (nebo snížení jeho koncentrace) a tvorba lipozomu. Pro tvorbu lipozomu je nutné roztok zamíchat nebo zajistit jeho průtok. Bioaktivní látky určené k enkapsulaci je možné přidat do lipozomů buď před nebo po odstranění rozpouštědla, závisí na metodě přípravy lipozomu. (Chai, Park 2024b)

Mezi **konvenční metody** přípravy lipozomů patří hydratace lipidového filmu, což je také nejpoužívanější metoda. Při této metodě jsou lipidy rozpuštěny a zamíchány v organickém rozpouštědle (např. chloroform). Rozpouštědlo se nechá odpařit a tvoří se lipidový gel, který je hydratován ve vodném prostředí obsahujícím bioaktivní látky. Dalším mícháním se regenerují lipidy a tvoří lipozomy. Hydratace a míchání by měly probíhat nad teplotou tání, aby byla zajištěna efektivní regenerace a uspořádání lipozomů. Rychlost regenerace lipidů výrazně ovlivňuje enkapsulační účinnost a je jí dosaženo agitací buď vířením nebo mícháním. Lipozomy získané jednoduchou agitací mají tendenci být nepravidelné ve velikosti a struktuře a převažuje množství multilamelárních forem. Pro lepší kontrolu lamelarity a velikosti je možné přidat kroky jako sonikace a extruze. Sonikace snižuje lamelarity a velikost a vytváří malé unilamelární lipozomy. Při extruzi jsou lipozomy vedeny přes membránové filtry o určité velikosti pórů a produkují tím malé unilamelární a multilamelární formy lipozomů. (Chai, Park 2024b, Large et al. 2021)

Další konvenční metodou je odpařování v reverzní fázi, což je v podstatě hydratace na tenkém filmu s určitými charakteristikami. Při této metodě jsou bioaktivní látky enkapsulovány tvorbou obrácených micel v organické fázi. Toho je dosaženo při míchání vodného média s bioaktivní látkou s organickým rozpouštědlem obsahujícím fosfolipidy. Při procesu je odpařeno organické rozpouštědlo a lipidy jsou suspendovány ve vodném disperzním prostředí. Tvorba lipozomů je dokončena extruzí. Metoda odpařování v reverzní fázi vykazuje lepší enkapsulační účinnost než hydratace na tenkém filmu. (Gonzalez Gomez et al. 2019)

Injekce etanolu je jednoduchá metoda přípravy lipozomů, která využívá změn rozpustnosti lipidů v závislosti na koncentraci etanolu. Při této metodě jsou fosfolipidy, jiné lipidy a bioaktivní látky rozpuštěny v etanolu a vstříknuty do rozmíchané vodní disperze za použití stříkaček nebo podobných zařízení. Lipozomy se postupně tvoří při snižování koncentrace etanolu, což také snižuje rozpustnost lipidů. Pro zajištění tvorby lipozomů je nutné lipidy



rozpustit v etanolu při teplotách vyšších než 40 °C a přidány do vodní fáze při  $\geq 60$  °C. Velikost lipozomů je závislá na typu a koncentraci fosfolipidů a také na množství přidaného etanolu v poměru k vodné fázi. Tato metoda je nevhodná pro látky, které nejsou stabilní vůči etanolu a vyšším teplotám. (Gouda et al. 2021, Guangsheng, Xun 2023)

### 2.3.2 Stabilita lipozomů

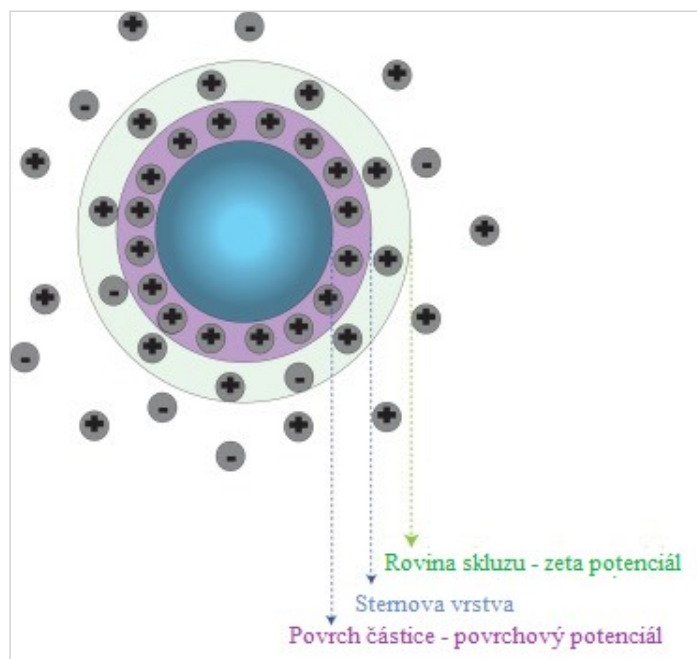
Na stabilitu lipozomů mají vliv především fyzikální, chemické a biologické vlastnosti. Základním problémem je stabilita lipozomů při pokojové teplotě. Po určitém čase může začít docházet k hydrolyze nebo oxidaci polárních lipidů a koalescenci částic. (Rauf 2023)

Teplota fázového přechodu lipidů je parametr spojený s molekulární strukturou lipozomů. Nad teplotou přeměny zůstávají lipidy v kapalném stavu umožňujícím jednoduché uvolňování látek, zatímco pod stejnou teplotou jsou v pevném stavu, a tak zpomalí uvolnění látek. Lipozomy s dvojvrstvou v kapalném stavu jsou výhodnější pro fúzi s ostatními lipozomálními vezikulami. (Maritim et al. 2021)

#### 2.3.2.1 Elektrokinetický ( $\zeta$ , zeta) potenciál

Celková potenciální energie koloidních systémů může být považována za kombinaci dvou hlavních pojmů potenciální energie: přitažlivá, díky van der Waalsovým interakcím a odpudivá, kvůli odporu mezi elektrickými dvojvrstvami na povrchu (DLVO teorie). Tato teorie vysvětluje případ, při kterém jsou van der Waalsovy interakce přítomny v kombinaci s elektrostatickými silami. Tato teorie je založena na předpokladu, že elektrostatické síly dvojvrstev a van der Waalsovy interakce jsou na sobě nezávislé a mohou tedy být překryty nebo přidány v každé interakční vzdálenosti pro dvě částice. DLVO teorie je často dobrá pro odhad mezipovrchových vlastností pro povrchové separace do 5 nm. Koloidní systém je podle této teorie stabilní, když odpudivé síly překonají přitažlivé.

$\zeta$ -potenciál je definován jako potenciál na rovině skluzu, což je vrstva protiiontů ve dvojité elektrické difúzní vrstvě a je používán jako ukazatel koloidní stability. Na obrázku 6 lze jasněji vidět polohu  $\zeta$ -potenciálu. Nejdůležitější faktor týkající se  $\zeta$ -potenciálu je pH, protože ovlivňuje povrchové napětí, a tedy rozsah odpudivosti mezi částicemi. Mezi další faktory ovlivňující  $\zeta$ -potenciál se řadí iontová síla, která ovlivňuje tloušťku dvojvrstvy a přispívá ke snížení náboje. Obecně se roztok považuje za stabilní, pokud je jeho elektrokinetický potenciál nad hodnoty +30 mV nebo pod -30 mV. (Adair et al. 2001, Moore, Cerasoli 2017)

Obrázek 6 Definice  $\zeta$ -potenciálu (Moore, Cerasoli 2017)

## 2.4 Zapouzdření v potravinářském průmyslu

Je obecně známo, že lidé jsou ovlivněni barvami. Barva může pocházet z různých zdrojů jako disperze nebo absorpce světla, což se v přírodě jeví jako rozsah barev. Barva je na potravinách a nápojích první znatelná vlastnost a často představuje očekávání spotřebitele na vůni a chuť. Barvivo se do potravin přidává z důvodu obnovení barvy ztracené během zpracování, pro zvýraznění již přítomné barvy, minimalizaci variací šarží při zpracování a k obarvení potravin, které nejsou přirozeně zbarvené. V potravinářském průmyslu se používají čtyři druhy barviv: přírodní, přírodně identická, syntetická a anorganická. V dnešní době je znatelný stoupající trend používání přírodních potravinářských barviv jako náhrady za jejich syntetické protějšky. Avšak tyto přírodní pigmenty jsou velmi citlivé na technologické procesy, vnější prostředí a následný příjem v lidském těle. Enkapsulace by mohla být efektivní metoda, jak pigmenty ochránit a stabilizovat. (Galanakis 2018)

Dostupná literatura o použití zapouzdřených pigmentů v potravinách je stále vzácná, především v porovnání s velkým množstvím článků o enkapsulačních metodách a produkčních procedurách mikročástic pigmentů a jejich *in vitro* charakterizace. Aby bylo možné předpovídat chování přírodních pigmentů ve skutečných potravinách, je nutné lépe porozumět problémům souvisejícím se začleněním zapouzdření přírodních pigmentů do různých potravin, stejně jako složitosti spojené s heterogenní a složenou formulací a

strukturou potravin, pokud jde o barvicí schopnosti a potenciální zdravotní přínosy. (Jurić et al. 2022, Ghosh et al. 2022)

### 2.4.1 Nápojový průmysl

Barviva jsou jedněmi z nejčastěji používaných přídatných látek v nápojovém průmyslu. Naopak, lipozomy se dnes do nápojů příliš nepoužívají. Je to dáno především nízkou stabilitou, vysokou výrobní cenou a použitím organických rozpouštědel. Při výrobním procesu musí být lipozomální formulace zahřáta nad teplotu, při které dochází k přeměně tekutých satureovaných lipidů na gel a tím často dochází k degradaci bioaktivních látek citlivých na vysoké teploty. U většiny komerčních nápojů dochází k tepelným záhřevům jako pasterace nebo sterilace a jsou prodávány při pokojové teplotě. Nápoje, které je nutné skladovat v lednicích jsou obecně dražší a mají limitovanou distribuci.

Jeden ze způsobů, jak využít lipozomy pro komerční využití jsou lyofilizované prelipozomy, které jsou uloženy do uvolňovacích víček. Když se víčko umístí na láhev, jeho práškový obsah se uvolní a disperguje ve vodě a okamžitě se tvoří lipozomy. Tímto způsobem se výrazně prodlouží trvanlivost výrobku. Na obrázku 7 je nápoj obsahující lipozomální směs s kurkuminem v porovnání s nápojem s volným kurkuminem. (Mirafzali et al. 2023)



Obrázek 7 Porovnání nápoje s lipozomálním kurkuminem a volným kurkuminem (Mirafzali et al. 2023)

### 2.4.2 Mlékárenský průmysl

Z důvodu nahrazení umělých barviv a chránění pigmentu před degradací v jogurtech adaptoval Toniazzo a spol. metodu sprejového sušení na vytvoření enkapsulovaného  $\beta$ -

karotenu v prelipozomu. Po hydrataci prelipozomů za daných podmínek (teplota a míchání) vznikly MLV lipozomy. Pro zajištění rovnoměrného zabarvení v celém jogurtu byla přidána směs xantanové a guarové gumy, které také slouží jako zahušřovadla a zvýší stabilitu lipozomální disperze v jogurtu. Výsledky ukázaly, že lipozomy nejen zabránily degradaci  $\beta$ -karotenu, ale  $\beta$ -karoten zpětně neovlivnil strukturu lipozomální dvojvrstvy. Modifikace směsí gum napomohly vytvořit stabilní polysacharidovou síť, ve které byly lipozomy chráněny před agregací. (Liu et al. 2020, Toniazzi et al. 2014)

Bakterie mléčného kvašení neboli probiotika jsou nezbytné mikroorganismy, které posilují imunitní systém a pomáhají léčit zánětlivá onemocnění. Avšak udržení jejich dostupnosti a stability na léčivé úrovni je velkou výzvou pro výrobce potravin nejen v mlékárenském průmyslu. Probiotika mohou být enkapsulována pomocí různých biomateriálů jako algináty, karagenan, želatina nebo syrovátkový protein. Cílem je udržení dostatečného počtu probiotik v produktu a vytvoření bariéry proti hostilním podmínkám v lidském gastrointestinálním traktu. (Abbas, Saeed 2022)

### 2.4.3 Pekařský průmysl

Mikrokapsule obsahující lykopen, které byly produkovány technikou sprejového sušení za použití modifikovaného škrobu jako obalového materiálu. Tyto mikrokapsule byly přidány do dortového těsta a byly schopné uvolnit pigment během přípravy těsta. Ve vzorku s mikroenkapsulovaným lykopem byla zaznamenána rovnoměrná distribuce barvy. (Ghosh et al. 2022)

### 2.4.4 Cukrovinky

Pro udržení obsahu antokyanů v extrémním pH a teplotě během průmyslové produkce hořké čokolády vyzkoušeli Gültekin-Özgüven a spol. použití lipozomů obalených v chitosanu obsahujících extrakt z černé moruše. Během produkce čokolády byly ztráty antokyanů nižší u lipozomů s chitosanem než u volných antokyanů. Navíc bylo zjištěno, že aniontový lipozom a modifikace chitosanu na lipozomálním povrchu významně zlepšil *in vitro* vstřebatelnost antokyanů a fortifikované čokolády. (Liu et al. 2020)

Betanin se řadí mezi přírodní červená barviva a má pozitivní účinky na lidské zdraví. Amjadi a spol. zjistili, že obsah betaninu a antioxidační aktivita vzorků obsahujících nanolipozomy s betaninem byly dvakrát vyšší než vzorky s volným betaninem. Také nebyly zjištěny rozdíly v senzorických vlastnostech mezi želé cukrovinkami s volným betaninem a

lipozomálním betaninem. Tyto vlastnosti byly odůvodněny vodíkové vazbě a elektrostatické adsorpci betaninu s negativně nabitými fosfolipidy v nanoliposomech. (Liu et al. 2020)

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

### 3 CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE

Hlavním cílem této diplomové práce je realizace lipozomální enkapsulace přírodních barviv pomocí vysokorychlostní homogenizace. Vzorky obsahují přírodní barviva pocházející z různých zdrojů, slunečnicový lecitin a karboxymethylcelulózu v různých poměrech. Následně analýza jejich fyzikálně chemických vlastností. Dalším cílem je stanovení enkapsulační účinnosti všech vzorků.

Vedlejším cílem je analýza a predikce nejlepších kombinací složení vzorků pomocí programu Design-Expert 12 (Stat-Ease Inc., USA).

## 4 POPIS A PŘÍPRAVA VZORKŮ

V této práci bylo pro každé barvivo připraveno 15 vzorků s různými poměry vody, lecitinu a karboxymethylcelulózy. Barvivo bylo vždy přidáno ve stejném množství. Celkem tedy bylo připraveno 45 vzorků. Více o přípravě vzorků pomocí programu Experiment design se nachází v kapitole 5.1.

### 4.1 Barviva

Barviva byla objednána z internetového obchodu [www.ekokoza.cz](http://www.ekokoza.cz). Jelikož lze potraviny obarvit různými způsoby, byly pro tuto diplomovou práci vybrány tři různé druhy barviv – růžovo-červený prášek z lyofilizovaných malin, který reprezentuje jednoduché použití barevného ovoce k obarvení potravin. Dále měďnaté komplexy chlorofylinů, jako zástupce čistého pigmentu a komerční  $\beta$ -karoten, představující produkt, který je prodáván jako přídatná látka do potravin. (Ekokoza 2024)

Použití barviv v potravinách se řídí podle Nařízení 1333/2008 o potravinářských přídatných látkách. V příloze II, části B tohoto Nařízení jsou vyjmenována povolená barviva s příslušným E kódem. (EVROPSKÝ PARLAMENT A RADA EVROPY 2008)

#### 4.1.1 Malinový prášek

Malinový prášek obsahuje ve složení maliny a maltodextrin. Jde o mrazem sušené maliny, které byly rozemlety na hrubý prášek. Tento typ barviva byl vybrán z důvodu své jednoduchosti a efektivity, Jde o přírodní surovinu, která obsahuje antokyanová a další barviva. (Robert, Fredes 2015) Na obrázcích 8 a 9 je zobrazeno samotné barvivo a pak hotové vzorky s ním.

Pro samotné měření byl připraven 10% roztok malinového prášku s destilovanou vodou. Z důvodu výskytu malinových pecek byl vždy vzorek před homogenizací prolit přes sítko. Do každého vzorku bylo přidáno 0,1 ml tohoto roztoku.





Obrázek 8 Malinový prášek



Obrázek 9 Vzorky Malina

#### 4.1.2 Měďnaté komplexy chlorofylinů

Chlorofylový prášek je v internetovém obchodě doporučován jako přídatná látka do kosmetiky, ale složením jde o měďnaté komplexy chlorofylinu, což je podle příslušného Nařízení povolené potravinářské barvivo pod kódem E 141. Podle bezpečnostního listu dostupného k tomuto produktu jde o zelený prášek s charakteristickým zápachem a je rozpustný ve vodě. Na obrázku 10 je fotografie chlorofylového prášku a jeho obalu. Na obrázku 11 jsou hotové vzorky. (EVROPSKÝ PARLAMENT A RADA EVROPY 2008)

Pro vzorek byl chlorofylový prášek připraven jako 1% roztok v destilované vodě a do každého vzorku bylo přidáno 0,2 ml tohoto roztoku.



Obrázek 10 Chlorofylový prášek



Obrázek 11 Vzorky Chlorofyl

#### 4.1.3 $\beta$ -karoten

Barvivo prodávané jako  $\beta$ -karoten obsahuje ve složení modifikovaný škrob, směs kokosového a řepkového oleje, maltodextrin, slunečnicový olej, beta karoten, kyselina citronová, DL-alfa-tokoferol, askorbylpalmitát; sorbitan draselný. Specifikace produktu jej popisují jako viskózní, oranžovo-žlutou emulzi s mrkvovým aroma. Obsah barviva je podle výrobce  $1\% \pm 0,2$ . Výrobce také uvádí v názvu této přídatné potravinářské látky kód E 160 (iii). Na obrázku 12 je fotografie obalu a samotného barviva. Na obrázku 13 pak vzhled hotových vzorků.

Pro jeho vysokou pigmentaci byl  $\beta$ -karoten zředěn slunečnicovým olejem v poměru 1:1 a do každého vzorku bylo přidáno 20  $\mu$ l.

Obrázek 12  $\beta$ -karotenObrázek 13 Vzorky  $\beta$ -karoten

## 4.2 Slunečnicový lecitin

Práškový slunečnicový lecitin (E322, distributor: Green Medical, Praha) byl připraven jako 1% roztok v destilované vodě. Více informací o lecitinu a fosfolipidech je v kapitole 2.3.

## 4.3 Karboxymethylcelulóza (CMC)

Karboxymethylcelulóza (E 466) je derivát celulózy vyráběný reakcí s hydroxidy a kyselinou chloroctovou. Struktura CMC je založena na  $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 4)-D-glukopyranózovém polymeru celulózy. Druhy přípravy mohou ovlivnit stupeň substituce, který se obecně pohybuje v rozmezí 0,6 – 0,95 derivátů na monomerní jednotku. CMC je dobře rozpustná ve vodě a používá se pro kontrolu viskozity bez tvorby gelu. Tato vlastnost je vhodná pro použití CMC jako zahušňovačů, fázového a emulzního stabilizátoru nebo zpomalující činidla. (Chaplin 2021)

Karboxymethylcelulóza (Thermo Fisher Scientific, USA) o molekulové hmotnosti 90 000 a stupni substituce (DS) 0,7. Na stránkách firmy Thermo Fisher jsou uvedeny další specifikace jako pH 6,5 – 8 (1% roztok) nebo čistota  $\geq 99,5$  %. (Thermo Scientific Chemicals 2024)

CMC byla připravena jako 1% roztok v destilované vodě.

#### 4.4 Příprava vzorků

1. Smíchání všech částí o daném poměru (dest. voda, CMC, lecitin, barvivo).  
Poměry ve složení jsou uvedeny v tabulce 5.
2. Homogenizace vzorku pomocí homogenizátoru SilentCrusher M (Heidolph, Německo), každý vzorek míchán cca 4 minuty za otáček 10 000 až 12 000 rpm při laboratorní teplotě.
3. Hotový vzorek je následně uchován v lahvích ve tmě v lednici.
4. Před každým měřením je láhev se vzorkem řádně protřepána.

Tabulka 5 Složení vzorků bez barviva

Číslo vzorku	CMC	Lecitin	Voda
	ml	ml	ml
1	0,5	20	60
2	5	20	60
3	0,5	40	60
4	5	40	60
5	0,5	20	90
6	5	20	90
7	0,5	40	90
8	5	40	90
9	0	30	75
10	6,5	30	75
11	2,75	13,18	75
12	2,75	46,81	75
13	2,75	30	49,77
14	2,75	30	100,22
15	2,75	30	75

## 5 METODIKA MĚŘENÍ

### 5.1 Určení velikosti částic rozptylem světla

Dynamický rozptyl světla je metoda vhodná pro měření velikosti částic o velikosti menší než 1  $\mu\text{m}$ . Tato neinvazivní technika je založena na měření fluktuace intenzity rozptýleného světla z laserového zdroje okolo její průměrné hodnoty. Fluktuace ovlivňují množství světla rozptýleného na částice, které podléhají Brownovu pohybu. Čím rychlejší je pohyb částic, tím rychlejší je změna intenzity rozptýleného světla. Tato metoda je vhodná pro charakterizaci emulzí, micel, lipozomů, latexů a pigmentů. (Ševčíková et al. 2014)

Byla provedena měření efektivního průměru, polydisperzity, velikosti lipozomálních částic a počtu frakcí pomocí přístroje Zeta Plus (Brookhaven Instruments, USA). Měření byla provedena za teploty 23 °C, vlnové délky 658 nm, detekční úhel 90° a index lomu 1,331. Vzorky pro měření byly zředěny v poměru 1:10 destilovanou vodou. Každý vzorek byl změřen dvakrát po čtyřech „runech“, tj. 8x.

### 5.2 Určení pH a $\zeta$ -potenciálu

$\zeta$ -potenciál byl změřen pomocí přístroje Zeta Plus (Brookhaven Instruments, USA). Každý vzorek byl změřen dvakrát po čtyřech „runech“, tj. 8x. K měření je nutné zadat velikost částic a pH vzorku. Pro stanovení hodnoty pH byl použit pH-metr FiveEasy Plus (Mettler Toledo, USA) a každá stanovená hodnota je průměr ze dvou měření. Více informací o  $\zeta$ -potenciálu se nachází v kapitole 2.3.2.1.

### 5.3 Reologická měření

Reologie studuje vlastnosti toku a deformace hmoty pomocí vnějších mechanických sil. Chování hmoty je možné rozdělit na elastické, viskózní a viskoelastické. Základní veličinou pro charakterizaci tokového chování je viskozita, která určuje míru vnitřního odporu materiálu vůči vnější síle neboli toku. Podle způsobu zatížení se dá dělit na smykovou a elongační. Dále se dělí podle druhu měření na dynamickou a kinematickou, které jsou vzájemně závislé. Pro reologická měření je možné využít tzv. rotačních reometrů, které dokážou měřit vlastnosti ve smykovém poli jako smykové napětí, rychlost smykové deformace nebo prahové napětí. Smyková rychlost  $\dot{\gamma}$  se počítá z úhlové rychlosti rotující části geometrie; smykové napětí  $\tau$  je určeno kroutícím momentem. Z těchto dvou veličin je

možné určit podle Newtonovy rovnice dynamickou viskozitu  $\eta$ :  $\eta = \tau \cdot \gamma$ . Grafickou podobou reologických měření jsou tokové křivky. (Bartovská et al. 2005)

Pro reologická měření byl využit reometr Malvern Kinexus pro+ (Malvern Panalytical Ltd, Spojené Království). Bylo měřeno smykové napětí v závislosti na rychlosti smykové deformace ve stoupajících otáčkách v rozmezí 0 – 200 s<sup>-1</sup> a poté v klesajících otáčkách ve stejném rozmezí. Použitá geometrie byla v uspořádání válec-válec. Z průměrů naměřených hodnot pak byl pro stoupající otáčky vygenerován model Herschel-Bulkley, pomocí kterého byly charakterizovány 3 parametry: konzistence K, index toku n a smykové napětí  $\tau_0$ . Parametry vychází z rovnice:

$$\tau = \tau_0 + K \cdot \gamma^n$$

Kde:  $\tau_0$  = smykové napětí při nulových otáčkách (Pa)

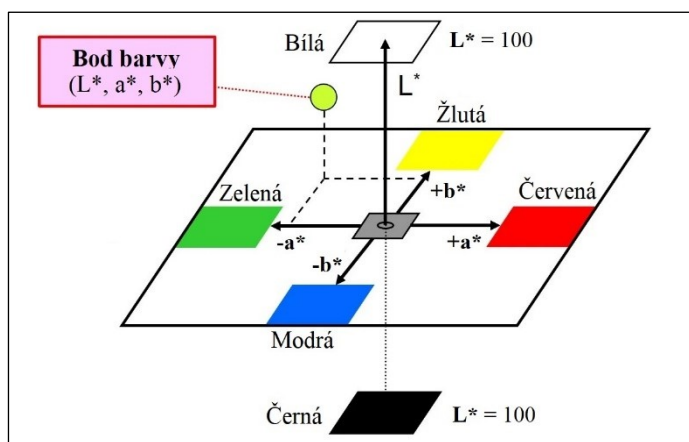
K = koeficient konzistence (Pa·s<sup>n</sup>)

n = index toku

### 5.4 Stanovení trichromatických charakteristik CIE L\*a\*b\*

Barva se dá charakterizovat pomocí tří znaků, či specifických vlastností vizuálního vjemu. Ty jsou definovány souřadnicemi, v tomto případě L\* pro jas, a\* pro škálu od zelené po červenou a b\* pro škálu od žluté po modrou. Barvy podle těchto souřadnic jsou uvedeny v tabulce 6 a na obrázku 14. (Lapčík 2022)

Tabulka 6 Barvy podle L\*a\*b\* (Lapčík, 2022)



Obrázek 14 Bod barvy pomocí souřadnic L\*, a\*, b\*

L*	a*	b*	Popis
0	a	b	Černá
50	a	b	Šedá
100	a	b	Bílá
L	-80	0	Zelená
L	100	0	Červená
L	0	-70	Modrá
L	0	70	Žlutá

Pro stanovení byl použit spektrofotometr UltraScan VIS (HunterLab, USA). Každý vzorek byl měřen třikrát a výsledná hodnota je průměrem z nich. Jako standard byla zvolena destilovaná voda.

Pro vyhodnocení rozdílu mezi jednotlivými barvami vzorků jsou souřadnice dosazeny do rovnice:

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

Tyto hodnoty jsou pro každý vygenerovány v programu a je následně nutné vzorky mezi sebou porovnat podle tabulky 7:

Tabulka 7 Rozdíly barevnosti (Zmeškal et al. 2002)

$\Delta E^*$	Barevný rozdíl
0,0 – 0,2	Neviditelný
0,2 – 0,5	Velmi slabý
0,5 – 1,5	Slabý
1,5 – 3,0	Jasně viditelný
3,0 – 6,0	Střední
6,0 – 12,0	Výrazný
12,0 – 16,0	Velmi výrazný
> 16,0	Rušivý

## 5.5 Enkapsulační účinnost (EE%)

Enkapsulační účinnost je definována jako koncentrace zapouzdřené aktivní látky v obalu. Jde o poměr zapouzdřené látky vůči celkovému množství přidané. V této práci byla enkapsulační účinnost stanovena pomocí spektrofotometrie, kdy byla změřena absorbance vzorku, slepého vzorku bez barviva a supernatantu po odstředění. Hmotnostní koncentrace volných a zapouzdřených barviv ve vzorcích byly vyhodnoceny z kalibrační řady, stejně byl hodnocen slepý vzorek SP.

EE v procentech pak byla stanovena podle vzorce:

$$EE\% = \frac{(W_t - SP) - W_S}{W_t} \cdot 100$$

Kde:  $W_t$  = Celkové množství přidané látky

SP = Slepý vzorek

$W_s$  = Množství látky v supernatantu

Pro každé barvivo byla zvolena jiná vlnová délka a měření probíhalo na přístroji CE 1021 (CECIL, Spojené Království). Pro získání supernatantu bylo 5 ml z každého vzorku odstředěno na vysokootáčkové mikrocentrifuze D3024 (Dlab Scientific, Čína). Parametry odstředění byly 6000 rpm po dobu 20 minut. Pro spektrofotometrické měření pak bylo odebráno 2,5 ml z vrchní části eppendorfky a byla změřena absorbance za dané vlnové délky. (Shi et al. 2021)

Absorbance vzorků byla měřena v kyvetách o velikosti 1 cm při vlnových délkách 450 ( $\beta$ -karoten) a 520 (malinový prášek – detekce antokyanů) nm. Supernatanty byly měřeny v kyvetách pro objem 1,5 ml. (Chandra Singh et al. 2022, Santos et al. 2023)

Při měření absorbance vzorku s chlorofylem došlo při vyhodnocování ke zjištění, že tato metoda přináší nekonzistentní výsledky a EE% části vzorků vychází v záporných hodnotách. Po konzultaci s vedoucím práce bylo rozhodnuto použití metody hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP-MS). Při této metodě se stanovuje množství kovových prvků ve vzorku pomocí spálení vzorku a následném měření výparů pomocí hmotnostní spektrometrie. Jelikož jde o měďnaté komplexy chlorofylinů, EE% byla stanovena pomocí množství mědi ve vzorku a supernatantu, který byl získán stejně jako u barviv měřených spektrofotometricky. (Harp et al. 2020)

Výpočet pro enkapsulační účinnost je pak stejný jako u ostatních vzorků:

$$EE\% = \frac{W_t - W_s}{W_t} \cdot 100$$

Kde:  $W_t$  = Celkové množství mědi

$W_s$  = Množství mědi v supernatantu

Stanovení prvků proběhlo na přístroji iCAP Q ICP-MS (Thermo Scientific, USA).

## 5.6 Návrh experimentu a statistické vyhodnocení

Pro přípravu měřených vzorků byl použit centrální kompozitní design (CCD) v programu Design-Expert 13 (Stat-Ease Inc., USA). Tyto náhodné kombinace (celkem 20) byly získány pomocí metody plochy odezvy a díky zadaným nezávislým faktorům bylo možné zjistit efektivitu množství CMC ( $X_1$ , 0,5-5 ml), lecitinu ( $X_2$ , 20-40 ml) a vody ( $X_3$ , 20-90 ml)



v závislosti na odezvy proměnných: medián velikosti částic ( $Y_1$ , nm),  $\zeta$ -potenciál ( $Y_2$ , mV), polydisperzity ( $Y_3$ , -) a EE% ( $Y_4$ , %). Pro minimalizaci čisté chyby bylo nastaveno 6 opakování pro střední bod (vzorek 15). Proměnné odezvy byly korelovány do lineárních ( $X_i$ ), kvadratických ( $X_i^2$ ) a interakčních ( $X_i, X_j$ ) termínů nezávislých faktorů založených na polynomní rovnici druhého řádu:

$$Y_i = \beta_0 + \sum \beta_i X_i + \sum \beta_{ii} X_i^2 + \beta_{ij} X_i X_j$$

Kde:  $\beta_0$  = Konstanta

$\beta_i, \beta_{ii}, \beta_{ij}$  = Hlavní, kvadratické, interakční koeficienty

Všechny proměnné byly pomocí programu analyzovány lineární regresí a každý vzorek byl optimalizován podle zadaných cílů: minimalizace polydisperzity a  $\zeta$ -potenciálu a maximalizace EE%. Medián velikosti částic byl nastaven pro rozmezí výsledků. (Ahmadi, Jafarizadeh-Malmiri 2020)

Statistické vyhodnocení bylo provedeno analýzou rozptylu neboli metodou ANOVA. Tato metoda je použitelná pro porovnání více než 2 výběrů t-testem. V této práci byla pro vyhodnocení využita jednofaktorová ANOVA. Výsledky se standartní chybou byly mezi sebou porovnány pomocí Tukey testu a zprůměrované výsledky ze dvou měření pomocí Dunnovy metody. Hladina významnosti všech testů byla  $\alpha = 0,05$ . (Kéry 2010)

## 6 VÝSLEDKY MĚŘENÍ

V této kapitole jsou uvedeny všechny výsledky měření vzorků s enkapsulovanými barvivy. Pro zjednodušení označení vzorku byly vybrány názvy: Malina pro vzorky s malinovým práškem, Chlorofyl pro měďnaté komplexy chlorofylinů a  $\beta$ -karoten pro potravinářské barvivo s  $\beta$ -karotenem.

### 6.1 Velikost částic

Výsledky měření velikosti částic pro všechny vzorky jsou uvedeny v tabulkách 8, 9 a 10. Medián velikosti částic je hodnota, která udává střední hodnotu všech naměřených velikostí. PDI, neboli polydisperzní index charakterizuje zastoupení velikosti částic různých velikostí v polydisperzním systému. Nabývá hodnot 0–1, kdy čím je hodnota blíže číslu jedna, tím je rozdíl velikosti částic v systému větší. Optimální jsou tedy hodnoty blížíící se nule. Průměrný poloměr je aritmetický průměr všech naměřených hodnot a efektivní, neboli ekvivalentní poloměr udává jaký poloměr by měřená částice měla při kulovitém tvaru. V tabulkách jsou také uvedeny frakce, značící jasnou polydisperzitu systému. (Lapčík, 2022)

Tabulka 8 Velikost částic pro vzorky Malina [nm]

	Medián velikosti částic [nm]	PDI	Průměrný poloměr [nm]	Efektivní poloměr [nm]	St. Chyba	Frakce 1 [nm]	Frakce 2 [nm]	Frakce 3 [nm]
1	188,95 <sup>a</sup>	0,364 <sup>a</sup>	208,40 <sup>a</sup>	391,55 <sup>a</sup>	±13,05	183,57	973,47	-
2	202,85 <sup>a</sup>	0,278 <sup>a</sup>	227,60 <sup>a</sup>	359,95 <sup>a</sup>	±4,30	59,64	275,10	1004,42
3	185,15 <sup>a</sup>	0,286 <sup>a</sup>	208,35 <sup>a</sup>	334,15 <sup>ab</sup>	±3,80	90,48	410,11	747,66
4	184,95 <sup>a</sup>	0,322 <sup>a</sup>	211,05 <sup>a</sup>	355,10 <sup>ab</sup>	±5,40	157,61	739,03	-
5	138,90 <sup>a</sup>	0,450 <sup>a</sup>	166,10 <sup>a</sup>	348,35 <sup>ab</sup>	±18,00	142,84	581,94	-
6	172,55 <sup>a</sup>	0,405 <sup>a</sup>	201,10 <sup>a</sup>	368,20 <sup>ab</sup>	±23,55	91,85	632,03	-
7	183,60 <sup>a</sup>	0,294 <sup>a</sup>	207,20 <sup>a</sup>	336,60 <sup>ab</sup>	±3,05	160,41	685,96	-
8	162,10 <sup>a</sup>	0,278 <sup>a</sup>	215,50 <sup>a</sup>	341,60 <sup>ab</sup>	±7,65	186,27	758,06	-
9	189,20 <sup>a</sup>	0,258 <sup>a</sup>	213,05 <sup>a</sup>	342,35 <sup>ab</sup>	±5,45	119,81	527,57	971,75
10	219,55 <sup>a</sup>	0,276 <sup>a</sup>	246,00 <sup>a</sup>	387,20 <sup>ab</sup>	±8,85	92,39	279,42	777,45
11	217,70 <sup>a</sup>	0,330 <sup>a</sup>	249,25 <sup>a</sup>	423,60 <sup>ac</sup>	±22,00	189,23	1086,81	-
12	189,40 <sup>a</sup>	0,281 <sup>a</sup>	212,70 <sup>a</sup>	338,45 <sup>ab</sup>	±5,40	166,85	636,04	-
13	194,40 <sup>a</sup>	0,298 <sup>a</sup>	219,70 <sup>a</sup>	358,60 <sup>ab</sup>	±4,00	167,30	728,08	-
14	200,45 <sup>a</sup>	0,292 <sup>a</sup>	226,10 <sup>a</sup>	365,80 <sup>ab</sup>	±5,55	130,40	499,20	913,85
15	201,00 <sup>a</sup>	0,308 <sup>a</sup>	228,13 <sup>a</sup>	378,48 <sup>ab</sup>	±6,75	143,05	643,31	1001,62

Tabulka 9 Velikost částic pro vzorek Chlorofyl [nm]

	Medián velikosti částic [nm]	PDI	Průměrný poloměr [nm]	Efektivní poloměr [nm]	St. Chyba	Frakce 1 [nm]	Frakce 2 [nm]	Frakce 3 [nm]
1	180,05 <sup>a</sup>	0,263 <sup>a</sup>	200,65 <sup>a</sup>	310,05 <sup>a</sup>	±4,10	93,69	459,69	-
2	208,35 <sup>a</sup>	0,263 <sup>a</sup>	232,20 <sup>a</sup>	357,75 <sup>b</sup>	±2,90	104,81	462,88	454,98
3	178,15 <sup>a</sup>	0,255 <sup>a</sup>	198,00 <sup>a</sup>	301,85 <sup>ac</sup>	±2,55	157,41	561,60	-
4	200,45 <sup>a</sup>	0,242 <sup>a</sup>	221,50 <sup>a</sup>	329,95 <sup>d</sup>	±4,10	253,68	348,37	719,58
5	186,85 <sup>a</sup>	0,244 <sup>a</sup>	206,70 <sup>a</sup>	309,60 <sup>ac</sup>	±3,80	69,78	289,18	576,84
6	206,75 <sup>a</sup>	0,248 <sup>a</sup>	229,10 <sup>a</sup>	345,65 <sup>bd</sup>	±5,15	128,14	532,23	-
7	183,55 <sup>a</sup>	0,257 <sup>a</sup>	204,05 <sup>a</sup>	311,40 <sup>ac</sup>	±2,10	134,06	541,98	-
8	201,40 <sup>a</sup>	0,243 <sup>a</sup>	222,60 <sup>a</sup>	332,05 <sup>d</sup>	±2,95	211,41	187,51	514,35
9	178,95 <sup>a</sup>	0,270 <sup>a</sup>	200,05 <sup>a</sup>	312,00 <sup>acd</sup>	±2,40	133,78	504,21	-
10	196,85 <sup>a</sup>	0,266 <sup>a</sup>	219,75 <sup>a</sup>	340,70 <sup>bd</sup>	±3,30	175,67	649,48	-
11	202,55 <sup>a</sup>	0,257 <sup>a</sup>	225,20 <sup>a</sup>	343,45 <sup>bd</sup>	±3,25	206,11	693,04	659,81
12	185,95 <sup>a</sup>	0,255 <sup>a</sup>	206,60 <sup>a</sup>	315,25 <sup>acd</sup>	±5,40	107,80	456,40	909,60
13	204,65 <sup>a</sup>	0,270 <sup>a</sup>	228,80 <sup>a</sup>	358,80 <sup>b</sup>	±3,30	91,90	342,13	-
14	187,65 <sup>a</sup>	0,261 <sup>a</sup>	209,00 <sup>a</sup>	321,65 <sup>ad</sup>	±4,00	111,11	393,73	-
15	201,48 <sup>a</sup>	0,245 <sup>a</sup>	222,87 <sup>a</sup>	334,77 <sup>ad</sup>	±4,80	99,56	477,16	-

Tabulka 10 Velikost částic pro vzorek β-karoten [nm]

	Medián velikosti částic [nm]	PDI	Průměrný poloměr [nm]	Efektivní poloměr [nm]	St. Chyba	Frakce 1 [nm]	Frakce 2 [nm]	Frakce 3 [nm]
1	151,50 <sup>a</sup>	0,303 <sup>a</sup>	171,60 <sup>a</sup>	362,60 <sup>a</sup>	±8,75	173,72	783,27	-
2	174,90 <sup>a</sup>	0,278 <sup>a</sup>	196,10 <sup>a</sup>	389,55 <sup>a</sup>	±5,55	159,88	682,67	-
3	151,25 <sup>a</sup>	0,266 <sup>a</sup>	168,85 <sup>a</sup>	326,65 <sup>a</sup>	±3,15	164,93	603,66	-
4	160,05 <sup>a</sup>	0,288 <sup>a</sup>	180,20 <sup>a</sup>	364,90 <sup>a</sup>	±9,40	157,36	673,68	-
5	153,80 <sup>a</sup>	0,283 <sup>a</sup>	172,75 <sup>a</sup>	347,00 <sup>a</sup>	±9,65	179,44	685,14	-
6	196,25 <sup>a</sup>	0,276 <sup>a</sup>	219,90 <sup>a</sup>	435,90 <sup>b</sup>	±5,80	85,18	421,66	970,81
7	158,75 <sup>a</sup>	0,251 <sup>a</sup>	176,10 <sup>a</sup>	328,20 <sup>a</sup>	±3,95	141,29	504,27	1652,10
8	158,40 <sup>a</sup>	0,276 <sup>a</sup>	177,50 <sup>a</sup>	350,95 <sup>a</sup>	±5,40	62,88	481,96	562,34
9	147,40 <sup>a</sup>	0,274 <sup>a</sup>	165,10 <sup>a</sup>	325,65 <sup>a</sup>	±7,65	159,96	602,91	-
10	177,65 <sup>a</sup>	0,280 <sup>a</sup>	199,30 <sup>a</sup>	397,40 <sup>ab</sup>	±6,65	180,37	699,45	-
11	182,30 <sup>a</sup>	0,279 <sup>a</sup>	204,45 <sup>a</sup>	405,65 <sup>ab</sup>	±6,15	125,46	588,79	-
12	275,55 <sup>a</sup>	0,307 <sup>a</sup>	312,60 <sup>a</sup>	667,25 <sup>c</sup>	±19,85	247,26	1178,03	-
13	280,15 <sup>a</sup>	0,296 <sup>a</sup>	316,45 <sup>a</sup>	658,60 <sup>c</sup>	±17,55	258,32	524,08	1097,04
14	371,85 <sup>a</sup>	0,221 <sup>a</sup>	406,35 <sup>a</sup>	697,70 <sup>c</sup>	±29,10	370,19	643,34	4689,82
15	343,98 <sup>a</sup>	0,262 <sup>a</sup>	382,10 <sup>a</sup>	718,95 <sup>c</sup>	±21,33	247,45	1023,57	-

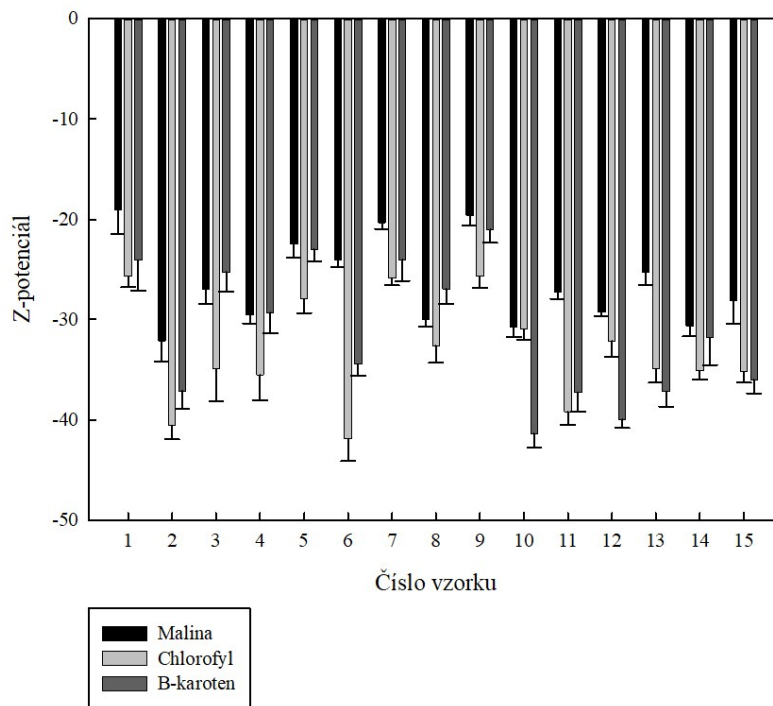
## 6.2 Zeta potenciál

Výsledky měření  $\zeta$ -potenciálu se nachází v tabulce 11 a byly statisticky vyhodnoceny pomocí Tukeyho testu. Podle grafického znázornění na obrázku 15 lze lépe zpozorovat nízké hodnoty elektrokinetického potenciálu, a to u vzorků 2, 6 nebo také 10. Až na výjimky má

většina vzorků pod -20 mV, což může znamenat, že mají docela dobrou stabilitu. Některé vzorky měly dokonce okolo -40 mV.

Tabulka 11  $\zeta$ -potenciál

Č. vzorku	Malina			Chlorofyl			B-karoten		
	pH	$\zeta$ (mV)	St. chyba	pH	$\zeta$ (mV)	St. chyba	pH	$\zeta$ (mV)	St. chyba
1	4,25	-19,09 <sup>a</sup>	±2,35	6,185	-25,68 <sup>a</sup>	±1,07	5,745	-24,06 <sup>a</sup>	±3,07
2	4,95	-32,13 <sup>b</sup>	±2,09	6,28	-40,58 <sup>b</sup>	±1,39	5,98	-37,12 <sup>b</sup>	±1,78
3	4,46	-26,95 <sup>b</sup>	±1,49	6,035	-34,92 <sup>b</sup>	±3,21	5,97	-25,27 <sup>a</sup>	±1,94
4	4,93	-29,55 <sup>b</sup>	±0,86	6,3	-35,51 <sup>b</sup>	±2,54	5,97	-29,30 <sup>ab</sup>	±2,07
5	4,43	-22,48 <sup>a</sup>	±1,36	6,22	-27,93 <sup>a</sup>	±1,43	5,715	-23,00 <sup>a</sup>	±1,19
6	4,58	-24,07 <sup>ab</sup>	±0,69	6,55	-41,88 <sup>c</sup>	±2,24	6,055	-34,44 <sup>b</sup>	±1,18
7	4,58	-20,33 <sup>a</sup>	±0,61	6,055	-25,85 <sup>a</sup>	±0,73	5,795	-24,04 <sup>a</sup>	±2,11
8	5,01	-29,99 <sup>b</sup>	±0,74	6,34	-32,62 <sup>ab</sup>	±1,70	6,02	-26,95 <sup>a</sup>	±1,47
9	4,32	-19,60 <sup>a</sup>	±0,99	6,09	-25,67 <sup>a</sup>	±1,20	5,87	-21,00 <sup>a</sup>	±1,34
10	4,87	-30,75 <sup>b</sup>	±1,00	6,47	-30,94 <sup>a</sup>	±1,12	6,08	-41,39 <sup>b</sup>	±1,38
11	4,69	-27,22 <sup>b</sup>	±0,73	6,35	-39,21 <sup>c</sup>	±1,31	6,11	-37,26 <sup>b</sup>	±1,92
12	4,88	-29,24 <sup>b</sup>	±0,45	6,2	-32,12 <sup>a</sup>	±1,59	6,355	-39,99 <sup>b</sup>	±0,85
13	4,60	-25,24 <sup>ac</sup>	±1,29	6,2	-34,91 <sup>bc</sup>	±1,40	6,3	-37,20 <sup>b</sup>	±1,48
14	4,77	-30,62 <sup>bc</sup>	±1,05	6,18	-35,11 <sup>bc</sup>	±0,83	6,385	-31,82 <sup>ab</sup>	±2,74
15	4,65	-28,08 <sup>bc</sup>	±2,35	5,985	-35,21 <sup>bc</sup>	±1,09	6,35	-36,01 <sup>b</sup>	±1,36

Obrázek 15 Grafické znázornění  $\zeta$ -potenciálu

### 6.3 Reologie

V tabulkách 12, 13 a 14 jsou uvedeny všechny výsledky reologických měření. U všech vzorků lze při zvyšujících otáčkách sledovat klesající dynamickou viskozitu a při zhodnocení grafů tokových křivek na obrázcích 16, 18 a 20 byly křivky rozděleny na pět úseků, kterými byly proloženy lineární křivky, které se protínají v bodě, ve kterém dochází ke změně sklonu, a tudíž i dynamické viskozity. Tyto průsečíky lze vidět na obrázcích 17, 19 a 21. Pomocí lineární regrese byly v programu SigmaPlot 12.5 (Microsoft, USA) vygenerovány rovnice k příslušným přímkám a výpočet průsečíků (tabulka 15) byl proveden pomocí soustavy dvou rovnic:

$$y = k_1x + q_1$$

$$y = k_2x + q_2$$

$$x = \frac{(q_2 - q_1)}{(k_1 - k_2)}$$

Kde:  $x, y$  = Průsečík

$q_{1,2}$  = Parametr  $b_0$  v rovnici lineární regrese

$k_{1,2}$  = Parametr  $b_1$  v rovnici lineární regrese

Tabulka 12 Výsledky reologických měření pro vzorky Malina

1					2					3					4					5				
T (s)	$\gamma$ (1/s)	$\tau$ (Pa)	$\eta$ (Pa·s)	T (°C)	T (s)	$\gamma$ (1/s)	$\tau$ (Pa)	$\eta$ (Pa·s)	T (°C)	T (s)	$\gamma$ (1/s)	$\tau$ (Pa)	$\eta$ (Pa·s)	T (°C)	T (s)	$\gamma$ (1/s)	$\tau$ (Pa)	$\eta$ (Pa·s)	T (°C)	T (s)	$\gamma$ (1/s)	$\tau$ (Pa)	$\eta$ (Pa·s)	T (°C)
124,45	4,104	0,0808	0,0197	23,00	124,35	4,103	0,0761	0,0186	23,02	124,45	4,103	0,0729	0,0178	23,02	124,4	4,103	0,0754	0,0184	23,02	124,4	4,103	0,0726	0,0177	23,01
128,45	10,770	0,0803	0,0075	23,00	128,35	10,770	0,0861	0,0080	23,02	128,45	10,770	0,0790	0,0073	23,02	128,4	10,770	0,0845	0,0078	23,02	128,4	10,770	0,0783	0,0073	23,01
132,45	17,430	0,0881	0,0051	23,00	132,35	17,430	0,0966	0,0055	23,02	132,45	17,430	0,0856	0,0049	23,02	132,4	17,430	0,0946	0,0054	23,02	132,4	17,430	0,0850	0,0049	23,01
136,45	24,095	0,0953	0,0040	23,00	136,35	24,095	0,1077	0,0045	23,02	136,45	24,100	0,0937	0,0039	23,02	136,4	24,100	0,1050	0,0044	23,02	136,4	24,100	0,0911	0,0038	23,01
140,45	30,760	0,1025	0,0033	23,00	140,35	30,760	0,1194	0,0039	23,02	140,45	30,760	0,1009	0,0033	23,02	140,4	30,760	0,1155	0,0038	23,02	140,4	30,760	0,0990	0,0032	23,01
144,45	37,420	0,1113	0,0030	23,00	144,35	37,430	0,1308	0,0035	23,02	144,45	37,425	0,1096	0,0029	23,02	144,4	37,425	0,1259	0,0034	23,02	144,4	37,425	0,1057	0,0028	23,01
148,45	44,090	0,1167	0,0026	23,00	148,35	44,090	0,1424	0,0032	23,02	148,45	44,090	0,1155	0,0026	23,01	148,4	44,090	0,1373	0,0031	23,02	148,4	44,090	0,1144	0,0026	23,01
152,45	50,750	0,1243	0,0024	23,00	152,35	50,750	0,1550	0,0031	23,02	152,45	50,750	0,1235	0,0024	23,01	152,4	50,750	0,1474	0,0029	23,02	152,4	50,750	0,1232	0,0024	23,01
156,45	57,420	0,1327	0,0023	23,00	156,35	57,420	0,1668	0,0029	23,02	156,45	57,415	0,1316	0,0023	23,01	156,4	57,415	0,1592	0,0028	23,02	156,4	57,420	0,1293	0,0023	23,01
160,45	64,085	0,1424	0,0022	23,00	160,35	64,080	0,1791	0,0028	23,02	160,45	64,085	0,1420	0,0022	23,01	160,4	64,080	0,1705	0,0027	23,02	160,4	64,080	0,1374	0,0021	23,01
164,45	70,745	0,1509	0,0021	23,00	164,35	70,745	0,1911	0,0027	23,02	164,45	70,750	0,1506	0,0021	23,01	164,4	70,745	0,1821	0,0026	23,01	164,4	70,740	0,1433	0,0020	23,01
168,45	77,410	0,1591	0,0021	23,00	168,35	77,410	0,2043	0,0026	23,02	168,45	77,410	0,1591	0,0021	23,01	168,4	77,410	0,1931	0,0025	23,01	168,4	77,410	0,1558	0,0020	23,01
172,45	84,070	0,1704	0,0020	23,00	172,35	84,075	0,2173	0,0026	23,02	172,45	84,070	0,1706	0,0020	23,01	172,4	84,070	0,2045	0,0024	23,01	172,4	84,070	0,1628	0,0019	23,01
176,45	90,740	0,1757	0,0019	23,00	176,35	90,740	0,2302	0,0025	23,02	176,45	90,740	0,1753	0,0019	23,01	176,4	90,740	0,2186	0,0024	23,01	176,4	90,740	0,1726	0,0019	23,01
180,45	97,400	0,1879	0,0019	23,00	180,35	97,400	0,2426	0,0025	23,02	180,45	97,405	0,1878	0,0019	23,01	180,4	97,405	0,2302	0,0024	23,01	180,4	97,395	0,1794	0,0018	23,01
184,45	104,100	0,1968	0,0019	23,00	184,35	104,100	0,2555	0,0025	23,02	184,45	104,100	0,1963	0,0019	23,01	184,4	104,100	0,2440	0,0023	23,01	184,4	104,100	0,1892	0,0018	23,01
188,45	110,700	0,2155	0,0019	23,00	188,35	110,700	0,2701	0,0024	23,02	188,45	110,700	0,2123	0,0019	23,01	188,4	110,700	0,2542	0,0023	23,01	188,4	110,700	0,2210	0,0020	23,01
192,45	117,400	0,2504	0,0021	23,00	192,35	117,400	0,2833	0,0024	23,02	192,45	117,400	0,2437	0,0021	23,01	192,4	117,400	0,2646	0,0023	23,01	192,4	117,400	0,2436	0,0021	23,00
196,45	124,100	0,2683	0,0022	23,00	196,35	124,100	0,2975	0,0024	23,02	196,45	124,100	0,2643	0,0021	23,01	196,4	124,100	0,2796	0,0023	23,01	196,4	124,100	0,2694	0,0022	23,01
200,45	130,700	0,2863	0,0022	23,00	200,35	130,700	0,3111	0,0024	23,01	200,45	130,700	0,2912	0,0022	23,01	200,4	130,700	0,2930	0,0022	23,01	200,4	130,700	0,2737	0,0021	23,01
204,45	137,400	0,2967	0,0022	23,00	204,35	137,400	0,3251	0,0024	23,01	204,45	137,400	0,2997	0,0022	23,01	204,4	137,400	0,3078	0,0022	23,01	204,4	137,400	0,2895	0,0021	23,00
208,45	144,000	0,3210	0,0022	23,00	208,35	144,100	0,3404	0,0024	23,01	208,45	144,050	0,3189	0,0022	23,01	208,4	144,050	0,3201	0,0022	23,01	208,4	144,100	0,3118	0,0022	23,00
212,45	150,700	0,3468	0,0023	23,00	212,35	150,700	0,3551	0,0024	23,01	212,45	150,700	0,3387	0,0022	23,01	212,4	150,700	0,3424	0,0023	23,01	212,4	150,700	0,3293	0,0022	23,00
216,45	157,400	0,3598	0,0023	23,00	216,35	157,400	0,3718	0,0024	23,01	216,45	157,400	0,3556	0,0023	23,01	216,4	157,400	0,3815	0,0024	23,01	216,4	157,400	0,3537	0,0022	23,00
220,45	164,000	0,3814	0,0023	23,00	220,35	164,000	0,3997	0,0024	23,01	220,45	164,000	0,3812	0,0023	23,01	220,4	164,000	0,4155	0,0025	23,01	220,4	164,000	0,3658	0,0022	23,00
224,45	170,700	0,4000	0,0023	23,00	224,35	170,700	0,4424	0,0026	23,01	224,45	170,700	0,4004	0,0023	23,01	224,4	170,700	0,4484	0,0026	23,01	224,4	170,700	0,3817	0,0022	23,00
228,45	177,400	0,4218	0,0024	23,00	228,35	177,400	0,4800	0,0027	23,01	228,45	177,400	0,4268	0,0024	23,00	228,4	177,400	0,4698	0,0026	23,01	228,4	177,400	0,4068	0,0023	23,00
232,45	184,000	0,4445	0,0024	23,00	232,35	184,000	0,5159	0,0028	23,01	232,45	184,000	0,4463	0,0024	23,00	232,4	184,000	0,4987	0,0027	23,01	232,4	184,000	0,4268	0,0023	23,00
236,45	190,700	0,4579	0,0024	23,00	236,35	190,700	0,5373	0,0028	23,01	236,45	190,700	0,4640	0,0024	23,00	236,4	190,700	0,5299	0,0028	23,01	236,4	190,700	0,4517	0,0024	23,00
240,45	197,400	0,4752	0,0024	23,00	240,35	197,400	0,5640	0,0029	23,01	240,45	197,400	0,4897	0,0025	23,00	240,4	197,400	0,5512	0,0028	23,01	240,4	197,400	0,4704	0,0024	23,00
244,45	199,900	5,5410	0,0277	23,00	241,35	199,950	5,9600	0,0298	23,01	241,45	199,950	14,7100	0,0736	23,00	241,45	199,950	9,1822	0,0459	23,01	241,4	200,000	17,7550	0,0888	23,00
245,55	195,700	0,3278	0,0017	23,00	245,45	195,700	0,4136	0,0021	23,01	245,5	195,700	0,3438	0,0018	23,00	245,45	195,700	0,4018	0,0021	23,01	245,4	195,700	0,3258	0,0017	23,00
249,55	189,100	0,3101	0,0016	23,00	249,45	189,050	0,3837	0,0020	23,01	249,5	189,000	0,3254	0,0017	23,00	249,45	189,000	0,3687	0,0020	23,01	249,4	189,100	0,2998	0,0016	23,00
253,55	182,650	0,2942	0,0016	23,00	253,45	182,400	0,3583	0,0020	23,01	253,5	182,400	0,2993	0,0016	23,00	253,45	182,400	0,3414	0,0019	23,01	253,4	182,700	0,2888	0,0016	23,00
257,55	176,100	0,2675	0,0015	23,00	257,45	175,700	0,3276	0,0019	23,01	257,5	176,100	0,2777	0,0016	23,00	257,45	175,700	0,3156	0,0018	23,01	257,4	176,100	0,2617	0,0015	23,00
261,55	169,400	0,2422	0,0014	23,00	261,45	169,100	0,2975	0,0018	23,01	261,5	169,400	0,2502	0,0015	23,00	261,45	169,150	0,2976	0,0018	23,01	261,4	169,400	0,2449	0,0014	23,00
265,55	162,700	0,2251	0,0014	23,00	265,45	162,700	0,2642	0,0016	23,01	265,5	162,700	0,2304	0,0014	23,00	265,45	162,700	0,2650	0,0016	23,01	265,4	162,700	0,2247	0,0014	23,00
269,55	156,100	0,2031	0,0013	23,00	269,45	156,100	0,2319	0,0015	23,01	269,5	156,100	0,2087	0,0013	23,00	269,45	156,100	0,2386	0,0015	23,01	269,4	156,100	0,2020	0,0013	23,00
273,55	149,400	0,1861	0,0012	23,00	273,45	149,400	0,2107	0,0014	23,01	273,5	149,400	0,1944	0,0013	23,00	273,45	149,400	0,2077	0,0014	23,01	273,4	149,400	0,1810	0,0012	23,00
277,55	142,700	0,1661	0,0012	23,00	277,45	142,700	0,1946	0,0014	23,01	277,5	142,700	0,1709	0,0012	23,00	277,45	142,700	0,1826	0,0013	23,01	277,4	142,700	0,1599	0,0011	23,00
281,55	136,100	0,1451	0,0011	23,00	281,45	136,100	0,1828	0,0013	23,01	281,5	136,100	0,1540	0,0011	23,00	281,45	136,100	0,1626	0,0012	23,01	281,4	136,100	0,1443	0,0011	23,00
285,55	129,400	0,1271	0,0010	23,00	285,45	129,400	0,1675	0,0013	23,01	285,5	129,400	0,1353	0,0010	23,00	285,45	129,400	0,1502	0,0012	23,01	285,4	129,400	0,1264	0,0010	23,00
289,55	122,750	0,1069	0,0009	23,00	289,45	122,750	0,1553	0,0013	23,01	289,5	122,700	0,1137	0,0009	23,00	289,45	122,700	0,1367	0,0011	23,01	289,4	122,700</			

329,55	57,035	0,0078	0,0001	23,00	329,45	56,610	0,0262	0,0005	23,00	329,5	57,025	0,0056	0,0001	23,00	329,45	56,600	0,0182	0,0003	23,00	329,4	57,030	0,0106	0,0002	23,00
333,55	50,375	0,0141	0,0003	23,00	333,45	49,935	0,0136	0,0003	23,00	333,5	50,360	0,0111	0,0002	23,00	333,45	50,090	0,0112	0,0002	23,00	333,4	50,365	0,0184	0,0004	23,00
337,55	43,255	0,0302	0,0007	23,00	337,45	43,535	0,0082	0,0002	23,01	337,5	43,675	0,0268	0,0006	23,00	337,45	43,710	0,0023	0,0001	23,00	337,4	43,190	0,0278	0,0006	23,00
341,55	36,545	0,0320	0,0009	23,00	341,45	37,040	0,0077	0,0002	23,00	341,5	36,540	0,0296	0,0008	23,00	341,45	37,035	0,0134	0,0004	23,00	341,4	36,545	0,0321	0,0009	23,00
345,55	29,885	0,0388	0,0013	23,00	345,45	30,375	0,0193	0,0006	23,00	345,5	29,870	0,0372	0,0012	23,00	345,45	30,370	0,0262	0,0009	23,00	345,4	29,880	0,0400	0,0013	23,00
349,55	23,220	0,0467	0,0020	23,00	349,45	23,255	0,0368	0,0016	23,00	349,5	23,215	0,0454	0,0020	23,00	349,45	23,210	0,0346	0,0015	23,00	349,4	23,215	0,0461	0,0020	23,00
353,55	16,555	0,0528	0,0032	23,00	353,45	16,555	0,0422	0,0026	23,00	353,5	16,550	0,0522	0,0032	23,00	353,45	16,550	0,0446	0,0027	23,00	353,4	16,550	0,0535	0,0032	23,00
357,55	9,891	0,0595	0,0060	23,00	357,45	9,888	0,0528	0,0053	23,00	357,5	9,884	0,0589	0,0060	23,00	357,45	9,888	0,0546	0,0055	23,00	357,4	9,887	0,0594	0,0060	23,00
361,55	3,228	0,0656	0,0203	23,00	361,45	3,223	0,0633	0,0197	23,00	361,5	3,220	0,0654	0,0203	23,00	361,45	3,223	0,0640	0,0199	23,00	361,4	3,222	0,0656	0,0204	23,00
6					7					8					9					10				
T (s)	$\gamma$ (1/s)	$\tau$ (Pa)	$\eta$ (Pa·s)	T (°C)	T (s)	$\gamma$ (1/s)	$\tau$ (Pa)	$\eta$ (Pa·s)	T (°C)	T (s)	$\gamma$ (1/s)	$\tau$ (Pa)	$\eta$ (Pa·s)	T (°C)	T (s)	$\gamma$ (1/s)	$\tau$ (Pa)	$\eta$ (Pa·s)	T (°C)	T (s)	$\gamma$ (1/s)	$\tau$ (Pa)	$\eta$ (Pa·s)	T (°C)
124,45	4,103	0,0739	0,0180	23,01	124,4	4,103	0,0724	0,0177	23,01	124,5	4,103	0,0739	0,0180	23,01	124,5	4,102	0,0725	0,0177	23,00	124,4	4,101	0,0797	0,0194	23,01
128,45	10,770	0,0821	0,0076	23,01	128,4	10,770	0,0785	0,0073	23,01	128,5	10,770	0,0823	0,0076	23,01	128,5	10,770	0,0780	0,0072	23,01	128,4	10,770	0,0878	0,0082	23,01
132,45	17,430	0,0912	0,0052	23,01	132,4	17,430	0,0847	0,0049	23,01	132,5	17,430	0,0916	0,0053	23,01	132,5	17,430	0,0841	0,0048	23,01	132,4	17,430	0,0999	0,0057	23,01
136,45	24,095	0,0999	0,0041	23,01	136,4	24,095	0,0929	0,0039	23,01	136,5	24,100	0,1003	0,0042	23,01	136,5	24,090	0,0920	0,0038	23,01	136,4	24,100	0,1111	0,0046	23,01
140,45	30,760	0,1100	0,0036	23,01	140,4	30,760	0,0991	0,0032	23,01	140,5	30,760	0,1104	0,0036	23,01	140,5	30,760	0,0982	0,0032	23,01	140,4	30,760	0,1222	0,0040	23,00
144,45	37,425	0,1194	0,0032	23,01	144,4	37,420	0,1076	0,0029	23,01	144,5	37,425	0,1198	0,0032	23,01	144,5	37,425	0,1067	0,0029	23,01	144,4	37,425	0,1343	0,0036	23,00
148,45	44,090	0,1306	0,0030	23,01	148,4	44,090	0,1128	0,0026	23,01	148,5	44,090	0,1311	0,0030	23,01	148,5	44,090	0,1113	0,0025	23,01	148,4	44,090	0,1474	0,0033	23,01
152,45	50,750	0,1418	0,0028	23,01	152,4	50,750	0,1200	0,0024	23,01	152,5	50,750	0,1418	0,0028	23,01	152,5	50,750	0,1191	0,0023	23,01	152,4	50,750	0,1597	0,0031	23,00
156,45	57,420	0,1498	0,0026	23,00	156,4	57,415	0,1295	0,0023	23,01	156,5	57,415	0,1508	0,0026	23,01	156,5	57,420	0,1274	0,0022	23,01	156,4	57,415	0,1718	0,0030	23,00
160,45	64,080	0,1611	0,0025	23,00	160,4	64,085	0,1384	0,0022	23,01	160,5	64,080	0,1612	0,0025	23,01	160,5	64,085	0,1367	0,0021	23,01	160,4	64,080	0,1853	0,0029	23,00
164,45	70,745	0,1698	0,0024	23,01	164,4	70,750	0,1480	0,0021	23,01	164,5	70,740	0,1712	0,0024	23,01	164,5	70,750	0,1460	0,0021	23,00	164,4	70,745	0,1981	0,0028	23,00
168,45	77,410	0,1847	0,0024	23,00	168,4	77,410	0,1531	0,0020	23,01	168,5	77,410	0,1840	0,0024	23,01	168,5	77,410	0,1527	0,0020	23,00	168,4	77,410	0,2119	0,0027	23,00
172,45	84,070	0,1940	0,0023	23,01	172,4	84,075	0,1642	0,0020	23,00	172,5	84,070	0,1938	0,0023	23,01	172,5	84,070	0,1642	0,0020	23,00	172,4	84,075	0,2247	0,0027	23,00
176,45	90,740	0,2059	0,0023	23,01	176,4	90,740	0,1703	0,0019	23,01	176,5	90,735	0,2067	0,0023	23,01	176,5	90,740	0,1681	0,0019	23,00	176,4	90,740	0,2388	0,0026	23,00
180,45	97,400	0,2153	0,0022	23,00	180,4	97,405	0,1827	0,0019	23,00	180,5	97,400	0,2164	0,0022	23,01	180,5	97,400	0,1806	0,0019	23,00	180,4	97,400	0,2526	0,0026	23,00
184,45	104,100	0,2258	0,0022	23,00	184,4	104,100	0,1933	0,0019	23,01	184,5	104,100	0,2276	0,0022	23,01	184,5	104,100	0,1911	0,0018	23,00	184,4	104,100	0,2667	0,0026	23,00
188,45	110,700	0,2405	0,0022	23,00	188,4	110,700	0,2158	0,0019	23,00	188,5	110,700	0,2399	0,0022	23,01	188,5	110,700	0,2216	0,0020	23,00	188,4	110,700	0,2775	0,0025	23,00
192,45	117,400	0,2505	0,0021	23,00	192,4	117,400	0,2473	0,0021	23,00	192,5	117,400	0,2507	0,0021	23,01	192,5	117,400	0,2488	0,0021	23,00	192,4	117,400	0,2887	0,0025	23,00
196,45	124,100	0,2654	0,0021	23,00	196,4	124,100	0,2657	0,0021	23,00	196,5	124,100	0,2657	0,0021	23,00	196,5	124,100	0,2617	0,0021	23,01	196,4	124,100	0,3041	0,0025	23,00
200,45	130,700	0,2756	0,0021	23,00	200,4	130,700	0,2776	0,0021	23,00	200,5	130,700	0,2765	0,0021	23,00	200,5	130,700	0,2714	0,0021	23,00	200,4	130,700	0,3188	0,0024	23,00
204,45	137,400	0,2894	0,0021	23,00	204,4	137,400	0,2932	0,0021	23,00	204,5	137,400	0,2904	0,0021	23,00	204,5	137,400	0,2875	0,0021	23,00	204,4	137,400	0,3341	0,0024	23,00
208,45	144,050	0,3271	0,0023	23,00	208,4	144,050	0,3111	0,0022	23,00	208,5	144,050	0,3212	0,0022	23,00	208,5	144,100	0,3105	0,0022	23,00	208,4	144,050	0,3491	0,0024	23,00
212,45	150,700	0,3640	0,0024	23,00	212,4	150,700	0,3338	0,0022	23,00	212,5	150,700	0,3562	0,0024	23,00	212,5	150,700	0,3321	0,0022	23,00	212,4	150,700	0,3650	0,0024	23,00
216,45	157,400	0,3982	0,0025	23,00	216,4	157,400	0,3463	0,0022	23,00	216,5	157,400	0,3903	0,0025	23,00	216,5	157,400	0,3482	0,0022	23,00	216,4	157,400	0,3812	0,0024	23,00
220,45	164,000	0,4091	0,0025	23,00	220,4	164,000	0,3727	0,0023	23,00	220,5	164,000	0,4097	0,0025	23,00	220,5	164,000	0,3686	0,0022	23,00	220,4	164,000	0,4234	0,0026	23,00
224,45	170,700	0,4254	0,0025	23,00	224,4	170,700	0,3947	0,0023	23,00	224,5	170,700	0,4307	0,0025	23,00	224,5	170,700	0,3871	0,0023	23,00	224,4	170,700	0,4631	0,0027	23,00
228,45	177,400	0,4535	0,0026	23,00	228,4	177,400	0,4144	0,0023	23,00	228,5	177,400	0,4513	0,0025	23,00	228,5	177,400	0,4052	0,0023	23,00	228,4	177,400	0,5000	0,0028	23,00
232,45	184,000	0,4754	0,0026	23,00	232,4	184,000	0,4380	0,0024	23,00	232,5	184,000	0,4760	0,0026	23,00	232,5	184,000	0,4287	0,0023	23,00	232,4	184,000	0,5374	0,0029	23,00
236,45	190,700	0,5035	0,0026	23,00	236,4	190,700	0,4528	0,0024	23,00	236,5	190,700	0,5036	0,0026	23,00	236,5	190,700	0,4425	0,0023	23,00	236,4	190,700	0,5512	0,0029	23,00
240,45	197,400	0,5281	0,0027	23,00	240,4	197,400	0,4777	0,0024	23,00	240,5	197,400	0,5255	0,0027	23,00	240,5	197,400	0,4684	0,0024	23,00	240,4	197,400	0,5705	0,0029	23,00
241,5	199,950	15,1450	0,0758	23,00	241,4	199,900	12,1015	0,0605	23,00	241,55	199,900	14,2400	0,0712	23,00	241,5	199,900	15,5750	0,0779	23,00	241,4	199,950	17,8700	0,0894	23,00
245,55	195,700	0,3801	0,0019	23,00	245,5	195,700	0,3299	0,0017	23,00	245,55	195,700	0,3781	0,0019	23,00	245,6	195,700	0,3223	0,0016	23,00	245,4	195,700	0,4145	0,0021	23,00
249,55	189,100	0,3502	0,0019	23,00	249,5	189,050	0,3117	0,0016	23,00	249,55	189,100	0,3461	0,0018	23,00	249,55	189,050	0,3056	0,0016	23,00	249,4	189,050	0,3846	0,0020	23,00
253,55	182,400	0,3289	0,0018	23,00	253,5	182,650	0,2928	0,0016	23,00	253,55	182,400	0,3266	0,0018	23,00	253,55	182,700	0,2810	0,0015	23,00	253,4	182,400	0,3597	0,0020	23,00
257,55	175,700	0,3051	0,0017	23,00	257,5	176,100	0,2694	0,0015	23,00	257,55	175,700	0,2956	0,0017											

305.55	96,090	0,0735	0,0008	23,00	305.5	96,085	0,0403	0,0004	23,00	305.55	96,095	0,0748	0,0008	23,00	305.55	96,240	0,0477	0,0005	23,00	305.4	96,085	0,0982	0,0010	23,00
309.55	89,425	0,0614	0,0007	23,00	309.5	89,920	0,0343	0,0004	23,00	309.55	89,430	0,0612	0,0007	23,00	309.55	89,255	0,0322	0,0004	23,00	309.4	89,425	0,0847	0,0009	23,00
313.55	82,765	0,0532	0,0006	23,00	313.5	83,255	0,0221	0,0003	23,00	313.55	82,765	0,0529	0,0006	23,00	313.6	83,265	0,0203	0,0002	23,00	313.4	82,760	0,0726	0,0009	23,00
317.55	76,095	0,0400	0,0005	23,00	317.5	76,590	0,0187	0,0002	23,00	317.55	76,105	0,0397	0,0005	23,00	317.55	76,665	0,0186	0,0002	23,00	317.4	76,100	0,0599	0,0008	23,00
321.55	69,945	0,0305	0,0004	23,00	321.5	70,115	0,0071	0,0001	23,00	321.55	69,925	0,0366	0,0005	23,00	321.55	70,095	0,0053	0,0001	23,00	321.4	69,435	0,0483	0,0007	23,00
325.55	63,265	0,0198	0,0003	23,00	325.5	63,675	0,0033	0,0001	23,00	325.55	63,270	0,0204	0,0003	23,00	325.55	63,710	0,0022	0,0000	23,00	325.4	62,765	0,0354	0,0006	23,00
329.55	56,660	0,0119	0,0002	23,00	329.5	57,025	0,0074	0,0001	23,00	329.55	56,650	0,0134	0,0002	23,00	329.6	57,035	0,0095	0,0002	23,00	329.4	56,605	0,0248	0,0004	23,00
333.55	50,375	0,0066	0,0000	23,00	333.5	50,365	0,0140	0,0003	23,00	333.55	50,380	0,0030	0,0001	23,00	333.55	50,375	0,0153	0,0003	23,00	333.4	49,940	0,0133	0,0003	23,00
337.55	43,705	0,0098	0,0002	23,00	337.5	43,230	0,0295	0,0007	23,00	337.55	43,710	0,0087	0,0002	23,00	337.55	43,210	0,0234	0,0005	23,00	337.4	43,605	0,0071	0,0002	23,00
341.55	37,045	0,0186	0,0005	23,00	341.5	36,540	0,0327	0,0009	23,00	341.55	37,045	0,0185	0,0005	23,00	341.55	36,545	0,0338	0,0009	23,00	341.4	37,040	0,0086	0,0002	23,00
345.55	29,875	0,0314	0,0011	23,00	345.5	29,875	0,0389	0,0013	23,00	345.55	29,890	0,0328	0,0011	23,00	345.6	29,885	0,0399	0,0013	23,00	345.4	30,375	0,0200	0,0007	23,00
349.55	23,220	0,0381	0,0016	23,00	349.5	23,215	0,0472	0,0020	23,00	349.55	23,220	0,0378	0,0016	23,00	349.6	23,225	0,0480	0,0021	23,00	349.4	23,215	0,0346	0,0015	23,00
353.55	16,555	0,0476	0,0029	23,00	353.5	16,550	0,0529	0,0032	23,00	353.55	16,555	0,0471	0,0028	23,00	353.55	16,555	0,0535	0,0032	23,00	353.4	16,550	0,0428	0,0026	23,00
357.55	9,891	0,0562	0,0057	23,00	357.5	9,885	0,0599	0,0061	23,00	357.55	9,893	0,0559	0,0057	23,00	357.55	9,895	0,0602	0,0061	23,00	357.4	9,887	0,0535	0,0054	23,00
361.55	3,226	0,0648	0,0201	23,00	361.5	3,221	0,0659	0,0205	23,00	361.55	3,229	0,0648	0,0201	23,00	361.55	3,231	0,0661	0,0205	23,00	361.4	3,223	0,0640	0,0198	23,00
11				12				13				14				15								
T (s)	$\gamma$ (1/s)	$\tau$ (Pa)	$\eta$ (Pa·s)	T (°C)	T (s)	$\gamma$ (1/s)	$\tau$ (Pa)	$\eta$ (Pa·s)	T (°C)	T (s)	$\gamma$ (1/s)	$\tau$ (Pa)	$\eta$ (Pa·s)	T (°C)	T (s)	$\gamma$ (1/s)	$\tau$ (Pa)	$\eta$ (Pa·s)	T (°C)	T (s)	$\gamma$ (1/s)	$\tau$ (Pa)	$\eta$ (Pa·s)	T (°C)
124.5	4,102	0,0762	0,0186	23,02	124.45	4,102	0,0772	0,0188	23,01	124.4	4,103	0,0769	0,0188	23,01	130.9	4,103	0,0748	0,0182	23,00	124.4	4,103	0,0751	0,0183	23,00
128.5	10,770	0,0867	0,0081	23,02	128.45	10,770	0,0864	0,0080	23,01	128.4	10,770	0,0886	0,0082	23,01	134.9	10,770	0,0833	0,0077	23,00	128.4	10,770	0,0845	0,0078	23,00
132.5	17,430	0,0976	0,0056	23,02	132.45	17,430	0,0969	0,0056	23,01	132.4	17,430	0,1009	0,0058	23,01	138.9	17,430	0,0924	0,0053	23,00	132.4	17,430	0,0942	0,0054	23,00
136.5	24,100	0,1090	0,0045	23,02	136.45	24,100	0,1072	0,0044	23,01	136.4	24,100	0,1123	0,0047	23,01	142.9	24,100	0,1022	0,0042	23,00	136.4	24,100	0,1042	0,0043	23,00
140.5	30,760	0,1204	0,0039	23,02	140.45	30,760	0,1178	0,0038	23,01	140.4	30,760	0,1250	0,0041	23,01	146.9	30,760	0,1118	0,0036	23,00	140.4	30,760	0,1145	0,0037	23,00
144.5	37,425	0,1321	0,0035	23,02	144.45	37,420	0,1285	0,0034	23,01	144.4	37,425	0,1367	0,0037	23,01	150.9	37,425	0,1222	0,0033	23,00	144.4	37,425	0,1246	0,0033	23,00
148.5	44,090	0,1436	0,0033	23,01	148.45	44,090	0,1398	0,0032	23,01	148.4	44,090	0,1505	0,0034	23,01	154.9	44,090	0,1311	0,0030	23,00	148.4	44,090	0,1354	0,0031	23,00
152.5	50,750	0,1552	0,0031	23,01	152.45	50,750	0,1492	0,0029	23,01	152.4	50,750	0,1629	0,0032	23,01	158.9	50,750	0,1427	0,0028	23,00	152.4	50,750	0,1458	0,0029	23,00
156.5	57,415	0,1678	0,0029	23,01	156.45	57,420	0,1623	0,0028	23,01	156.4	57,415	0,1748	0,0030	23,01	162.9	57,420	0,1510	0,0026	23,00	156.4	57,418	0,1572	0,0027	23,00
160.5	64,080	0,1801	0,0028	23,01	160.45	64,085	0,1731	0,0027	23,01	160.4	64,080	0,1868	0,0029	23,01	166.9	64,085	0,1632	0,0025	23,00	160.4	64,083	0,1677	0,0026	23,00
164.5	70,745	0,1924	0,0027	23,01	164.45	70,745	0,1850	0,0026	23,01	164.4	70,740	0,1986	0,0028	23,01	170.9	70,745	0,1730	0,0024	23,00	164.4	70,743	0,1792	0,0025	23,00
168.5	77,410	0,2046	0,0026	23,01	168.45	77,410	0,1958	0,0025	23,01	168.4	77,410	0,2135	0,0028	23,01	174.9	77,410	0,1855	0,0024	23,00	168.4	77,410	0,1901	0,0025	23,00
172.5	84,070	0,2176	0,0026	23,01	172.45	84,075	0,2056	0,0024	23,01	172.4	84,070	0,2246	0,0027	23,01	178.9	84,070	0,1979	0,0024	23,00	172.4	84,073	0,2015	0,0024	23,00
176.5	90,740	0,2293	0,0025	23,01	176.45	90,735	0,2196	0,0024	23,01	176.4	90,740	0,2404	0,0026	23,01	182.9	90,740	0,2063	0,0023	23,00	176.4	90,738	0,2139	0,0024	23,00
180.5	97,405	0,2431	0,0025	23,01	180.45	97,400	0,2316	0,0024	23,01	180.4	97,405	0,2515	0,0026	23,01	186.9	97,395	0,2186	0,0022	23,01	180.4	97,402	0,2255	0,0023	23,00
184.5	104,100	0,2561	0,0025	23,01	184.45	104,100	0,2454	0,0024	23,01	184.4	104,100	0,2654	0,0026	23,01	190.9	104,100	0,2286	0,0022	23,01	184.4	104,100	0,2382	0,0023	23,00
188.5	110,700	0,2697	0,0024	23,01	188.45	110,700	0,2559	0,0023	23,01	188.4	110,700	0,2790	0,0025	23,01	194.9	110,700	0,2440	0,0022	23,00	188.4	110,700	0,2496	0,0023	23,00
192.5	117,400	0,2840	0,0024	23,01	192.45	117,400	0,2667	0,0023	23,01	192.4	117,400	0,2914	0,0025	23,01	198.9	117,400	0,2560	0,0022	23,00	192.4	117,400	0,2622	0,0022	23,00
196.5	124,100	0,2958	0,0024	23,01	196.45	124,100	0,2811	0,0023	23,01	196.4	124,100	0,3091	0,0025	23,01	202.9	124,100	0,2662	0,0021	23,00	196.4	124,100	0,2753	0,0022	23,00
200.5	130,700	0,3110	0,0024	23,01	200.45	130,700	0,2946	0,0023	23,01	200.4	130,700	0,3216	0,0025	23,00	206.9	130,700	0,2788	0,0021	23,00	200.4	130,700	0,2886	0,0022	23,00
204.5	137,400	0,3251	0,0024	23,01	204.45	137,400	0,3097	0,0023	23,01	204.4	137,400	0,3364	0,0024	23,01	210.9	137,400	0,2928	0,0021	23,00	204.4	137,400	0,3031	0,0022	23,00
208.5	144,050	0,3402	0,0024	23,01	208.45	144,100	0,3207	0,0022	23,01	208.4	144,050	0,3511	0,0024	23,00	214.9	144,100	0,3342	0,0023	23,00	208.4	144,067	0,3217	0,0022	23,00
212.5	150,700	0,3565	0,0024	23,01	212.45	150,700	0,3482	0,0023	23,01	212.4	150,700	0,3646	0,0024	23,00	218.9	150,700	0,3655	0,0024	23,00	212.4	150,700	0,3596	0,0024	23,00
216.5	157,400	0,3758	0,0024	23,01	216.45	157,400	0,3886	0,0025	23,01	216.4	157,400	0,3846	0,0024	23,01	222.9	157,400	0,3943	0,0025	23,00	216.4	157,400	0,3930	0,0025	23,00
220.5	164,000	0,4179	0,0025	23,01	220.45	164,000	0,4221	0,0026	23,00	220.4	164,000	0,4012	0,0024	23,00	226.9	164,000	0,4241	0,0026	23,00	220.4	164,000	0,4252	0,0026	23,00
224.5	170,700	0,4543	0,0027	23,01	224.45	170,700	0,4562	0,0027	23,00	224.4	170,700	0,4394	0,0026	23,00	230.9	170,700	0,4315	0,0025	23,00	224.4	170,700	0,4565	0,0027	23,00
228.5	177,400	0,4895	0,0028	23,01	228.45	177,400	0,4819	0,0027	23,01	228.4	177,400	0,4799	0,0027	23,00	234.9	177,400	0,4563	0,0026	23,00	228.4	177,400	0,4756	0,0027	23,00
232.5	184,000	0,5255	0,0029	23,01	232.45	184,000	0,5004	0,0027	23,00	232.4	184,000	0,5153	0,0028	23,00	238.9	184,000	0,4793	0,0026	23,00	232.4	184,000	0,4881	0,0027	23,00
236.5	190,700	0,5598	0,0029	23,01	236.45	190,700	0,5185	0,0027	23,00	236.4	190,700	0,5554	0,0029	23,00	242.9	190,70								



281,55	136,100	0,1822	0,0013	23,01	281,55	136,100	0,1615	0,0012	23,00	281,5	136,100	0,1941	0,0014	23,00	287,9	136,100	0,1586	0,0012	23,00	281,5	136,100	0,1609	0,0012	23,00
285,55	129,400	0,1683	0,0013	23,01	285,55	129,400	0,1487	0,0011	23,00	285,5	129,400	0,1783	0,0014	23,00	291,9	129,400	0,1362	0,0011	23,00	285,5	129,400	0,1451	0,0011	23,00
289,55	122,750	0,1517	0,0012	23,01	289,55	122,750	0,1349	0,0011	23,00	289,5	122,700	0,1667	0,0014	23,00	295,9	122,750	0,1240	0,0010	23,00	289,5	122,717	0,1322	0,0011	23,00
293,55	116,100	0,1392	0,0012	23,00	293,55	116,100	0,1239	0,0011	23,00	293,5	116,100	0,1507	0,0013	23,00	299,9	116,100	0,1084	0,0009	23,00	293,5	116,100	0,1202	0,0010	23,00
297,55	109,400	0,1245	0,0011	23,00	297,55	109,400	0,1097	0,0010	23,00	297,5	109,400	0,1390	0,0013	23,00	303,9	109,400	0,0989	0,0009	23,00	297,5	109,400	0,1076	0,0010	23,00
301,55	102,750	0,1151	0,0011	23,00	301,55	102,750	0,0981	0,0010	23,00	301,5	102,750	0,1221	0,0012	23,00	307,9	102,800	0,0874	0,0009	23,00	301,5	102,767	0,0950	0,0009	23,00
305,55	96,090	0,1003	0,0010	23,00	305,55	96,090	0,0857	0,0009	23,00	305,5	96,090	0,1102	0,0011	23,00	311,9	96,100	0,0765	0,0008	23,00	305,5	96,087	0,0831	0,0009	23,00
309,55	89,420	0,0898	0,0010	23,00	309,55	89,425	0,0740	0,0008	23,00	309,5	89,425	0,0950	0,0011	23,00	315,9	89,430	0,0663	0,0007	23,00	309,5	89,423	0,0710	0,0008	23,00
313,55	82,760	0,0741	0,0009	23,00	313,55	82,760	0,0605	0,0007	23,00	313,5	82,760	0,0849	0,0010	23,00	319,9	82,770	0,0559	0,0007	23,00	313,5	82,758	0,0594	0,0007	23,00
317,55	76,095	0,0643	0,0008	23,00	317,55	76,100	0,0502	0,0007	23,00	317,5	76,100	0,0694	0,0009	23,00	323,9	76,105	0,0447	0,0006	23,00	317,5	76,093	0,0480	0,0006	23,00
321,55	69,430	0,0496	0,0007	23,00	321,55	69,435	0,0393	0,0006	23,00	321,5	69,435	0,0580	0,0008	23,00	327,9	69,935	0,0379	0,0005	23,00	321,5	69,437	0,0403	0,0006	23,00
325,55	62,770	0,0388	0,0006	23,00	325,55	63,280	0,0294	0,0005	23,00	325,5	62,775	0,0444	0,0007	23,00	331,9	63,275	0,0230	0,0004	23,00	325,5	63,267	0,0269	0,0004	23,00
329,55	56,610	0,0265	0,0005	23,00	329,55	56,600	0,0189	0,0003	23,00	329,5	56,215	0,0432	0,0008	23,00	335,9	56,610	0,0129	0,0002	23,00	329,5	56,598	0,0170	0,0003	23,00
333,55	49,935	0,0166	0,0003	23,00	333,55	50,085	0,0118	0,0002	23,00	333,5	49,940	0,0199	0,0004	23,00	339,9	50,280	0,0073	0,0001	23,00	333,5	50,117	0,0105	0,0002	23,00
337,55	43,525	0,0108	0,0002	23,00	337,55	43,715	0,0018	0,0000	23,00	337,5	43,315	0,0104	0,0002	23,00	343,9	43,710	0,0075	0,0002	23,00	337,5	43,705	0,0034	0,0001	23,00
341,55	37,040	0,0062	0,0002	23,00	341,55	37,045	0,0128	0,0003	23,00	341,5	37,050	0,0023	0,0001	23,00	347,9	37,055	0,0159	0,0004	23,00	341,5	37,038	0,0139	0,0004	23,00
345,55	30,370	0,0180	0,0006	23,00	345,55	30,375	0,0246	0,0008	23,00	345,5	30,385	0,0138	0,0005	23,00	351,9	30,005	0,0343	0,0011	23,00	345,5	30,288	0,0305	0,0010	23,00
349,55	23,350	0,0366	0,0016	23,00	349,55	23,215	0,0340	0,0015	23,00	349,5	23,710	0,0267	0,0011	23,00	355,9	23,230	0,0364	0,0016	23,00	349,5	23,213	0,0348	0,0015	23,00
353,55	16,555	0,0415	0,0025	23,00	353,55	16,555	0,0439	0,0027	23,00	353,5	16,550	0,0381	0,0023	23,00	359,9	16,565	0,0462	0,0028	23,00	353,5	16,550	0,0445	0,0027	23,00
357,55	9,888	0,0521	0,0053	23,00	357,55	9,892	0,0540	0,0055	23,00	357,5	9,891	0,0502	0,0051	23,00	363,9	9,899	0,0550	0,0056	23,00	357,5	9,886	0,0542	0,0055	23,00
361,55	3,224	0,0629	0,0195	23,00	361,55	3,227	0,0637	0,0197	23,00	361,5	3,227	0,0624	0,0193	23,00	367,9	3,235	0,0641	0,0198	23,00	361,5	3,222	0,0638	0,0198	23,00

Tabulka 13 Výsledky reologických měření pro vzorky Chlorofyl

1					2					3					4					5				
T (s)	$\gamma$ (1/s)	$\tau$ (Pa)	$\eta$ (Pa·s)	T (°C)	T (s)	$\gamma$ (1/s)	$\tau$ (Pa)	$\eta$ (Pa·s)	T (°C)	T (s)	$\gamma$ (1/s)	$\tau$ (Pa)	$\eta$ (Pa·s)	T (°C)	T (s)	$\gamma$ (1/s)	$\tau$ (Pa)	$\eta$ (Pa·s)	T (°C)	T (s)	$\gamma$ (1/s)	$\tau$ (Pa)	$\eta$ (Pa·s)	T (°C)
124,45	4,103	0,0731	0,0178	20,00	124,4	4,102	0,0782	0,0191	20,00	124,35	4,103	0,0734	0,0179	20,01	124,45	4,102	0,0744	0,0181	19,99	124,4	4,103	0,0731	0,0178	20,01
128,45	10,770	0,0798	0,0074	20,00	128,4	10,770	0,0905	0,0084	20,00	128,35	10,770	0,0809	0,0075	20,01	128,45	10,770	0,0832	0,0077	19,99	128,4	10,770	0,0796	0,0074	20,01
132,45	17,430	0,0874	0,0050	20,00	132,4	17,430	0,1036	0,0059	20,00	132,35	17,430	0,0887	0,0051	20,01	132,45	17,430	0,0926	0,0053	19,99	132,4	17,430	0,0865	0,0050	20,00
136,45	24,100	0,0944	0,0039	20,00	136,4	24,095	0,1171	0,0049	20,00	136,35	24,100	0,0966	0,0040	20,01	136,45	24,095	0,1022	0,0042	19,99	136,4	24,100	0,0951	0,0039	20,01
140,45	30,760	0,1031	0,0034	20,00	140,4	30,760	0,1308	0,0043	20,00	140,35	30,760	0,1047	0,0034	20,01	140,45	30,760	0,1126	0,0037	19,99	140,4	30,760	0,1025	0,0033	20,00
144,45	37,425	0,1109	0,0030	20,00	144,4	37,425	0,1432	0,0038	20,00	144,35	37,420	0,1128	0,0030	20,01	144,45	37,425	0,1226	0,0033	19,99	144,4	37,425	0,1114	0,0030	20,00
148,45	44,090	0,1211	0,0027	20,00	148,4	44,090	0,1570	0,0036	20,00	148,35	44,090	0,1219	0,0028	20,01	148,45	44,090	0,1329	0,0030	19,99	148,4	44,090	0,1172	0,0027	20,00
152,45	50,750	0,1303	0,0026	20,00	152,4	50,750	0,1711	0,0034	20,00	152,35	50,750	0,1297	0,0026	20,01	152,45	50,750	0,1445	0,0028	19,99	152,4	50,750	0,1265	0,0025	20,00
156,45	57,420	0,1375	0,0024	20,00	156,4	57,415	0,1850	0,0032	20,00	156,35	57,415	0,1409	0,0025	20,01	156,45	57,420	0,1534	0,0027	19,99	156,4	57,415	0,1346	0,0023	20,00
160,45	64,080	0,1464	0,0023	20,00	160,4	64,085	0,2001	0,0031	20,00	160,35	64,085	0,1482	0,0023	20,01	160,45	64,080	0,1650	0,0026	19,99	160,4	64,085	0,1451	0,0023	20,00
164,45	70,740	0,1535	0,0022	20,00	164,4	70,745	0,2143	0,0030	20,00	164,35	70,745	0,1587	0,0022	20,01	164,45	70,740	0,1749	0,0025	19,99	164,4	70,750	0,1545	0,0022	20,00
168,45	77,410	0,1670	0,0022	20,00	168,4	77,410	0,2288	0,0030	20,00	168,35	77,410	0,1654	0,0021	20,01	168,45	77,410	0,1889	0,0024	20,00	168,4	77,410	0,1622	0,0021	20,00
172,45	84,070	0,1747	0,0021	20,00	172,4	84,070	0,2439	0,0029	20,00	172,35	84,070	0,1744	0,0021	20,01	172,45	84,070	0,2000	0,0024	20,00	172,4	84,070	0,1740	0,0021	20,00
176,45	90,740	0,1859	0,0020	20,00	176,4	90,740	0,2581	0,0028	20,00	176,35	90,740	0,1872	0,0021	20,01	176,45	90,740	0,2109	0,0023	20,00	176,4	90,740	0,1791	0,0020	20,00
180,45	97,395	0,1932	0,0020	20,00	180,4	97,405	0,2743	0,0028	20,00	180,35	97,410	0,1971	0,0020	20,01	180,45	97,395	0,2218	0,0023	20,00	180,4	97,405	0,1919	0,0020	20,00
184,45	104,100	0,2023	0,0019	20,00	184,4	104,100	0,2893	0,0028	20,00	184,35	104,100	0,2096	0,0020	20,01	184,45	104,100	0,2328	0,0022	20,00	184,4	104,100	0,2007	0,0019	20,00
188,45	110,700	0,2155	0,0019	20,00	188,4	110,700	0,3049	0,0028	20,00	188,35	110,700	0,2153	0,0019	20,01	188,45	110,700	0,2478	0,0022	20,00	188,4	110,700	0,2138	0,0019	20,00
192,45	117,400	0,2276	0,0019	20,00	192,4	117,400	0,3212	0,0027	20,00	192,35	117,400	0,2296	0,0020	20,00	192,45	117,400	0,2593	0,0022	20,00	192,4	117,400	0,2357	0,0020	20,00
196,45	124,100	0,2630	0,0021	20,00	196,4	124,100	0,3363	0,0027	20,00	196,35	124,100	0,2549	0,0021	20,00	196,45	124,100	0,2726	0,0022	20,00	196,4	124,100	0,2604	0,0021	20,00
200,45	130,700	0,2868	0,0022	20,00	200,4	130,700	0,3536	0,0027	20,00	200,35	130,700	0,2816	0,0022	20,00	200,45	130,700	0,2845	0,0022	20,00	200,4	130,700	0,2881	0,0022	20,00
204,45	137,400	0,3096	0,0023	20,00	204,4	137,400	0,3694	0,0027	20,00	204,35	137,400	0,3110	0,0023	20,00	204,45	137,400	0,2981	0,0022	20,00	204,4	137,400	0,3110	0,0023	20,00
208,45	144,100	0,3255	0,0023	20,00	208,4	144,050	0,3861	0,0027	20,00	208,35	144,000	0,3276	0,0023	20,00	208,45	144,000	0,3245	0,0023	20,00	208,4	144,050	0,3251	0,0023	20,00
212,45</																								

236,45	190,700	0,4768	0,0025	20,00	236,4	190,700	0,5436	0,0029	20,00	236,35	190,700	0,4821	0,0025	20,00	236,45	190,700	0,5143	0,0027	20,00	236,4	190,700	0,4708	0,0025	20,00
240,45	197,400	0,4939	0,0025	20,00	240,4	197,400	0,5881	0,0030	20,00	240,35	197,400	0,5009	0,0025	20,00	240,45	197,400	0,5478	0,0028	20,00	240,4	197,400	0,4996	0,0025	20,00
241,45	199,950	0,3688	0,0017	20,00	241,4	199,900	6,5106	0,0326	20,00	241,35	199,900	18,2500	0,0913	20,00	241,5	199,900	12,1000	0,0605	20,00	241,45	199,900	5,5115	0,0276	20,00
245,5	195,700	0,3517	0,0018	20,00	245,5	195,700	0,4371	0,0022	20,00	245,4	195,700	0,3534	0,0018	20,00	245,5	195,700	0,3920	0,0020	20,00	245,45	195,700	0,3515	0,0018	20,00
249,5	189,000	0,3218	0,0017	20,00	249,5	189,000	0,3991	0,0021	20,00	249,4	189,000	0,3302	0,0017	20,00	249,5	189,100	0,3636	0,0019	20,00	249,45	189,050	0,3340	0,0018	20,00
253,5	182,400	0,3068	0,0017	20,00	253,5	182,400	0,3523	0,0019	20,00	253,4	182,400	0,3025	0,0017	20,00	253,5	182,400	0,3415	0,0019	20,00	253,45	182,400	0,3040	0,0017	20,00
257,5	176,100	0,2752	0,0016	20,00	257,5	175,700	0,3226	0,0018	20,00	257,4	176,050	0,2904	0,0017	20,00	257,5	175,700	0,3130	0,0018	20,00	257,45	176,100	0,2922	0,0017	20,00
261,5	169,400	0,2566	0,0015	20,00	261,5	169,100	0,2994	0,0018	20,00	261,4	169,400	0,2668	0,0016	20,00	261,5	169,200	0,2964	0,0018	20,00	261,45	169,400	0,2590	0,0015	20,00
265,5	162,700	0,2332	0,0014	20,00	265,5	162,700	0,2890	0,0018	20,00	265,4	162,700	0,2422	0,0015	20,00	265,5	162,700	0,2671	0,0016	20,00	265,45	162,700	0,2409	0,0015	20,00
269,5	156,100	0,2137	0,0014	20,00	269,5	156,100	0,2677	0,0017	20,00	269,4	156,100	0,2251	0,0014	20,00	269,5	156,100	0,2424	0,0016	20,00	269,45	156,100	0,2179	0,0014	20,00
273,5	149,400	0,1899	0,0013	20,00	273,5	149,400	0,2541	0,0017	20,00	273,4	149,400	0,2008	0,0013	20,00	273,5	149,400	0,2132	0,0014	20,00	273,45	149,400	0,1997	0,0013	20,00
277,5	142,700	0,1701	0,0012	20,00	277,5	142,700	0,2363	0,0017	20,00	277,4	142,700	0,1818	0,0013	20,00	277,5	142,700	0,1826	0,0013	20,00	277,45	142,700	0,1764	0,0012	20,00
281,5	136,100	0,1571	0,0012	20,01	281,5	136,100	0,2183	0,0016	20,00	281,4	136,100	0,1572	0,0012	20,00	281,5	136,100	0,1587	0,0012	20,00	281,45	136,100	0,1562	0,0011	20,00
285,5	129,400	0,1359	0,0010	20,00	285,5	129,400	0,2032	0,0016	20,00	285,4	129,400	0,1392	0,0011	20,00	285,5	129,400	0,1407	0,0011	20,00	285,45	129,400	0,1373	0,0011	20,00
289,5	122,700	0,1181	0,0010	20,00	289,5	122,700	0,1852	0,0015	20,00	289,4	122,700	0,1139	0,0009	20,00	289,5	122,800	0,1297	0,0011	20,00	289,45	122,700	0,1105	0,0009	20,00
293,5	116,100	0,0910	0,0008	20,00	293,5	116,100	0,1709	0,0015	20,00	293,4	116,100	0,0961	0,0008	20,00	293,5	116,100	0,1152	0,0010	20,00	293,45	116,100	0,0892	0,0008	20,00
297,5	109,400	0,0754	0,0007	20,00	297,5	109,400	0,1541	0,0014	20,00	297,4	109,400	0,0754	0,0007	20,00	297,5	109,400	0,1043	0,0010	20,00	297,45	109,400	0,0667	0,0006	20,00
301,5	102,700	0,0599	0,0006	20,00	301,5	102,800	0,1425	0,0014	20,00	301,4	102,700	0,0648	0,0006	20,00	301,5	102,800	0,0906	0,0009	20,00	301,45	102,800	0,0617	0,0006	20,00
305,5	96,085	0,0525	0,0005	20,00	305,5	96,090	0,1260	0,0013	20,00	305,4	96,080	0,0538	0,0006	20,00	305,5	96,095	0,0800	0,0008	20,00	305,45	96,090	0,0492	0,0005	20,00
309,5	89,420	0,0411	0,0005	20,00	309,5	89,425	0,1136	0,0013	20,00	309,4	89,420	0,0431	0,0005	20,00	309,5	89,435	0,0678	0,0008	20,00	309,45	89,430	0,0477	0,0005	20,00
313,5	83,260	0,0347	0,0004	20,00	313,5	82,760	0,0961	0,0012	20,00	313,4	83,245	0,0375	0,0005	20,00	313,5	82,770	0,0580	0,0007	20,00	313,45	83,255	0,0312	0,0004	20,00
317,5	76,590	0,0235	0,0003	20,00	317,5	76,095	0,0839	0,0011	20,00	317,4	76,585	0,0246	0,0003	20,00	317,5	76,105	0,0450	0,0006	20,00	317,45	76,595	0,0253	0,0003	20,00
321,5	69,925	0,0177	0,0003	20,00	321,5	69,430	0,0678	0,0010	20,00	321,4	69,925	0,0171	0,0002	20,00	321,5	69,670	0,0454	0,0007	20,00	321,45	69,940	0,0137	0,0002	20,00
325,5	63,460	0,0057	0,0001	20,00	325,5	62,765	0,0547	0,0009	20,00	325,4	63,430	0,0093	0,0001	20,00	325,5	63,275	0,0243	0,0004	20,00	325,45	63,480	0,0122	0,0002	20,00
329,5	57,035	0,0028	0,0000	20,00	329,5	56,100	0,0399	0,0007	20,00	329,4	57,035	0,0014	0,0000	20,00	329,5	56,610	0,0143	0,0003	20,00	329,45	57,025	0,0030	0,0001	20,00
333,5	50,365	0,0120	0,0002	20,00	333,5	49,845	0,0381	0,0008	20,00	333,4	50,365	0,0087	0,0002	20,00	333,5	50,245	0,0081	0,0002	20,00	333,45	50,365	0,0083	0,0002	20,00
337,5	43,700	0,0209	0,0005	20,00	337,5	43,270	0,0136	0,0003	20,00	337,4	43,700	0,0162	0,0004	20,00	337,5	43,710	0,0061	0,0001	20,00	337,45	43,700	0,0206	0,0005	20,00
341,5	36,540	0,0267	0,0007	20,00	341,5	37,035	0,0055	0,0001	20,00	341,4	36,525	0,0270	0,0007	20,00	341,5	37,050	0,0157	0,0004	20,00	341,45	36,530	0,0285	0,0008	20,00
345,5	29,875	0,0361	0,0012	20,00	345,5	30,375	0,0113	0,0004	20,00	345,4	29,875	0,0348	0,0012	20,00	345,5	30,075	0,0359	0,0012	20,00	345,45	29,875	0,0358	0,0012	20,00
349,5	23,210	0,0430	0,0019	20,00	349,5	23,685	0,0293	0,0012	20,00	349,4	23,210	0,0433	0,0019	20,00	349,5	23,225	0,0363	0,0016	20,00	349,45	23,215	0,0448	0,0019	20,00
353,5	16,550	0,0514	0,0031	20,00	353,5	16,550	0,0382	0,0023	20,00	353,4	16,550	0,0500	0,0030	20,00	353,5	16,560	0,0460	0,0028	20,00	353,45	16,545	0,0514	0,0031	20,00
357,5	9,884	0,0582	0,0059	20,00	357,5	9,887	0,0505	0,0051	20,00	357,4	9,883	0,0581	0,0059	20,00	357,5	9,896	0,0552	0,0056	20,00	357,45	9,886	0,0588	0,0059	20,00
361,5	3,219	0,0654	0,0203	20,00	361,5	3,224	0,0628	0,0195	20,00	361,4	3,219	0,0653	0,0203	20,00	361,5	3,232	0,0643	0,0199	20,00	361,45	3,222	0,0655	0,0203	20,00
6				7				8				9				10								
T (s)	$\gamma$ (1/s)	$\tau$ (Pa)	$\eta$ (Pa·s)	T (°C)	T (s)	$\gamma$ (1/s)	$\tau$ (Pa)	$\eta$ (Pa·s)	T (°C)	T (s)	$\gamma$ (1/s)	$\tau$ (Pa)	$\eta$ (Pa·s)	T (°C)	T (s)	$\gamma$ (1/s)	$\tau$ (Pa)	$\eta$ (Pa·s)	T (°C)	T (s)	$\gamma$ (1/s)	$\tau$ (Pa)	$\eta$ (Pa·s)	T (°C)
124,45	4,103	0,0760	0,0185	20,00	124,4	4,103	0,0732	0,0178	20,00	124,4	4,103	0,0753	0,0184	20,00	124,4	4,102	0,0738	0,0180	20,00	124,35	4,103	0,0776	0,0189	20,00
128,45	10,770	0,0878	0,0081	20,00	128,4	10,770	0,0798	0,0074	20,00	128,4	10,770	0,0860	0,0080	20,00	128,4	10,770	0,0798	0,0074	20,00	128,35	10,770	0,0910	0,0085	20,00
132,45	17,430	0,1002	0,0057	20,00	132,4	17,430	0,0871	0,0050	20,00	132,4	17,430	0,0970	0,0056	20,00	132,4	17,430	0,0874	0,0050	20,00	132,35	17,430	0,1048	0,0060	20,00
136,45	24,100	0,1122	0,0047	20,00	136,4	24,100	0,0952	0,0040	20,00	136,4	24,100	0,1084	0,0045	20,00	136,4	24,095	0,0947	0,0039	20,00	136,35	24,095	0,1188	0,0049	20,00
140,45	30,760	0,1252	0,0041	20,00	140,4	30,760	0,1033	0,0034	20,00	140,4	30,760	0,1197	0,0039	20,00	140,4	30,760	0,1033	0,0034	20,00	140,35	30,760	0,1331	0,0043	20,00
144,45	37,425	0,1379	0,0037	20,00	144,4	37,430	0,1122	0,0030	20,00	144,4	37,425	0,1312	0,0035	20,00	144,4	37,425	0,1117	0,0030	20,00	144,35	37,425	0,1475	0,0039	20,00
148,45	44,090	0,1524	0,0035	20,00	148,4	44,090	0,1195	0,0027	20,00	148,4	44,090	0,1433	0,0033	20,00	148,4	44,090	0,1208	0,0027	20,00	148,35	44,090	0,1618	0,0037	20,00
152,45	50,750	0,1660	0,0033	20,00	152,4	50,750	0,1296	0,0026	20,00	152,4	50,755	0,1550	0,0031	20,00	152,4	50,750	0,1314	0,0026	20,00	152,35	50,750	0,1764	0,0035	20,00
156,45	57,415	0,1793	0,0031	20,00	156,4	57,420	0,1363	0,0024	20,00	156,4	57,420	0,1679	0,0029	20,00	156,4	57,420	0,1370	0,0024	20,00	156,35	57,420	0,1921	0,0033	20,00
160,45	64,080	0,1921	0,0030	20,00	160,4	64,085	0,1470	0,0023	20,00	160,4	64,085	0,1796	0,0028	20,00	160,4	64,075	0,1466	0,0023	20,00	160,35	64,080	0,2065	0,0032	20,00
164,45	70,745	0,2054	0,0029	20,00	164,4	70,750	0,1553	0,0022	20,00	164,4	70,745	0,1917	0,0027	20,00	164,4</									

212,45	150,700	0,3832	0,0025	20,00	212,4	150,700	0,3519	0,0023	20,00	212,4	150,700	0,3586	0,0024	20,00	212,4	150,700	0,3547	0,0024	20,00	212,35	150,700	0,4159	0,0028	20,00
216,45	157,400	0,4028	0,0026	20,00	216,4	157,400	0,3683	0,0023	20,00	216,4	157,400	0,3773	0,0024	20,00	216,4	157,400	0,3750	0,0024	20,00	216,35	157,400	0,4325	0,0027	20,00
220,45	164,000	0,4187	0,0026	20,00	220,4	164,000	0,3896	0,0024	20,00	220,4	164,000	0,4139	0,0025	20,00	220,4	164,000	0,3906	0,0024	20,00	220,35	164,000	0,4504	0,0027	20,00
224,45	170,700	0,4363	0,0026	20,00	224,4	170,700	0,4103	0,0024	20,00	224,4	170,700	0,4535	0,0027	20,00	224,4	170,700	0,4085	0,0024	20,00	224,35	170,700	0,4691	0,0027	20,00
228,45	177,400	0,4617	0,0026	20,00	228,4	177,400	0,4384	0,0025	20,00	228,4	177,400	0,4879	0,0028	20,00	228,4	177,400	0,4340	0,0024	20,00	228,35	177,400	0,4857	0,0027	20,00
232,45	184,000	0,5090	0,0028	20,00	232,4	184,000	0,4578	0,0025	20,00	232,4	184,000	0,5260	0,0029	20,00	232,4	184,000	0,4541	0,0025	20,00	232,35	184,000	0,5046	0,0027	20,00
236,45	190,700	0,5539	0,0029	20,00	236,4	190,700	0,4757	0,0025	20,00	236,4	190,700	0,5649	0,0030	20,00	236,4	190,700	0,4738	0,0025	20,00	236,35	190,700	0,5259	0,0028	20,00
240,45	197,400	0,5940	0,0030	20,00	240,4	197,400	0,4978	0,0025	20,00	240,4	197,400	0,5774	0,0029	20,00	240,4	197,400	0,4981	0,0025	20,00	240,35	197,400	0,5671	0,0029	20,00
241,45	199,950	16,8700	0,0844	20,00	241,4	199,900	12,1260	0,0607	20,00	241,4	199,950	10,6655	0,0533	20,00	241,4	200,000	13,8695	0,0694	20,00	241,35	199,950	10,7895	0,0540	20,00
245,5	195,700	0,4444	0,0023	20,00	245,5	195,700	0,3475	0,0018	20,00	245,45	195,700	0,4238	0,0022	20,00	245,5	195,700	0,3498	0,0018	20,00	245,45	195,700	0,4242	0,0022	20,00
249,5	189,050	0,3998	0,0021	20,00	249,5	189,050	0,3324	0,0018	20,00	249,45	189,050	0,3940	0,0021	20,00	249,5	189,100	0,3232	0,0017	20,00	249,45	189,050	0,3836	0,0020	20,00
253,5	182,400	0,3647	0,0020	20,00	253,5	182,400	0,3063	0,0017	20,00	253,45	182,400	0,3666	0,0020	20,00	253,5	182,400	0,3080	0,0017	20,00	253,45	182,400	0,3560	0,0020	20,00
257,5	175,700	0,3222	0,0018	20,00	257,5	176,100	0,2858	0,0016	20,00	257,45	175,700	0,3348	0,0019	20,00	257,5	176,100	0,2822	0,0016	20,00	257,45	175,700	0,3383	0,0019	20,00
261,5	169,100	0,2951	0,0017	20,00	261,5	169,400	0,2575	0,0015	20,00	261,45	169,100	0,3053	0,0018	20,00	261,5	169,400	0,2587	0,0015	20,00	261,45	169,050	0,3228	0,0019	20,00
265,5	162,700	0,2736	0,0017	20,00	265,5	162,700	0,2396	0,0015	20,00	265,45	162,700	0,2690	0,0017	20,00	265,5	162,700	0,2372	0,0015	20,00	265,45	162,400	0,3047	0,0019	20,00
269,5	156,100	0,2564	0,0016	20,00	269,5	156,100	0,2140	0,0014	20,00	269,45	156,100	0,2389	0,0015	20,00	269,5	156,100	0,2139	0,0014	20,00	269,45	155,900	0,2964	0,0019	20,00
273,5	149,400	0,2378	0,0016	20,00	273,5	149,400	0,2011	0,0013	20,00	273,45	149,400	0,2132	0,0014	20,00	273,5	149,400	0,1964	0,0013	20,00	273,45	149,400	0,2725	0,0018	20,00
277,5	142,700	0,2230	0,0016	20,00	277,5	142,700	0,1775	0,0012	20,00	277,45	142,700	0,2004	0,0014	20,00	277,5	142,700	0,1733	0,0012	20,00	277,45	142,700	0,2562	0,0018	20,00
281,5	136,100	0,2095	0,0015	20,00	281,5	136,100	0,1616	0,0012	20,00	281,45	136,100	0,1824	0,0013	20,00	281,5	136,100	0,1602	0,0012	20,00	281,45	136,100	0,2368	0,0017	20,00
285,5	129,400	0,1930	0,0015	20,00	285,5	129,400	0,1390	0,0011	20,00	285,45	129,400	0,1699	0,0013	20,00	285,5	129,400	0,1374	0,0011	20,00	285,45	129,400	0,2213	0,0017	20,00
289,5	122,750	0,1804	0,0015	20,00	289,5	122,750	0,1148	0,0009	20,00	289,45	122,700	0,1553	0,0013	20,00	289,5	122,750	0,1175	0,0010	20,00	289,45	122,750	0,2033	0,0017	20,00
293,5	116,100	0,1637	0,0014	20,00	293,5	116,100	0,0875	0,0008	20,00	293,45	116,100	0,1445	0,0012	20,00	293,5	116,100	0,0895	0,0008	20,00	293,45	116,100	0,1890	0,0016	20,00
297,5	109,400	0,1506	0,0014	20,00	297,5	109,400	0,0708	0,0006	20,00	297,45	109,400	0,1286	0,0012	20,00	297,5	109,400	0,0734	0,0007	20,00	297,45	109,400	0,1709	0,0016	20,00
301,5	102,800	0,1330	0,0013	20,00	301,5	102,750	0,0637	0,0006	20,00	301,45	102,750	0,1139	0,0011	20,00	301,5	102,750	0,0597	0,0006	20,00	301,45	102,750	0,1570	0,0015	20,00
305,5	96,095	0,1198	0,0012	20,00	305,5	96,085	0,0530	0,0006	20,00	305,45	96,090	0,1008	0,0010	20,00	305,5	96,095	0,0514	0,0005	20,00	305,45	96,085	0,1402	0,0015	20,00
309,5	89,430	0,1040	0,0012	20,00	309,5	89,420	0,0473	0,0005	20,00	309,45	89,430	0,0860	0,0010	20,00	309,5	89,425	0,0427	0,0005	20,00	309,45	89,425	0,1254	0,0014	20,00
313,5	82,765	0,0924	0,0011	20,00	313,5	83,270	0,0382	0,0005	20,00	313,45	82,760	0,0725	0,0009	20,00	313,5	83,260	0,0353	0,0004	20,00	313,45	82,755	0,1082	0,0013	20,00
317,5	76,100	0,0760	0,0010	20,00	317,5	76,595	0,0283	0,0004	20,00	317,45	76,095	0,0604	0,0008	20,00	317,5	76,595	0,0246	0,0003	20,00	317,45	76,095	0,0942	0,0012	20,00
321,5	69,440	0,0640	0,0009	20,00	321,5	69,925	0,0150	0,0002	20,00	321,45	69,435	0,0502	0,0007	20,00	321,5	69,930	0,0171	0,0002	20,00	321,45	69,430	0,0790	0,0011	20,00
325,5	62,770	0,0493	0,0008	20,00	325,5	63,405	0,0100	0,0002	20,00	325,45	62,770	0,0371	0,0006	20,00	325,5	63,435	0,0095	0,0001	20,00	325,45	62,770	0,0645	0,0010	20,00
329,5	56,110	0,0370	0,0007	20,00	329,5	57,045	0,0028	0,0000	20,00	329,45	56,610	0,0276	0,0005	20,00	329,5	57,045	0,0029	0,0001	20,00	329,45	56,105	0,0497	0,0009	20,00
333,5	49,955	0,0234	0,0005	20,00	333,5	50,365	0,0079	0,0002	20,00	333,45	49,940	0,0153	0,0003	20,00	333,5	50,370	0,0109	0,0002	20,00	333,45	49,440	0,0356	0,0007	20,00
337,5	43,275	0,0112	0,0003	20,00	337,5	43,705	0,0182	0,0004	20,00	337,45	43,590	0,0105	0,0002	20,00	337,5	43,705	0,0207	0,0005	20,00	337,45	43,280	0,0209	0,0005	20,00
341,5	37,045	0,0019	0,0001	20,00	341,5	36,525	0,0280	0,0008	20,00	341,45	37,040	0,0080	0,0002	20,00	341,5	36,535	0,0275	0,0008	20,00	341,45	36,625	0,0100	0,0003	20,00
345,5	30,380	0,0132	0,0004	20,00	345,5	29,875	0,0353	0,0012	20,00	345,45	30,375	0,0189	0,0006	20,00	345,5	29,880	0,0360	0,0012	20,00	345,45	30,375	0,0063	0,0002	20,00
349,5	23,610	0,0318	0,0013	20,00	349,5	23,220	0,0437	0,0019	20,00	349,45	23,240	0,0361	0,0016	20,00	349,5	23,225	0,0433	0,0019	20,00	349,45	23,715	0,0206	0,0009	20,00
353,5	16,555	0,0387	0,0023	20,00	353,5	16,550	0,0514	0,0031	20,00	353,45	16,550	0,0419	0,0025	20,00	353,5	16,555	0,0516	0,0031	20,00	353,45	16,575	0,0410	0,0025	20,00
357,5	9,892	0,0510	0,0052	20,00	357,5	9,887	0,0584	0,0059	20,00	357,45	9,889	0,0531	0,0054	20,00	357,5	9,890	0,0582	0,0059	20,00	357,45	9,886	0,0487	0,0049	20,00
361,5	3,228	0,0630	0,0195	20,00	361,5	3,223	0,0654	0,0203	20,00	361,45	3,225	0,0637	0,0197	20,00	361,5	3,226	0,0654	0,0203	20,00	361,45	3,223	0,0622	0,0193	20,00

11					12					13					14					15				
T (s)	$\gamma$ (1/s)	$\tau$ (Pa)	$\eta$ (Pa·s)	T (°C)	T (s)	$\gamma$ (1/s)	$\tau$ (Pa)	$\eta$ (Pa·s)	T (°C)	T (s)	$\gamma$ (1/s)	$\tau$ (Pa)	$\eta$ (Pa·s)	T (°C)	T (s)	$\gamma$ (1/s)	$\tau$ (Pa)	$\eta$ (Pa·s)	T (°C)	T (s)	$\gamma$ (1/s)	$\tau$ (Pa)	$\eta$ (Pa·s)	T (°C)
124,4	4,103	0,0752	0,0183	20,00	124,5	4,103	0,0742	0,0181	19,99	124,45	4,103	0,0756	0,0184	19,99	124,4	4,103	0,0740	0,0180	19,99	124,525	4,103	0,0749	0,0183	19,99
128,4	10,770	0,0860	0,0080	20,00	128,5	10,770	0,0829	0,0077	19,99	128,45	10,770	0,0860	0,0080	19,99	128,4	10,770	0,0826	0,0077	19,99	128,525	10,770	0,0842	0,0078	19,99
132,4	17,430	0,0972	0,0056	20,00	132,5	17,430	0,0924	0,0053	20,00	132,45	17,430	0,0966	0,0055	19,99	132,4	17,430	0,0920	0,0053	19,99	132,525	17,430	0,0941	0,0054	19,99
136,4	24,100	0,1083	0,0045	20,00	136,5	24,095	0,1014	0,0042	20,00	136,45	24,100	0,1084	0,0045	19,99	136,4	24,100	0,1008	0,0042	19,99	136,525	24,098	0,1040	0,0043	19,99
140,4	30,760																							

188,4	110,700	0,2708	0,0024	20,00	188,5	110,700	0,2480	0,0022	20,00	188,45	110,700	0,2679	0,0024	20,00	188,4	110,700	0,2383	0,0022	20,00	188,525	110,700	0,2525	0,0023	20,00
192,4	117,400	0,2846	0,0024	20,00	192,5	117,400	0,2584	0,0022	20,00	192,45	117,400	0,2840	0,0024	20,00	192,4	117,400	0,2493	0,0021	20,00	192,525	117,400	0,2644	0,0023	20,00
196,4	124,100	0,3020	0,0024	20,00	196,5	124,100	0,2738	0,0022	20,00	196,45	124,100	0,2900	0,0023	20,00	196,4	124,100	0,2657	0,0021	20,00	196,525	124,100	0,2790	0,0022	20,00
200,4	130,700	0,3162	0,0024	20,00	200,5	130,700	0,2843	0,0022	20,00	200,45	130,700	0,3070	0,0023	20,00	200,4	130,700	0,2777	0,0021	20,00	200,525	130,700	0,2915	0,0022	19,99
204,4	137,400	0,3330	0,0024	20,00	204,5	137,400	0,2969	0,0022	20,00	204,45	137,400	0,3208	0,0023	20,00	204,4	137,400	0,2949	0,0021	20,00	204,525	137,400	0,3054	0,0022	19,99
208,4	144,050	0,3430	0,0024	20,00	208,5	144,050	0,3255	0,0023	20,00	208,45	144,100	0,3369	0,0023	20,00	208,4	144,050	0,3300	0,0023	20,00	208,525	144,050	0,3237	0,0022	19,99
212,4	150,700	0,3583	0,0024	20,00	212,5	150,700	0,3621	0,0024	20,00	212,45	150,700	0,3549	0,0024	20,00	212,4	150,700	0,3614	0,0024	20,00	212,525	150,700	0,3615	0,0024	20,00
216,4	157,400	0,3780	0,0024	20,00	216,5	157,400	0,3983	0,0025	20,00	216,45	157,400	0,3748	0,0024	20,00	216,4	157,400	0,3977	0,0025	20,00	216,525	157,400	0,3969	0,0025	20,00
220,4	164,000	0,3992	0,0024	20,00	220,5	164,000	0,4294	0,0026	20,00	220,45	164,000	0,4179	0,0025	20,00	220,4	164,000	0,4260	0,0026	20,00	220,525	164,000	0,4296	0,0026	20,00
224,4	170,700	0,4478	0,0026	20,00	224,5	170,700	0,4598	0,0027	20,00	224,45	170,700	0,4546	0,0027	20,00	224,4	170,700	0,4353	0,0025	20,00	224,525	170,700	0,4625	0,0027	20,00
228,4	177,400	0,4830	0,0027	20,00	228,5	177,400	0,4705	0,0027	20,00	228,45	177,400	0,4897	0,0028	20,00	228,4	177,400	0,4533	0,0026	20,00	228,525	177,400	0,4877	0,0027	20,00
232,4	184,000	0,5216	0,0028	20,00	232,5	184,000	0,4923	0,0027	20,00	232,45	184,000	0,5273	0,0029	20,00	232,4	184,000	0,4755	0,0026	20,00	232,525	184,000	0,5008	0,0027	20,00
236,4	190,700	0,5657	0,0030	20,00	236,5	190,700	0,5156	0,0027	20,00	236,45	190,700	0,5436	0,0029	20,00	236,4	190,700	0,5073	0,0027	20,00	236,525	190,700	0,5253	0,0028	20,00
240,4	197,400	0,5830	0,0030	20,00	240,5	197,400	0,5400	0,0027	20,00	240,45	197,400	0,5641	0,0029	20,00	240,4	197,400	0,5288	0,0027	20,00	240,525	197,400	0,5505	0,0028	20,00
241,45	199,900	9,9345	0,0497	20,00	241,5	199,950	18,5350	0,0927	20,00	241,45	199,900	16,0250	0,0802	20,00	241,4	199,950	12,4155	0,0621	20,00	241,55	199,950	10,6036	0,0530	20,00
245,5	195,700	0,4207	0,0021	20,00	245,55	195,700	0,3929	0,0020	20,00	245,55	195,700	0,4131	0,0021	20,00	245,5	195,700	0,3797	0,0019	20,00	245,6	195,700	0,4021	0,0021	20,00
249,5	189,050	0,3913	0,0021	20,00	249,55	189,100	0,3656	0,0019	20,00	249,55	189,000	0,3889	0,0021	20,00	249,5	189,000	0,3487	0,0018	20,00	249,6	189,100	0,3753	0,0020	20,00
253,5	182,400	0,3667	0,0020	20,00	253,55	182,400	0,3467	0,0019	20,00	253,55	182,400	0,3577	0,0020	20,00	253,5	182,400	0,3306	0,0018	20,00	253,6	182,400	0,3509	0,0019	20,00
257,5	175,700	0,3336	0,0019	20,00	257,55	175,700	0,3201	0,0018	20,00	257,55	175,700	0,3355	0,0019	20,00	257,5	175,700	0,3014	0,0017	20,00	257,6	175,700	0,3260	0,0019	20,00
261,5	169,100	0,3006	0,0018	20,00	261,55	169,100	0,2956	0,0017	20,00	261,55	169,050	0,3046	0,0018	20,00	261,5	169,300	0,2947	0,0017	20,00	261,6	169,100	0,3036	0,0018	20,00
265,5	162,700	0,2639	0,0016	20,00	265,55	162,700	0,2733	0,0017	20,00	265,55	162,700	0,2726	0,0017	20,00	265,5	162,700	0,2627	0,0016	20,00	265,6	162,675	0,2804	0,0017	20,00
269,5	156,100	0,2367	0,0015	20,00	269,55	156,100	0,2463	0,0016	20,00	269,55	156,100	0,2393	0,0015	20,00	269,5	156,100	0,2434	0,0016	20,00	269,6	156,100	0,2474	0,0016	20,00
273,5	149,400	0,2165	0,0014	20,00	273,55	149,400	0,2151	0,0014	20,00	273,55	149,400	0,2125	0,0014	20,00	273,5	149,400	0,2120	0,0014	20,00	273,6	149,400	0,2149	0,0014	20,00
277,5	142,700	0,2033	0,0014	20,00	277,55	142,700	0,1827	0,0013	20,00	277,55	142,700	0,1941	0,0014	20,00	277,5	142,700	0,1861	0,0013	20,00	277,6	142,700	0,1843	0,0013	20,00
281,5	136,100	0,1871	0,0014	20,00	281,55	136,100	0,1595	0,0012	20,00	281,55	136,100	0,1754	0,0013	20,00	281,5	136,100	0,1571	0,0012	20,00	281,6	136,100	0,1623	0,0012	20,00
285,5	129,400	0,1736	0,0013	20,00	285,55	129,400	0,1408	0,0011	20,00	285,55	129,400	0,1626	0,0013	20,00	285,5	129,400	0,1361	0,0011	20,00	285,6	129,400	0,1480	0,0011	20,00
289,5	122,700	0,1595	0,0013	20,00	289,55	122,750	0,1309	0,0011	20,00	289,55	122,700	0,1460	0,0012	20,00	289,5	122,700	0,1246	0,0010	20,00	289,6	122,750	0,1352	0,0011	20,00
293,5	116,100	0,1466	0,0013	20,00	293,55	116,100	0,1147	0,0010	20,00	293,55	116,100	0,1353	0,0012	20,00	293,5	116,100	0,1135	0,0010	20,00	293,6	116,100	0,1221	0,0011	20,00
297,5	109,400	0,1323	0,0012	20,00	297,55	109,400	0,1055	0,0010	20,00	297,55	109,400	0,1192	0,0011	20,00	297,5	109,400	0,1018	0,0009	20,00	297,6	109,400	0,1099	0,0010	20,00
301,5	102,800	0,1170	0,0011	20,00	301,55	102,800	0,0908	0,0009	20,00	301,55	102,750	0,1102	0,0011	20,00	301,5	102,700	0,0855	0,0008	20,00	301,6	102,800	0,0966	0,0009	20,00
305,5	96,090	0,1040	0,0011	20,00	305,55	96,095	0,0808	0,0008	20,00	305,55	96,085	0,0950	0,0010	20,00	305,5	96,085	0,0759	0,0008	20,00	305,6	96,093	0,0850	0,0009	20,00
309,5	89,425	0,0890	0,0010	20,00	309,55	89,430	0,0682	0,0008	20,00	309,55	89,420	0,0845	0,0009	20,00	309,5	89,430	0,0609	0,0007	20,00	309,6	89,430	0,0724	0,0008	20,00
313,5	82,760	0,0765	0,0009	20,00	313,55	82,765	0,0595	0,0007	20,00	313,55	82,755	0,0684	0,0008	20,00	313,5	82,760	0,0523	0,0006	20,00	313,6	82,765	0,0614	0,0007	20,00
317,5	76,095	0,0635	0,0008	20,00	317,55	76,105	0,0461	0,0006	20,00	317,55	76,090	0,0585	0,0008	20,00	317,5	76,095	0,0393	0,0005	20,00	317,6	76,100	0,0494	0,0006	20,00
321,5	69,430	0,0523	0,0008	20,00	321,55	69,670	0,0456	0,0007	20,00	321,55	69,430	0,0453	0,0007	20,00	321,5	69,930	0,0366	0,0005	20,00	321,6	69,438	0,0406	0,0006	20,00
325,5	62,770	0,0390	0,0006	20,00	325,55	63,270	0,0245	0,0004	20,00	325,55	62,850	0,0449	0,0007	20,00	325,5	63,270	0,0210	0,0003	20,00	325,6	63,275	0,0278	0,0004	20,00
329,5	56,615	0,0290	0,0005	20,00	329,55	56,605	0,0140	0,0002	20,00	329,55	56,595	0,0230	0,0004	20,00	329,5	56,635	0,0145	0,0003	20,00	329,6	56,605	0,0170	0,0003	20,00
333,5	49,935	0,0161	0,0003	20,00	333,55	50,245	0,0076	0,0002	20,00	333,55	49,935	0,0154	0,0003	20,00	333,5	50,290	0,0062	0,0001	20,00	333,6	50,108	0,0112	0,0002	20,00
337,5	43,480	0,0104	0,0002	20,00	337,55	43,710	0,0064	0,0001	20,00	337,55	43,695	0,0041	0,0001	20,00	337,5	43,700	0,0073	0,0002	20,00	337,6	43,708	0,0037	0,0001	20,00
341,5	37,040	0,0070	0,0002	20,00	341,55	37,050	0,0155	0,0004	20,00	341,55	37,035	0,0093	0,0003	20,00	341,5	37,040	0,0183	0,0005	20,00	341,6	37,045	0,0138	0,0004	20,00
345,5	30,375	0,0184	0,0006	20,00	345,55	30,060	0,0352	0,0012	20,00	345,55	30,365	0,0205	0,0007	20,00	345,5	29,895	0,0339	0,0011	20,00	345,6	30,325	0,0306	0,0010	20,00
349,5	23,370	0,0399	0,0017	20,00	349,55	23,220	0,0362	0,0016	20,00	349,55	23,200	0,0328	0,0014	20,00	349,5	23,215	0,0374	0,0016	20,00	349,6	23,220	0,0349	0,0015	20,00
353,5	16,555	0,0418	0,0025	20,00	353,55	16,560	0,0462	0,0028	20,00	353,55	16,545	0,0431	0,0026	20,00	353,5	16,550	0,0465	0,0028	20,00	353,6	16,558	0,0450	0,0027	20,00
357,5	9,887	0,0530	0,0054	20,00	357,55	9,895	0,0553	0,0056	20,00	357,55	9,883	0,0535	0,0054	20,00	357,5	9,887	0,0557	0,0056	20,00	357,6	9,892	0,0546	0,0055	20,00
361,5	3,224	0,0637	0,0198	20,00	361,55	3,230	0,0644	0,0200	20,00	361,55	3,219													

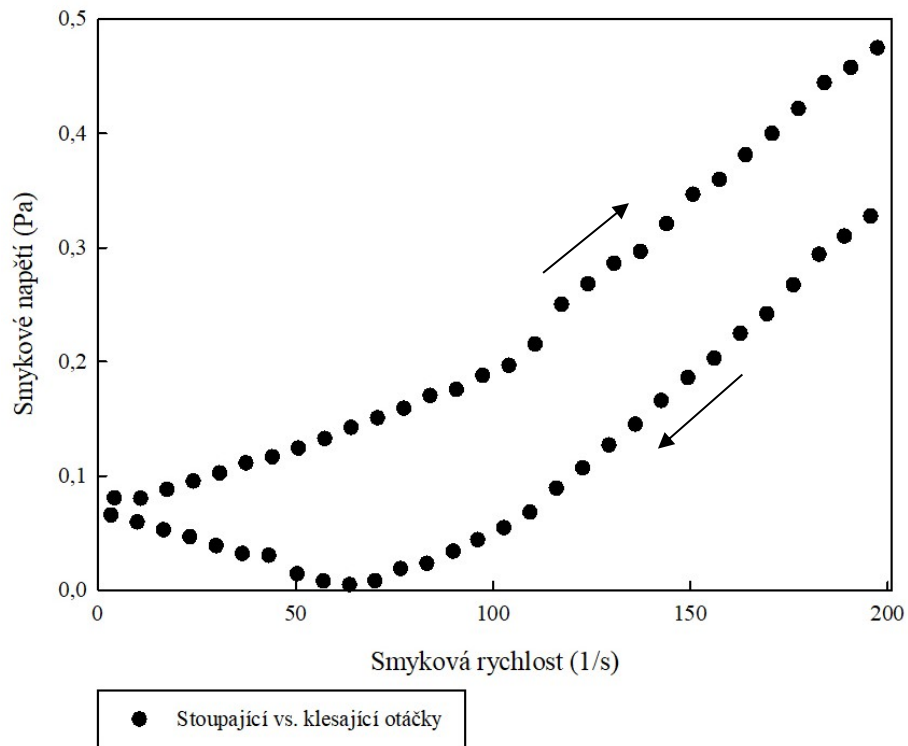
159.6	30,760	0,1049	0,0034	19,99	144,15	30,760	0,1346	0,0044	20,00	140,4	30,760	0,1053	0,0034	20,01	140,4	30,760	0,1271	0,0041	20,00	140,45	30,760	0,1045	0,0034	20,00
163.6	37,425	0,1144	0,0031	19,99	148,15	37,420	0,1493	0,0040	20,00	144,4	37,420	0,1129	0,0030	20,01	144,4	37,425	0,1407	0,0038	20,00	144,45	37,420	0,1121	0,0030	20,00
167.6	44,090	0,1213	0,0028	20,00	152,15	44,090	0,1645	0,0037	20,00	148,4	44,090	0,1239	0,0028	20,01	148,4	44,090	0,1530	0,0035	20,00	148,45	44,090	0,1224	0,0028	20,00
171.6	50,755	0,1310	0,0026	19,99	156,15	50,750	0,1796	0,0035	20,00	152,4	50,750	0,1308	0,0026	20,01	152,4	50,750	0,1667	0,0033	20,00	152,45	50,750	0,1284	0,0025	20,00
175.6	57,420	0,1394	0,0024	19,99	160,15	57,420	0,1957	0,0034	20,00	156,4	57,415	0,1426	0,0025	20,01	156,4	57,415	0,1787	0,0031	20,00	156,45	57,415	0,1419	0,0025	20,00
179.6	64,085	0,1504	0,0023	19,99	164,15	64,085	0,2106	0,0033	20,00	160,4	64,080	0,1497	0,0023	20,01	160,4	64,080	0,1936	0,0030	20,00	160,45	64,080	0,1477	0,0023	20,00
183.6	70,745	0,1600	0,0023	19,99	168,15	70,745	0,2263	0,0032	20,00	164,4	70,745	0,1598	0,0023	20,01	164,4	70,745	0,2071	0,0029	20,00	164,45	70,740	0,1563	0,0022	20,00
187.6	77,410	0,1669	0,0022	19,99	172,15	77,410	0,2415	0,0031	20,00	168,4	77,410	0,1672	0,0022	20,01	168,4	77,410	0,2215	0,0029	20,00	168,45	77,410	0,1615	0,0021	20,00
191.6	84,075	0,1788	0,0021	19,99	176,15	84,070	0,2573	0,0031	20,00	172,4	84,075	0,1747	0,0021	20,01	172,4	84,070	0,2373	0,0028	20,00	172,45	84,075	0,1694	0,0020	20,00
195.6	90,740	0,1847	0,0020	19,99	180,15	90,735	0,2742	0,0030	20,00	176,4	90,735	0,1903	0,0021	20,01	176,4	90,740	0,2487	0,0027	20,01	176,45	90,735	0,1843	0,0020	20,00
199.6	97,400	0,1972	0,0020	19,99	184,15	97,400	0,2902	0,0030	20,00	180,4	97,405	0,1984	0,0020	20,01	180,4	97,400	0,2640	0,0027	20,00	180,45	97,400	0,1932	0,0020	20,00
203.6	104,100	0,2065	0,0020	19,99	188,15	104,100	0,3076	0,0030	20,00	184,4	104,100	0,2116	0,0020	20,01	184,4	104,100	0,2774	0,0027	20,00	184,45	104,100	0,2066	0,0020	20,00
207.6	110,700	0,2197	0,0020	19,99	192,15	110,700	0,3231	0,0029	20,00	188,4	110,700	0,2162	0,0020	20,01	188,4	110,700	0,2949	0,0027	20,00	188,45	110,700	0,2098	0,0019	20,00
211.6	117,400	0,2338	0,0020	19,99	196,15	117,400	0,3397	0,0029	20,00	192,4	117,400	0,2271	0,0019	20,00	192,4	117,400	0,3103	0,0026	20,00	192,45	117,400	0,2315	0,0020	20,00
215.6	124,100	0,2558	0,0021	20,00	200,15	124,100	0,3576	0,0029	20,00	196,4	124,100	0,2540	0,0020	20,00	196,4	124,100	0,3232	0,0026	20,00	196,45	124,100	0,2651	0,0021	20,00
219.6	130,700	0,2876	0,0022	20,00	204,15	130,700	0,3745	0,0029	20,00	200,4	130,700	0,2860	0,0022	20,00	200,4	130,700	0,3389	0,0026	20,00	200,45	130,700	0,2930	0,0022	20,00
223.6	137,400	0,3135	0,0023	20,00	208,15	137,400	0,3927	0,0029	20,00	204,4	137,400	0,3175	0,0023	20,00	204,4	137,400	0,3531	0,0026	20,00	204,45	137,400	0,3222	0,0023	20,00
227.6	144,050	0,3432	0,0024	20,00	212,15	144,050	0,4089	0,0028	20,00	208,4	144,050	0,3376	0,0023	20,01	208,4	144,000	0,3722	0,0026	20,00	208,45	144,050	0,3192	0,0022	20,00
231.6	150,700	0,3559	0,0024	20,00	216,15	150,700	0,4267	0,0028	20,00	212,4	150,700	0,3448	0,0023	20,01	212,4	150,700	0,3888	0,0026	20,00	212,45	150,700	0,3376	0,0022	20,00
235.6	157,400	0,3637	0,0023	20,00	220,15	157,400	0,4453	0,0028	20,00	216,4	157,400	0,3706	0,0024	20,01	216,4	157,400	0,4023	0,0026	20,00	216,45	157,400	0,3625	0,0023	20,00
239.6	164,000	0,3860	0,0024	20,00	224,15	164,000	0,4634	0,0028	20,00	220,4	164,000	0,3902	0,0024	20,01	220,4	164,000	0,4167	0,0025	20,00	220,45	164,000	0,3836	0,0023	20,00
243.6	170,700	0,4096	0,0024	20,00	228,15	170,700	0,4828	0,0028	20,00	224,4	170,700	0,4157	0,0024	20,01	224,4	170,700	0,4328	0,0025	20,00	224,45	170,700	0,4083	0,0024	20,00
247.6	177,400	0,4363	0,0025	20,00	232,15	177,400	0,5000	0,0028	20,00	228,4	177,400	0,4334	0,0024	20,01	228,4	177,400	0,4599	0,0026	20,00	228,45	177,400	0,4208	0,0024	20,00
251.6	184,000	0,4628	0,0025	20,00	236,15	184,000	0,5192	0,0028	20,00	232,4	184,000	0,4566	0,0025	20,01	232,4	184,000	0,5107	0,0028	20,00	232,45	184,000	0,4376	0,0024	20,00
255.6	190,700	0,4784	0,0025	20,00	240,15	190,700	0,5398	0,0028	20,00	236,4	190,700	0,4869	0,0026	20,01	236,4	190,700	0,5496	0,0029	20,00	236,45	190,700	0,4692	0,0025	20,00
259.6	197,400	0,5095	0,0026	20,00	244,15	197,400	0,5628	0,0029	20,00	240,4	197,400	0,5074	0,0026	20,00	240,4	197,400	0,5936	0,0030	20,00	240,45	197,400	0,4862	0,0025	20,00
260.6	199,850	0,6300	0,0832	20,00	245,15	199,950	12,0960	0,0605	20,00	241,45	199,950	9,3565	0,0468	20,00	241,4	199,950	14,1655	0,0709	20,00	241,5	199,950	12,0715	0,0604	20,00
264.65	195,700	0,3655	0,0019	20,00	249,2	195,700	0,4206	0,0021	20,00	245,5	195,700	0,3539	0,0018	20,00	245,5	195,700	0,4423	0,0023	20,00	245,5	195,700	0,3437	0,0018	20,00
268.65	189,050	0,3449	0,0018	20,00	253,2	189,050	0,3945	0,0021	20,00	249,5	189,000	0,3200	0,0017	20,00	249,5	189,050	0,4046	0,0021	20,00	249,5	189,050	0,3140	0,0017	20,00
272.65	182,400	0,3180	0,0017	20,00	257,2	182,400	0,3759	0,0021	20,00	253,5	182,400	0,3022	0,0017	20,00	253,5	182,400	0,3593	0,0020	20,00	253,5	182,400	0,2942	0,0016	20,00
276.65	175,900	0,2992	0,0017	20,00	261,2	175,900	0,3568	0,0020	20,00	257,5	176,100	0,2783	0,0016	20,00	257,5	175,700	0,3243	0,0018	20,00	257,5	176,100	0,2681	0,0015	20,00
280.65	169,400	0,2676	0,0016	20,00	265,2	169,100	0,3361	0,0020	20,00	261,5	169,400	0,2643	0,0016	20,00	261,5	169,150	0,2960	0,0018	20,00	261,5	169,400	0,2552	0,0015	20,00
284.65	162,700	0,2469	0,0015	20,00	269,2	162,400	0,3187	0,0020	20,00	265,5	162,700	0,2402	0,0015	20,00	265,5	162,700	0,2725	0,0017	20,00	265,5	162,700	0,2313	0,0014	20,00
288.65	156,100	0,2226	0,0014	20,00	273,2	155,700	0,2978	0,0019	20,00	269,5	156,100	0,2232	0,0014	20,00	269,5	156,100	0,2540	0,0016	20,00	269,5	156,100	0,2129	0,0014	20,00
292.65	149,400	0,2059	0,0014	20,00	277,2	149,350	0,2844	0,0019	20,00	273,5	149,400	0,1952	0,0013	20,00	273,5	149,400	0,2420	0,0016	20,00	273,5	149,400	0,1877	0,0013	20,00
296.65	142,700	0,1825	0,0013	20,00	281,2	142,750	0,2642	0,0019	20,00	277,5	142,700	0,1794	0,0013	20,00	277,5	142,700	0,2232	0,0016	20,00	277,5	142,700	0,1746	0,0012	20,00
300.65	136,100	0,1610	0,0012	20,00	285,2	136,100	0,2492	0,0018	20,00	281,5	136,100	0,1575	0,0012	20,00	281,5	136,100	0,2081	0,0015	20,00	281,5	136,100	0,1558	0,0011	20,00
304.65	129,400	0,1376	0,0011	20,00	289,2	129,400	0,2304	0,0018	20,00	285,5	129,400	0,1353	0,0010	20,00	285,5	129,400	0,1925	0,0015	20,00	285,5	129,400	0,1389	0,0011	20,00
308.65	122,750	0,1117	0,0009	20,00	293,2	122,750	0,2149	0,0018	20,00	289,5	122,700	0,1146	0,0009	20,00	289,5	122,750	0,1756	0,0014	20,00	289,5	122,700	0,1188	0,0010	20,00
312.65	116,100	0,0884	0,0008	20,00	297,2	116,100	0,1960	0,0017	20,00	293,5	116,100	0,0945	0,0008	20,00	293,5	116,100	0,1601	0,0014	20,00	293,5	116,100	0,0987	0,0009	20,00
316.65	109,400	0,0750	0,0007	20,00	301,2	109,400	0,1808	0,0017	20,00	297,5	109,400	0,0816	0,0007	20,00	297,5	109,400	0,1457	0,0013	20,00	297,5	109,400	0,0761	0,0007	20,00
320.65	102,800	0,0672	0,0007	20,00	305,2	102,800	0,1629	0,0016	20,00	301,5	102,700	0,0662	0,0006	20,00	301,5	102,750	0,1341	0,0013	20,00	301,5	102,750	0,0600	0,0006	20,00
324.65	96,095	0,0559	0,0006	20,00	309,2	96,090	0,1479	0,0015	20,00	305,5	96,085	0,0580	0,0006	20,00	305,5	96,090	0,1185	0,0012	20,00	305,5	96,085	0,0516	0,0005	20,00
328.65	89,430	0,0486	0,0005	20,00	313,2	89,430	0,1314	0,0015	20,00	309,5	89,425	0,0443	0,0005	20,00	309,5	89,425	0,1068	0,0012	20,00	309,5	89,425	0,0388	0,0004	20,00
332.65	82,980	0,0484	0,0006	20,00	317,2	82,765	0,1168	0,0014	20,00	313,5	82,850	0,0466	0,0006											

T (s)	$\gamma$ (1/s)	$\tau$ (Pa)	$\eta$ (Pa·s)	T (°C)	T (s)	$\gamma$ (1/s)	$\tau$ (Pa)	$\eta$ (Pa·s)	T (°C)	T (s)	$\gamma$ (1/s)	$\tau$ (Pa)	$\eta$ (Pa·s)	T (°C)	T (s)	$\gamma$ (1/s)	$\tau$ (Pa)	$\eta$ (Pa·s)	T (°C)	T (s)	$\gamma$ (1/s)	$\tau$ (Pa)	$\eta$ (Pa·s)	T (°C)
124.35	4.102	0.0770	0.0188	20.00	124.35	4.103	0.0730	0.0178	20.00	124.35	4.101	0.0757	0.0185	20.00	124.55	4.103	0.0731	0.0178	20.00	124.4	4.096	0.0854	0.0209	20.00
128.35	10.770	0.0895	0.0083	20.00	128.35	10.770	0.0803	0.0075	20.00	128.35	10.770	0.0863	0.0080	20.00	128.55	10.770	0.0796	0.0074	20.00	128.4	10.765	0.0955	0.0089	20.00
132.35	17.430	0.1017	0.0058	20.00	132.35	17.430	0.0877	0.0050	20.00	132.35	17.430	0.0975	0.0056	20.00	132.55	17.430	0.0863	0.0049	20.00	132.4	17.425	0.1113	0.0064	20.00
136.35	24.100	0.1151	0.0048	20.00	136.35	24.100	0.0959	0.0040	20.00	136.35	24.095	0.1089	0.0045	20.00	136.55	24.100	0.0951	0.0039	20.00	136.4	24.095	0.1273	0.0053	20.00
140.35	30.760	0.1283	0.0042	20.00	140.35	30.760	0.1033	0.0034	20.00	140.35	30.760	0.1210	0.0039	20.00	140.55	30.760	0.1020	0.0033	20.00	140.4	30.755	0.1436	0.0047	20.00
144.35	37.425	0.1426	0.0038	20.00	144.35	37.420	0.1117	0.0030	20.00	144.35	37.425	0.1328	0.0035	20.00	144.55	37.425	0.1111	0.0030	20.00	144.4	37.420	0.1597	0.0043	20.00
148.35	44.090	0.1553	0.0035	20.00	148.35	44.090	0.1199	0.0027	20.00	148.35	44.090	0.1448	0.0033	20.00	148.55	44.090	0.1162	0.0026	20.00	148.4	44.085	0.1767	0.0040	20.00
152.35	50.755	0.1703	0.0034	20.00	152.35	50.750	0.1258	0.0025	20.00	152.35	50.750	0.1583	0.0031	20.00	152.55	50.750	0.1242	0.0024	20.00	152.4	50.750	0.1934	0.0038	20.00
156.35	57.420	0.1826	0.0032	20.00	156.35	57.420	0.1383	0.0024	20.00	156.35	57.420	0.1690	0.0029	20.00	156.55	57.420	0.1343	0.0023	20.00	156.4	57.410	0.2109	0.0037	20.00
160.35	64.085	0.1987	0.0031	20.00	160.35	64.085	0.1465	0.0023	20.00	160.35	64.080	0.1824	0.0028	20.00	160.55	64.090	0.1439	0.0022	20.00	160.4	64.075	0.2270	0.0035	20.00
164.35	70.745	0.2125	0.0030	20.00	164.35	70.745	0.1573	0.0022	20.00	164.35	70.745	0.1938	0.0027	20.00	164.55	70.750	0.1543	0.0022	20.00	164.4	70.740	0.2448	0.0035	20.00
168.35	77.410	0.2286	0.0030	20.00	168.35	77.410	0.1615	0.0021	20.00	168.35	77.410	0.2090	0.0027	20.00	168.55	77.410	0.1600	0.0021	20.00	168.4	77.405	0.2596	0.0034	20.00
172.35	84.075	0.2444	0.0029	20.00	172.35	84.080	0.1712	0.0020	20.00	172.35	84.070	0.2220	0.0026	20.00	172.55	84.070	0.1725	0.0021	20.00	172.4	84.065	0.2766	0.0033	20.00
176.35	90.740	0.2569	0.0028	20.00	176.35	90.740	0.1826	0.0020	20.00	176.35	90.735	0.2344	0.0026	20.00	176.55	90.740	0.1777	0.0020	20.00	176.4	90.730	0.2941	0.0032	20.00
180.35	97.400	0.2708	0.0028	20.00	180.35	97.400	0.1939	0.0020	20.00	180.35	97.400	0.2474	0.0025	20.00	180.55	97.400	0.1909	0.0020	20.00	180.4	97.395	0.3091	0.0032	20.00
184.35	104.100	0.2847	0.0027	20.00	184.35	104.100	0.2067	0.0020	20.00	184.35	104.100	0.2601	0.0025	20.00	184.55	104.100	0.2008	0.0019	20.00	184.4	104.100	0.3238	0.0031	20.00
188.35	110.700	0.3033	0.0027	20.00	188.35	110.700	0.2112	0.0019	20.00	188.35	110.700	0.2769	0.0025	20.00	188.55	110.700	0.2117	0.0019	20.00	188.4	110.700	0.3403	0.0031	20.00
192.35	117.400	0.3190	0.0027	20.00	192.35	117.400	0.2283	0.0019	20.00	192.35	117.400	0.2898	0.0025	20.00	192.55	117.400	0.2389	0.0020	20.00	192.4	117.400	0.3577	0.0030	20.00
196.35	124.100	0.3334	0.0027	20.00	196.35	124.100	0.2599	0.0021	20.00	196.35	124.100	0.3046	0.0025	20.00	196.55	124.100	0.2617	0.0021	20.00	196.4	124.050	0.3762	0.0030	20.00
200.35	130.700	0.3470	0.0027	20.00	200.35	130.700	0.2898	0.0022	20.00	200.35	130.700	0.3180	0.0024	20.00	200.55	130.700	0.2918	0.0022	20.00	200.4	130.700	0.3945	0.0030	20.00
204.35	137.400	0.3611	0.0026	20.00	204.35	137.400	0.3191	0.0023	20.00	204.35	137.400	0.3318	0.0024	20.00	204.55	137.400	0.3154	0.0023	20.00	204.4	137.400	0.4099	0.0030	20.00
208.35	144.100	0.3792	0.0026	20.00	208.35	144.100	0.3303	0.0023	20.00	208.35	144.050	0.3501	0.0024	20.00	208.55	144.050	0.3212	0.0022	20.00	208.4	144.000	0.4276	0.0030	20.00
212.35	150.700	0.3931	0.0026	20.00	212.35	150.700	0.3388	0.0022	20.00	212.35	150.700	0.3647	0.0024	20.00	212.55	150.700	0.3433	0.0023	20.00	212.4	150.700	0.4452	0.0030	20.00
216.35	157.400	0.4072	0.0026	20.00	216.35	157.400	0.3588	0.0023	20.00	216.35	157.400	0.3813	0.0024	20.00	216.55	157.400	0.3559	0.0023	20.00	216.4	157.400	0.4633	0.0029	20.00
220.35	164.000	0.4243	0.0026	20.00	220.35	164.000	0.3831	0.0023	20.00	220.35	164.000	0.4036	0.0025	20.00	220.55	164.000	0.3810	0.0023	20.00	220.4	164.000	0.4808	0.0029	20.00
224.35	170.700	0.4408	0.0026	20.00	224.35	170.700	0.4099	0.0024	20.00	224.35	170.700	0.4459	0.0026	20.00	224.55	170.700	0.4048	0.0024	20.00	224.4	170.700	0.5001	0.0029	20.00
228.35	177.400	0.4645	0.0026	20.00	228.35	177.400	0.4240	0.0024	20.00	228.35	177.400	0.4902	0.0028	20.00	228.55	177.400	0.4233	0.0024	20.00	228.4	177.400	0.5163	0.0029	20.00
232.35	184.000	0.5067	0.0028	20.00	232.35	184.000	0.4472	0.0024	20.00	232.35	184.000	0.5292	0.0029	20.00	232.55	184.000	0.4460	0.0024	20.00	232.4	184.000	0.5360	0.0029	20.00
236.35	190.700	0.5485	0.0029	20.00	236.35	190.700	0.4790	0.0025	20.00	236.35	190.700	0.5661	0.0030	20.00	236.55	190.700	0.4607	0.0024	20.00	236.4	190.700	0.5571	0.0029	20.00
240.35	197.400	0.5929	0.0030	20.00	240.35	197.400	0.5027	0.0025	20.00	240.35	197.400	0.5763	0.0029	20.00	240.55	197.400	0.4880	0.0025	20.00	240.4	197.400	0.5766	0.0029	20.00
241.4	199.950	7.1105	0.0356	20.00	241.35	199.900	9.3924	0.0470	20.00	241.35	199.950	17.9750	0.0899	20.00	241.55	199.850	13.6950	0.0685	20.00	241.4	199.950	13.1890	0.0660	20.00
245.45	195.700	0.4417	0.0023	20.00	245.45	195.700	0.3552	0.0018	20.00	245.4	195.700	0.4215	0.0022	20.00	245.65	195.700	0.3422	0.0017	20.00	245.5	195.700	0.4297	0.0022	20.00
249.45	189.000	0.4031	0.0021	20.00	249.45	189.000	0.3262	0.0017	20.00	249.4	189.000	0.3929	0.0021	20.00	249.65	189.050	0.3194	0.0017	20.00	249.5	189.100	0.4072	0.0022	20.00
253.45	182.400	0.3592	0.0020	20.00	253.45	182.400	0.2993	0.0016	20.00	253.4	182.400	0.3661	0.0020	20.00	253.65	182.450	0.2902	0.0016	20.00	253.5	182.400	0.3845	0.0021	20.00
257.45	175.700	0.3241	0.0018	20.00	257.45	176.050	0.2869	0.0016	20.00	257.4	175.700	0.3366	0.0019	20.00	257.65	176.100	0.2714	0.0015	20.00	257.5	175.700	0.3641	0.0021	20.00
261.45	169.100	0.2976	0.0018	20.00	261.45	169.400	0.2608	0.0015	20.00	261.4	169.100	0.2998	0.0018	20.00	261.65	169.400	0.2489	0.0015	20.00	261.5	169.100	0.3449	0.0020	20.00
265.45	162.700	0.2798	0.0017	20.00	265.45	162.700	0.2370	0.0015	20.00	265.4	162.700	0.2650	0.0016	20.00	265.65	162.700	0.2304	0.0014	20.00	265.5	162.400	0.3264	0.0020	20.00
269.45	156.100	0.2614	0.0017	20.00	269.45	156.100	0.2215	0.0014	20.00	269.4	156.100	0.2350	0.0015	20.00	269.65	156.100	0.2137	0.0014	20.00	269.5	155.700	0.3081	0.0020	20.00
273.45	149.400	0.2476	0.0017	20.00	273.45	149.400	0.1936	0.0013	20.00	273.4	149.400	0.2178	0.0015	20.00	273.65	149.400	0.1944	0.0013	20.00	273.5	149.200	0.2953	0.0020	20.00
277.45	142.700	0.2293	0.0016	20.00	277.45	142.700	0.1778	0.0012	20.00	277.4	142.700	0.2023	0.0014	20.00	277.65	142.750	0.1777	0.0012	20.00	277.5	142.700	0.2731	0.0019	20.00
281.45	136.100	0.2142	0.0016	20.00	281.45	136.100	0.1533	0.0011	20.00	281.4	136.100	0.1883	0.0014	20.00	281.65	136.100	0.1515	0.0011	20.00	281.5	136.100	0.2550	0.0019	20.00
285.45	129.400	0.1981	0.0015	20.00	285.45	129.400	0.1357	0.0010	20.00	285.4	129.400	0.1732	0.0013	20.00	285.65	129.400	0.1361	0.0011	20.00	285.5	129.400	0.2374	0.0018	20.00
289.45	122.750	0.1819	0.0015	20.00	289.45	122.700	0.1118	0.0009	20.00	289.4	122.700	0.1597	0.0013	20.00	289.65	122.750	0.1107	0.0009	20.00	289.5	122.700	0.2196	0.0018	20.00
293.45	116.100	0.1653	0.0014																					

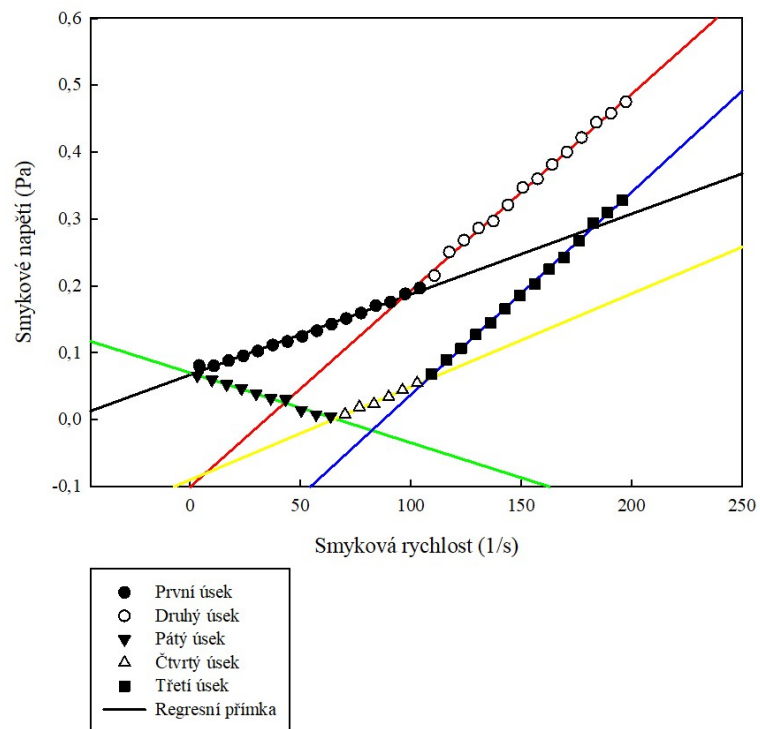
345,45	30,380	0,0125	0,0004	20,00	345,45	29,875	0,0350	0,0012	20,00	345,4	30,380	0,0178	0,0006	20,00	345,65	29,885	0,0357	0,0012	20,00	345,5	30,385	0,0016	0,0001	20,00
349,45	23,690	0,0289	0,0012	20,00	349,45	23,210	0,0433	0,0019	20,00	349,4	23,260	0,0364	0,0016	20,00	349,65	23,220	0,0447	0,0019	20,00	349,5	23,715	0,0174	0,0007	20,00
353,45	16,545	0,0388	0,0023	20,00	353,45	16,545	0,0501	0,0030	20,00	353,4	16,550	0,0415	0,0025	20,00	353,65	16,555	0,0507	0,0031	20,00	353,5	16,690	0,0416	0,0025	20,00
357,45	9,887	0,0509	0,0051	20,00	357,45	9,882	0,0580	0,0059	20,00	357,4	9,890	0,0525	0,0053	20,00	357,65	9,893	0,0585	0,0059	20,00	357,5	9,890	0,0474	0,0048	20,00
361,45	3,224	0,0628	0,0195	20,00	361,45	3,218	0,0653	0,0203	20,00	361,4	3,225	0,0633	0,0196	20,00	361,65	3,229	0,0653	0,0202	20,00	361,5	3,226	0,0617	0,0191	20,00
11					12					13					14					15				
T (s)	$\gamma$ (1/s)	$\tau$ (Pa)	$\eta$ (Pa·s)	T (°C)	T (s)	$\gamma$ (1/s)	$\tau$ (Pa)	$\eta$ (Pa·s)	T (°C)	T (s)	$\gamma$ (1/s)	$\tau$ (Pa)	$\eta$ (Pa·s)	T (°C)	T (s)	$\gamma$ (1/s)	$\tau$ (Pa)	$\eta$ (Pa·s)	T (°C)	T (s)	$\gamma$ (1/s)	$\tau$ (Pa)	$\eta$ (Pa·s)	T (°C)
124,45	4,100	0,0760	0,0185	20,00	124,4	4,102	0,0781	0,0190	19,99	124,4	4,101	0,0783	0,0191	20,00	124,45	4,103	0,0764	0,0186	19,99	124,42	4,102	0,0771	0,0188	19,99
128,45	10,770	0,0871	0,0081	20,00	128,4	10,770	0,0907	0,0084	19,99	128,4	10,770	0,0918	0,0085	20,00	128,45	10,770	0,0865	0,0080	19,99	128,42	10,770	0,0880	0,0082	19,99
132,45	17,430	0,0988	0,0057	20,00	132,4	17,430	0,1031	0,0059	19,99	132,4	17,430	0,1042	0,0060	20,00	132,45	17,430	0,0971	0,0056	20,00	132,42	17,430	0,0993	0,0057	19,99
136,45	24,095	0,1105	0,0046	20,00	136,4	24,095	0,1162	0,0048	19,99	136,4	24,100	0,1169	0,0049	20,00	136,45	24,100	0,1072	0,0044	20,00	136,42	24,098	0,1109	0,0046	19,99
140,45	30,760	0,1232	0,0040	20,00	140,4	30,760	0,1281	0,0042	20,00	140,4	30,760	0,1295	0,0042	20,00	140,45	30,760	0,1186	0,0039	20,00	140,42	30,760	0,1220	0,0040	19,99
144,45	37,430	0,1354	0,0036	20,00	144,4	37,425	0,1413	0,0038	20,00	144,4	37,420	0,1420	0,0038	20,00	144,45	37,425	0,1292	0,0035	20,00	144,42	37,426	0,1338	0,0036	19,99
148,45	44,090	0,1486	0,0034	20,00	148,4	44,090	0,1524	0,0035	20,00	148,4	44,090	0,1554	0,0035	20,00	148,45	44,090	0,1414	0,0032	20,00	148,42	44,090	0,1451	0,0033	20,00
152,45	50,750	0,1622	0,0032	20,00	152,4	50,750	0,1652	0,0033	20,00	152,4	50,750	0,1676	0,0033	20,00	152,45	50,750	0,1543	0,0030	20,00	152,42	50,750	0,1570	0,0031	20,00
156,45	57,420	0,1733	0,0030	20,00	156,4	57,420	0,1791	0,0031	20,00	156,4	57,415	0,1821	0,0032	20,00	156,45	57,420	0,1641	0,0029	20,00	156,42	57,418	0,1691	0,0029	20,00
160,45	64,075	0,1875	0,0029	20,00	160,4	64,085	0,1921	0,0030	20,00	160,4	64,080	0,1940	0,0030	20,00	160,45	64,080	0,1764	0,0028	20,00	160,42	64,084	0,1823	0,0028	20,00
164,45	70,745	0,1998	0,0028	20,00	164,4	70,745	0,2071	0,0029	20,00	164,4	70,745	0,2086	0,0029	20,00	164,45	70,740	0,1869	0,0026	20,00	164,42	70,746	0,1940	0,0027	20,00
168,45	77,410	0,2167	0,0028	20,00	168,4	77,410	0,2188	0,0028	20,00	168,4	77,410	0,2213	0,0029	20,00	168,45	77,410	0,2030	0,0026	20,00	168,42	77,410	0,2060	0,0027	20,00
172,45	84,070	0,2301	0,0027	20,00	172,4	84,075	0,2335	0,0028	20,00	172,4	84,070	0,2344	0,0028	20,00	172,45	84,070	0,2130	0,0025	20,00	172,42	84,072	0,2197	0,0026	20,00
176,45	90,735	0,2431	0,0027	20,00	176,4	90,740	0,2446	0,0027	20,00	176,4	90,735	0,2510	0,0028	20,00	176,45	90,735	0,2253	0,0025	20,00	176,42	90,740	0,2313	0,0025	20,00
180,45	97,400	0,2533	0,0026	20,00	180,4	97,400	0,2612	0,0027	20,00	180,4	97,405	0,2650	0,0027	20,00	180,45	97,400	0,2372	0,0024	20,00	180,42	97,404	0,2453	0,0025	20,00
184,45	104,100	0,2653	0,0025	20,00	184,4	104,100	0,2752	0,0026	20,00	184,4	104,100	0,2809	0,0027	20,00	184,45	104,100	0,2484	0,0024	20,00	184,42	104,100	0,2588	0,0025	20,00
188,45	110,700	0,2827	0,0026	20,00	188,4	110,700	0,2907	0,0026	20,00	188,4	110,700	0,2931	0,0026	20,00	188,45	110,700	0,2657	0,0024	20,00	188,42	110,700	0,2727	0,0025	20,00
192,45	117,400	0,2931	0,0025	20,00	192,4	117,400	0,3075	0,0026	20,00	192,4	117,400	0,3081	0,0026	20,00	192,45	117,400	0,2767	0,0024	20,00	192,42	117,400	0,2873	0,0024	20,00
196,45	124,100	0,3091	0,0025	20,00	196,4	124,100	0,3188	0,0026	20,00	196,4	124,100	0,3255	0,0026	20,00	196,45	124,100	0,2926	0,0024	20,00	196,42	124,100	0,3002	0,0024	20,00
200,45	130,700	0,3222	0,0025	20,00	200,4	130,700	0,3342	0,0026	20,00	200,4	130,700	0,3412	0,0026	20,00	200,45	130,700	0,3038	0,0023	20,00	200,42	130,700	0,3153	0,0024	20,00
204,45	137,400	0,3363	0,0024	20,00	204,4	137,400	0,3486	0,0025	20,00	204,4	137,400	0,3587	0,0026	20,00	204,45	137,400	0,3158	0,0023	20,00	204,42	137,400	0,3296	0,0024	20,00
208,45	144,050	0,3560	0,0025	20,00	208,4	144,100	0,3659	0,0025	20,00	208,4	144,050	0,3705	0,0026	20,00	208,45	144,100	0,3343	0,0023	20,00	208,42	144,060	0,3452	0,0024	20,00
212,45	150,700	0,3682	0,0024	20,00	212,4	150,700	0,3834	0,0025	20,00	212,4	150,700	0,3867	0,0026	20,00	212,45	150,700	0,3482	0,0023	20,00	212,42	150,700	0,3614	0,0024	20,00
216,45	157,400	0,3837	0,0024	20,00	216,4	157,400	0,3954	0,0025	20,00	216,4	157,400	0,4058	0,0026	20,00	216,45	157,400	0,3796	0,0024	20,00	216,42	157,400	0,3765	0,0024	20,00
220,45	164,000	0,4067	0,0025	20,00	220,4	164,000	0,4144	0,0025	20,00	220,4	164,000	0,4227	0,0026	20,00	220,45	164,000	0,4138	0,0025	20,00	220,42	164,000	0,4040	0,0025	20,00
224,45	170,700	0,4504	0,0026	20,00	224,4	170,700	0,4329	0,0025	20,00	224,4	170,700	0,4413	0,0026	20,00	224,45	170,700	0,4460	0,0026	20,00	224,42	170,700	0,4471	0,0026	20,00
228,45	177,400	0,4927	0,0028	20,00	228,4	177,400	0,4683	0,0026	20,00	228,4	177,400	0,4594	0,0026	20,00	228,45	177,400	0,4866	0,0027	20,00	228,42	177,400	0,4862	0,0027	20,00
232,45	184,000	0,5311	0,0029	20,00	232,4	184,000	0,5139	0,0028	20,00	232,4	184,000	0,5017	0,0027	20,00	232,45	184,000	0,5081	0,0028	20,00	232,42	184,000	0,5256	0,0029	20,00
236,45	190,700	0,5670	0,0030	20,00	236,4	190,700	0,5523	0,0029	20,00	236,4	190,700	0,5484	0,0029	20,00	236,45	190,700	0,5345	0,0028	20,00	236,42	190,700	0,5634	0,0030	20,00
240,45	197,400	0,5769	0,0029	20,00	240,4	197,400	0,5954	0,0030	20,00	240,4	197,400	0,5898	0,0030	20,00	240,45	197,400	0,5547	0,0028	20,00	240,42	197,400	0,5740	0,0029	20,00
241,45	199,900	18,0850	0,0904	20,00	241,4	199,900	7,1420	0,0357	20,00	241,4	199,950	5,7405	0,0287	20,00	241,45	199,950	9,2940	0,0465	20,00	241,44	199,920	14,3604	0,0718	20,00
245,55	195,700	0,4193	0,0021	20,00	245,5	195,700	0,4446	0,0023	20,00	245,5	195,700	0,4396	0,0022	20,00	245,55	195,700	0,4033	0,0021	20,00	245,52	195,700	0,4174	0,0021	20,00
249,55	189,000	0,3919	0,0021	20,00	249,5	189,050	0,4067	0,0022	20,00	249,5	189,050	0,3945	0,0021	20,00	249,55	189,050	0,3775	0,0020	20,00	249,52	189,040	0,3924	0,0021	20,00
253,55	182,400	0,3668	0,0020	20,00	253,5	182,400	0,3601	0,0020	20,00	253,5	182,400	0,3565	0,0020	20,00	253,55	182,400	0,3523	0,0019	20,00	253,52	182,400	0,3631	0,0020	20,00
257,55	175,700	0,3371	0,0019	20,00	257,5	175,700	0,3255	0,0019	20,00	257,5	175,700	0,3163	0,0018	20,00	257,55	175,700	0,3256	0,0019	20,00	257,52	175,700	0,3354	0,0019	20,00
261,55	169,050	0,2981	0,0018	20,00	261,5	169,150	0,2967	0,0018	20,00	261,5	169,100	0,2984	0,0018	20,00	261,55	169,100	0,2990	0,0018	20,00	261,52	169,100	0,2987	0,0018	20,00
265,55	162,700	0,2649	0,0016	20,00	265,5	162,700	0,2707	0,0017	20,00	265,5	162,700	0,2768	0,0017	20,00	265,55	162,700	0,2664	0,0016	20,00	265,52	162,700	0,2654	0,0016	20,00
269,55	156,100	0,2317	0,0015	20,00	269,5	156,100	0,2540	0,0016	20,00	269,5	156,100	0,2626	0,0017	20,00	269,55	156,100	0,2322	0,0015	20,00	269,52	156,100	0,2345	0,0015	20,00
273,55	149,400																							

321.55	69.430	0,0503	0,0007	20,00	321,5	69,435	0,0613	0,0009	20,00	321,5	69,435	0,0670	0,0010	20,00	321,55	69,430	0,0434	0,0006	20,00	321,52	69,430	0,0507	0,0007	20,00
325.55	62.760	0,0381	0,0006	20,00	325,5	62,770	0,0492	0,0008	20,00	325,5	62,775	0,0524	0,0008	20,00	325,55	63,180	0,0405	0,0006	20,00	325,52	62,768	0,0390	0,0006	20,00
329.55	56.605	0,0259	0,0005	20,00	329,5	56,105	0,0356	0,0006	20,00	329,5	56,105	0,0408	0,0007	20,00	329,55	56,605	0,0204	0,0004	20,00	329,52	56,610	0,0288	0,0005	20,00
333.55	49.935	0,0138	0,0003	20,00	333,5	49,945	0,0253	0,0005	20,00	333,5	49,785	0,0371	0,0007	20,00	333,55	49,980	0,0120	0,0002	20,00	333,52	49,932	0,0163	0,0003	20,00
337.55	43.545	0,0088	0,0002	20,00	337,5	43,275	0,0119	0,0003	20,00	337,5	43,275	0,0159	0,0004	20,00	337,55	43,715	0,0011	0,0000	20,00	337,52	43,512	0,0108	0,0002	20,00
341.55	37.035	0,0072	0,0002	20,00	341,5	37,050	0,0021	0,0001	20,00	341,5	36,915	0,0097	0,0003	20,00	341,55	37,045	0,0104	0,0003	20,00	341,52	37,042	0,0062	0,0002	20,00
345.55	30.375	0,0193	0,0006	20,00	345,5	30,375	0,0119	0,0004	20,00	345,5	30,380	0,0094	0,0003	20,00	345,55	30,375	0,0243	0,0008	20,00	345,52	30,374	0,0177	0,0006	20,00
349.55	23.225	0,0353	0,0015	20,00	349,5	23,715	0,0263	0,0011	20,00	349,5	23,710	0,0227	0,0010	20,00	349,55	23,210	0,0326	0,0014	20,00	349,52	23,330	0,0369	0,0016	20,00
353.55	16.550	0,0425	0,0026	20,00	353,5	16,545	0,0380	0,0023	20,00	353,5	16,545	0,0367	0,0022	20,00	353,55	16,550	0,0434	0,0026	20,00	353,52	16,550	0,0409	0,0025	20,00
357.55	9.885	0,0529	0,0054	20,00	357,5	9,890	0,0497	0,0050	20,00	357,5	9,890	0,0488	0,0049	20,00	357,55	9,889	0,0531	0,0054	20,00	357,52	9,887	0,0519	0,0052	20,00
361.55	3.221	0,0636	0,0197	20,00	361,5	3,226	0,0621	0,0192	20,00	361,5	3,226	0,0618	0,0192	20,00	361,55	3,224	0,0635	0,0197	20,00	361,52	3,223	0,0630	0,0196	20,00

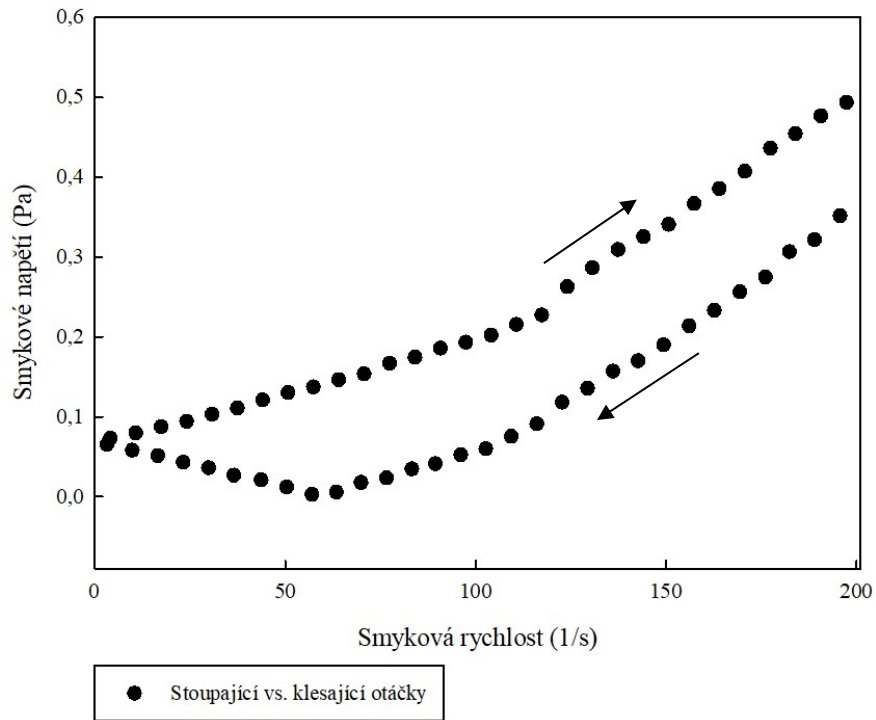




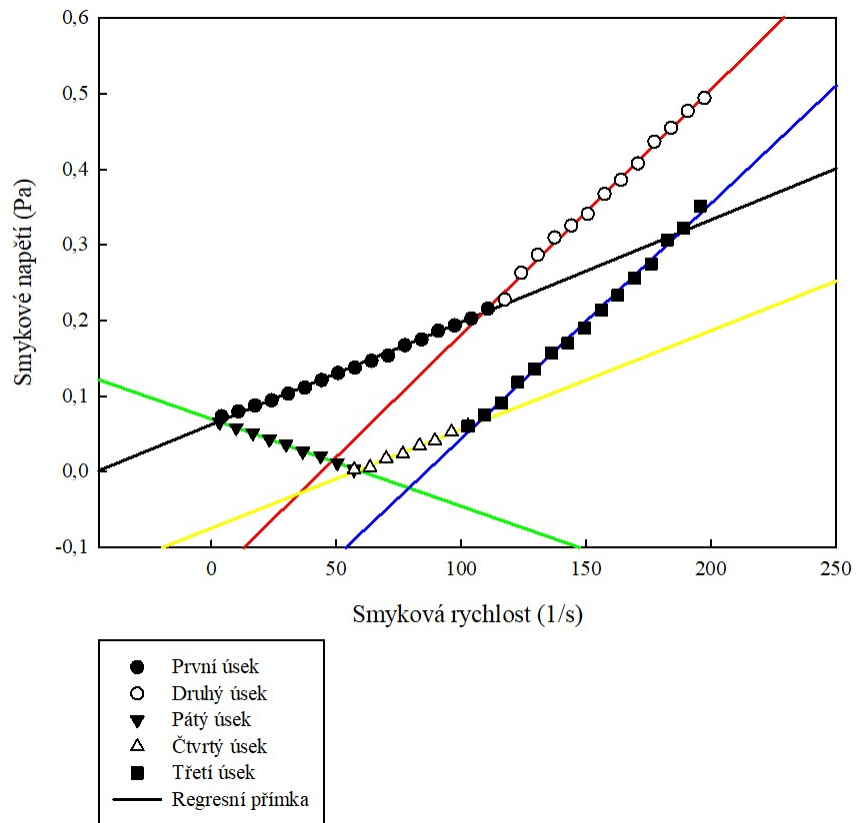
Obrázek 16 Toková křivka pro vzorek Malina 1



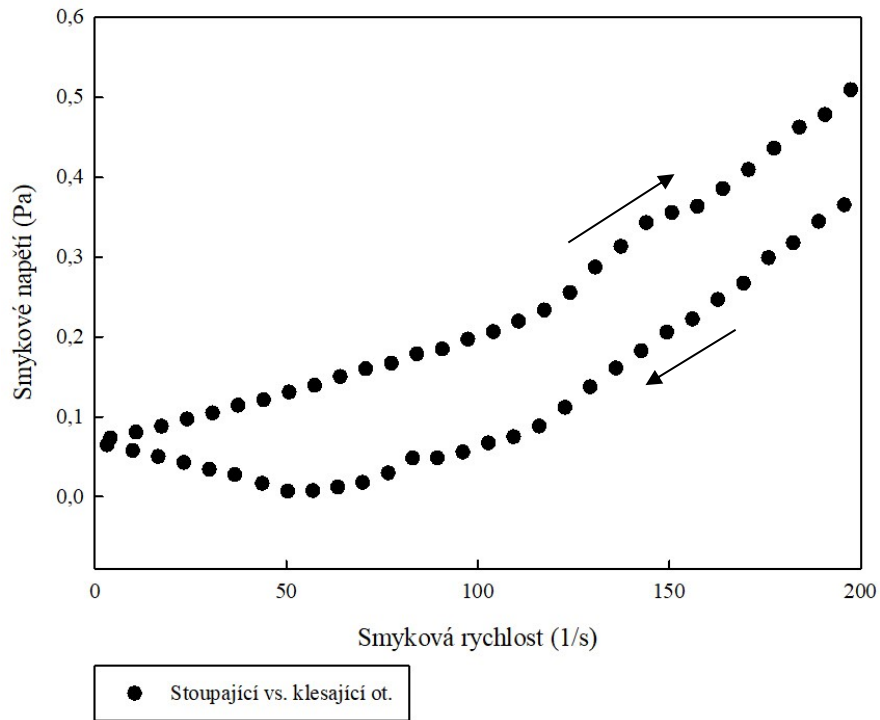
Obrázek 17 Vyhodnocení tokové křivky



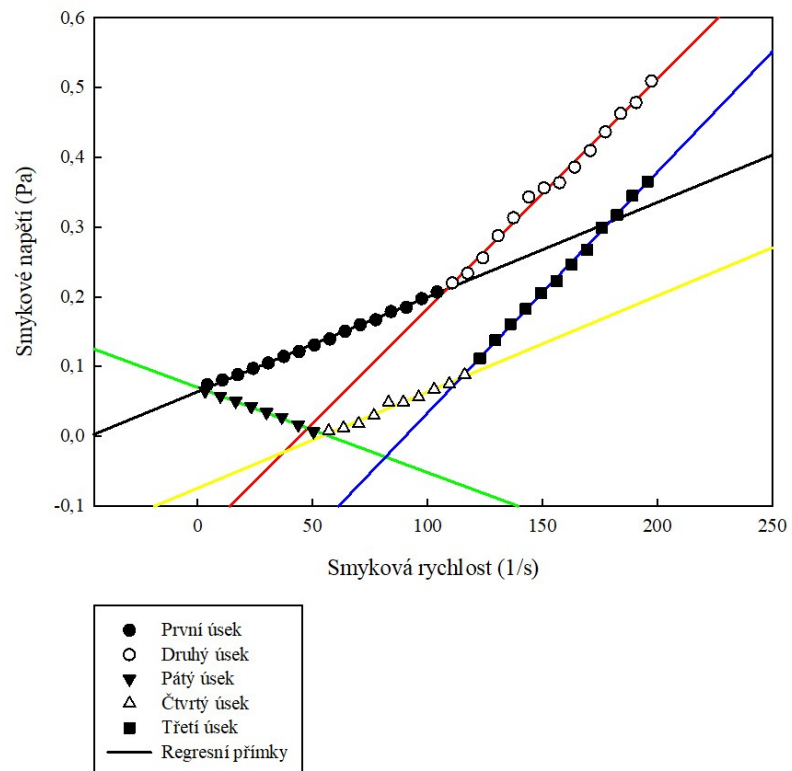
Obrázek 18 Toková křivka pro vzorek Chlorofyl 1



Obrázek 19 Vyhodnocení tokové křivky



Obrázek 20 Toková křivka pro vzorek  $\beta$ -karoten 1



Obrázek 21 Vyhodnocení tokové křivky

Tabulka 15 Průsečíky změny viskozity

Barvivo	Koeficienty rovnice z přímek						Průsečík (x)	
		Černá	Červená	Modrá	Žlutá	Zelená	Stoupající ot.	Klesající ot.
Malina	q <sub>1,2</sub>	0,0671	-0,1005	0,0701	-0,0900	-0,2651	<b>96,72</b>	<b>65,65</b>
	k <sub>1,2</sub>	0,0012	0,0029	-0,0010	0,0014	0,0030		<b>107,19</b>
Chlorofyl	q <sub>1,2</sub>	0,0624	-0,1423	0,0698	-0,0745	-0,2673	<b>108,63</b>	<b>58,68</b>
	k <sub>1,2</sub>	0,0014	0,0032	-0,0012	0,0013	0,0031		<b>106,87</b>
B-karoten	q <sub>1,2</sub>	0,0671	-0,1458	0,0701	-0,0742	-0,3116	<b>108,58</b>	<b>55,49</b>
	k <sub>1,2</sub>	0,0012	0,0033	-0,0012	0,0014	0,0035		<b>114,49</b>

Výsledky podle modelu Herschel-Bulkley se nachází v tabulce 16. Mez toku  $\tau_0$  se u vzorků pohybuje okolo hodnoty 0,1 Pa. K neboli koeficient konzistence je velmi nízký, pohybuje se v hodnotách  $10^{-4}$  až  $10^{-5}$ . Index toku n se pohybuje nad hodnotou 1, což značí, že se jedná o látku houstnoucí se zvyšujícím smykovým napětím. (USACE Hydrologic Engineering Center 2024)

Tabulka 16 Model Herschel-Bulkley

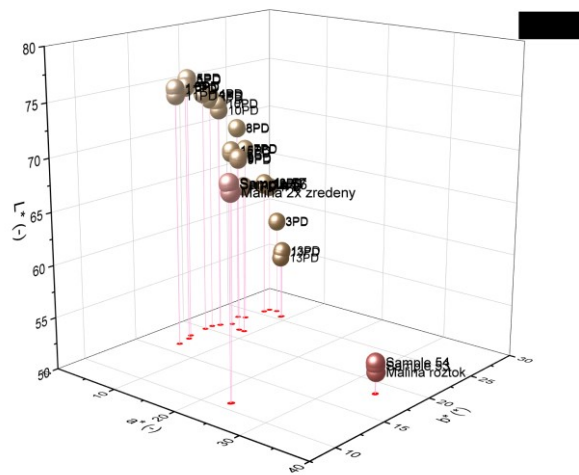
	Malina			Chlorofyl			B-karoten		
	$\tau_0$ (Pa)	K (Pa·s <sup>n</sup> )	n	$\tau_0$ (Pa)	K (Pa·s <sup>n</sup> )	n	$\tau_0$ (Pa)	K (Pa·s <sup>n</sup> )	n
1	0,0829 <sup>a</sup>	3,88·10 <sup>-5a</sup>	1,763 <sup>a</sup>	0,0852 <sup>a</sup>	2,79·10 <sup>-5a</sup>	1,819 <sup>a</sup>	0,0868 <sup>a</sup>	2,75·10 <sup>-5a</sup>	1,824 <sup>a</sup>
2	0,0990 <sup>a</sup>	5,92·10 <sup>-5a</sup>	1,690 <sup>a</sup>	0,0865 <sup>a</sup>	5,10·10 <sup>-4a</sup>	1,295 <sup>a</sup>	0,0763 <sup>a</sup>	1,14·10 <sup>-3a</sup>	1,144 <sup>a</sup>
3	0,0820 <sup>a</sup>	3,10·10 <sup>-5a</sup>	1,800 <sup>a</sup>	0,0875 <sup>a</sup>	2,41·10 <sup>-5a</sup>	1,848 <sup>a</sup>	0,0878 <sup>a</sup>	2,52·10 <sup>-5a</sup>	1,841 <sup>a</sup>
4	0,0997 <sup>a</sup>	2,77·10 <sup>-5a</sup>	1,833 <sup>a</sup>	0,0961 <sup>a</sup>	2,61·10 <sup>-5a</sup>	1,845 <sup>a</sup>	0,0932 <sup>a</sup>	2,36·10 <sup>-4a</sup>	1,431 <sup>a</sup>
5	0,0794 <sup>a</sup>	3,83·10 <sup>-5a</sup>	1,752 <sup>a</sup>	0,0842 <sup>a</sup>	2,80·10 <sup>-5a</sup>	1,818 <sup>a</sup>	0,0854 <sup>a</sup>	3,56·10 <sup>-5a</sup>	1,768 <sup>a</sup>
6	0,0930 <sup>a</sup>	2,93·10 <sup>-5a</sup>	1,816 <sup>a</sup>	0,0931 <sup>a</sup>	2,11·10 <sup>-4a</sup>	1,453 <sup>a</sup>	0,0888 <sup>a</sup>	3,99·10 <sup>-4a</sup>	1,338 <sup>a</sup>
7	0,0802 <sup>a</sup>	3,27·10 <sup>-5a</sup>	1,784 <sup>a</sup>	0,0834 <sup>a</sup>	3,61·10 <sup>-5a</sup>	1,773 <sup>a</sup>	0,0855 <sup>a</sup>	2,67·10 <sup>-5a</sup>	1,829 <sup>a</sup>
8	0,0938 <sup>a</sup>	2,87·10 <sup>-5a</sup>	1,823 <sup>a</sup>	0,1016 <sup>a</sup>	4,06·10 <sup>-5a</sup>	1,769 <sup>a</sup>	0,1007 <sup>a</sup>	5,57·10 <sup>-5a</sup>	1,706 <sup>a</sup>
9	0,0784 <sup>a</sup>	4,00·10 <sup>-5a</sup>	1,741 <sup>a</sup>	0,0822 <sup>a</sup>	4,62·10 <sup>-5a</sup>	1,736 <sup>a</sup>	0,0820 <sup>a</sup>	3,70·10 <sup>-5a</sup>	1,763 <sup>a</sup>
10	0,1015 <sup>a</sup>	6,76·10 <sup>-5a</sup>	1,680 <sup>a</sup>	0,0780 <sup>a</sup>	9,92·10 <sup>-4a</sup>	1,165 <sup>a</sup>	0,0766 <sup>a</sup>	1,71·10 <sup>-3a</sup>	1,074 <sup>a</sup>
11	0,1021 <sup>a</sup>	4,13·10 <sup>-5a</sup>	1,765 <sup>a</sup>	0,1017 <sup>a</sup>	4,46·10 <sup>-5a</sup>	1,748 <sup>a</sup>	0,1002 <sup>a</sup>	8,52·10 <sup>-5a</sup>	1,639 <sup>a</sup>
12	0,1000 <sup>a</sup>	3,50·10 <sup>-5a</sup>	1,787 <sup>a</sup>	0,0948 <sup>a</sup>	2,94·10 <sup>-5a</sup>	1,823 <sup>a</sup>	0,0986 <sup>a</sup>	1,54·10 <sup>-4a</sup>	1,511 <sup>a</sup>
13	0,1029 <sup>a</sup>	7,00·10 <sup>-5a</sup>	1,660 <sup>a</sup>	0,1006 <sup>a</sup>	4,06·10 <sup>-5a</sup>	1,764 <sup>a</sup>	0,0949 <sup>a</sup>	2,43·10 <sup>-4a</sup>	1,424 <sup>a</sup>
14	0,0931 <sup>a</sup>	3,55·10 <sup>-5a</sup>	1,781 <sup>a</sup>	0,0934 <sup>a</sup>	2,94·10 <sup>-5a</sup>	1,818 <sup>a</sup>	0,1000 <sup>a</sup>	4,48·10 <sup>-5a</sup>	1,746 <sup>a</sup>
15	0,0962 <sup>a</sup>	3,44·10 <sup>-5a</sup>	1,793 <sup>a</sup>	0,0976 <sup>a</sup>	2,88·10 <sup>-5a</sup>	1,832 <sup>a</sup>	0,1034 <sup>a</sup>	4,39·10 <sup>-5a</sup>	1,750 <sup>a</sup>

#### 6.4 Stanovení trichromatických charakteristik CIE L\*a\*b\*

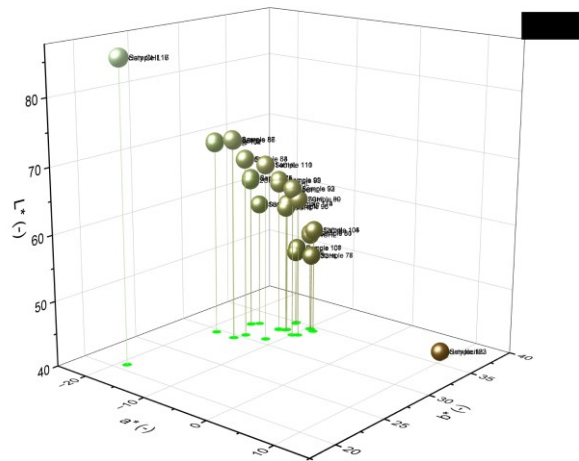
Výsledné hodnoty z měření kolorimetrie se nachází v tabulce 17. Pro větší přehlednost výsledků byly vygenerovány 3D grafy na obrázcích 22, 23 a 24. U vzorků Malina byly rozdíly v barevnosti poměrně významné, kdy největší rozdíl byl mezi vzorky čistého 1% roztoku malinového prášku, vzorku 13 a vzorku 11. Zde už jde o rušivé rozdíly. U vzorků Chlorofyl je největší rozdíl mezi vzorky čistého 0,02% roztoku a vzorkem 13. Také jde o rušivé rozdíly. Je zde také velké množství slabých a jasně viditelných rozdílů, např. mezi vzorky 5 a 6 nebo 9 a 10. Rušivý rozdíl u vzorků  $\beta$ -karoten je mezi vzorky 6 a 13.

Tabulka 17 Výsledky měření kolorimetrie

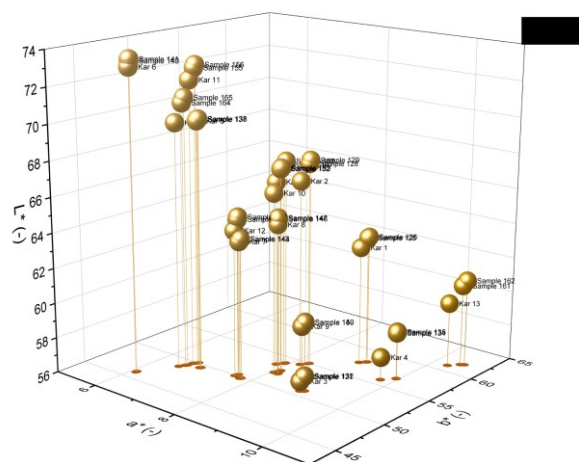
Malina					Chlorofyl					B-karoten				
Dest. voda	L*	a*	b*	dE*	Dest. voda	L*	a*	b*	dE*	Dest. voda	L*	a*	b*	dE*
	100	-0,01	0	-		100	-0,01	0	-		100	-0,01	0	-
1	64,82	8,72	21,39	42,09	1	59,60	-15,97	32,93	54,37	1	63,15	9,01	57,72	69,08
2	73,22	4,20	20,65	34,08	2	63,73	-16,70	32,45	51,31	2	67,34	8,23	54,81	64,33
3	59,59	6,95	26,29	48,71	3	52,13	-9,40	34,48	59,58	3	56,75	9,02	50,89	67,39
4	63,11	5,85	26,15	45,60	4	55,57	-9,67	34,50	56,93	4	58,23	9,89	56,44	70,91
5	75,48	4,48	18,17	30,85	5	68,08	-14,53	30,47	46,31	5	70,14	6,86	49,48	58,20
6	74,93	5,10	17,62	31,06	6	71,31	-15,07	29,49	43,67	6	73,33	6,10	46,05	53,57
7	67,57	5,37	23,67	40,51	7	61,85	-9,36	32,94	51,11	7	63,92	7,77	49,86	62,04
8	69,62	4,44	23,39	38,60	8	63,44	-9,95	32,67	49,88	8	64,80	8,14	52,20	63,48
9	67,46	7,86	21,37	39,71	9	60,01	-11,74	33,18	53,12	9	59,45	8,81	51,94	66,48
10	72,31	4,72	21,23	35,21	10	63,97	-12,62	32,94	50,27	10	67,15	8,08	52,50	62,45
11	74,79	5,47	16,42	30,58	11	70,35	-18,18	29,55	45,49	11	72,65	6,65	49,91	57,31
12	63,55	5,71	25,61	44,92	12	56,49	-8,73	34,27	55,91	12	64,77	7,62	50,13	61,74
13	56,70	8,79	25,61	51,07	13	52,20	-12,44	34,84	60,29	13	60,44	10,43	61,56	73,92
14	73,71	4,25	19,89	33,24	14	67,62	-11,61	30,79	46,02	14	70,72	6,56	49,01	57,47
15	67,78	5,70	21,94	39,41	15	60,41	-11,74	33,27	52,88	15	67,26	7,88	53,75	63,43
Č. Mal.	52,57	34,42	18,25	61,40	Č. Chl.	85,57	-18,83	20,78	31,42					
Mal. 2x zř.	69,53	23,32	10,88	39,89	Č. lecitin	40,15	8,29	36,81	70,60					



Obrázek 22 3D graf kolorimetrie Malina



Obrázek 23 3D graf kolorimetrie Chlorofyl



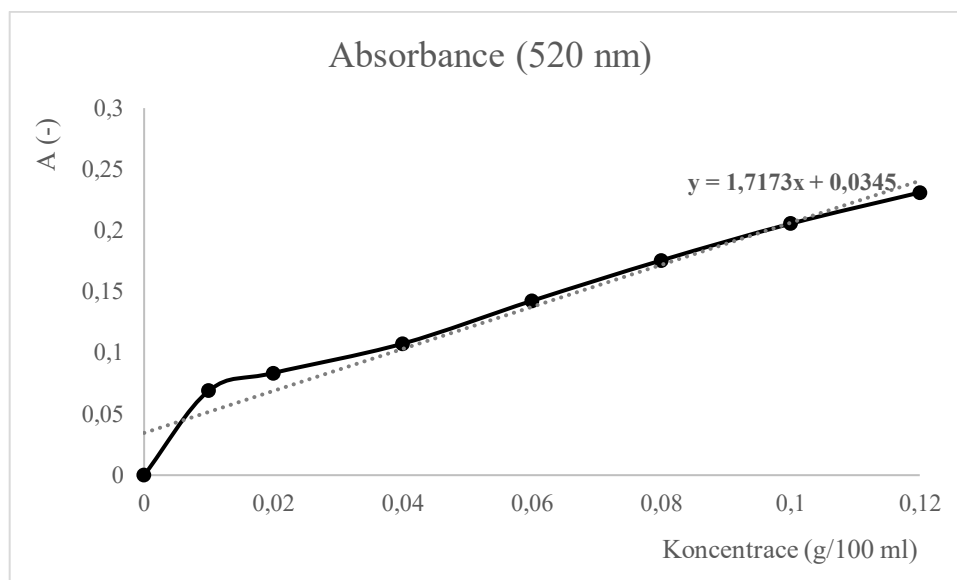
Obrázek 24 3D graf kolorimetrie beta-karoten

## 6.5 Enkapsulační účinnost

Pro zjištění množství enkapsulované látky ve vzorcích s malinovým práškem a  $\beta$ -karotenem byly vytvořeny kalibrační křivky s koncentrační řadou uvedenou v tabulce. Graf s rovnicí pro zjištění celkové koncentrace ve vzorcích je na obrázcích 25 a 26. Výsledky enkapsulační účinnosti všech vzorků se nacházejí v tabulkách 18, 19 a 20. Pro zjištění enkapsulační účinnosti ve vzorcích s měďnatými komplexy chlorofylů byl stanoven obsah mědi v celém vzorku a následně supernatantu pomocí ICP-MS.

Výsledky jsou u všech barviv velmi rozlišné, kdy nejlepší enkapsulace proběhla u vzorku s malinovým práškem s hodnotou 84,61 % u vzorku 11. U  $\beta$ -karotenu je to vzorek 4 s 68,59% enkapsulační účinností. Naopak nejnižší u malinového prášku činila 36,17 % a u  $\beta$ -karotenu 6,26 %.

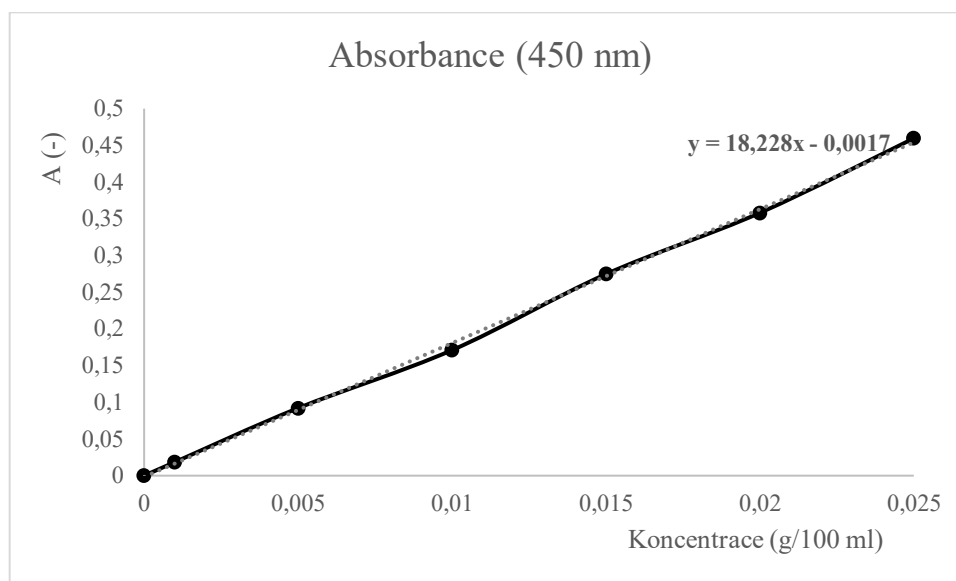
Co se týče vzorků s chlorofylem, výsledky vzorků 3, 4 a 5 vyšly záporně. Ostatní enkapsulační účinnosti se pohybují v jednotkách procent, pouze 1 a 10 přesáhly hodnotu 10 %. Je nutné podotknout, že měření proběhlo na více než měsíc starých vzorcích. Je tedy možné, že metoda je vhodná, ale ve vzorcích došlo k rozpadu lipozomů a uvolnění barviva do vodního prostředí.



Obrázek 25 Kalibrační křivka pro malinový prášek

Tabulka 18 Enkapsulační účinnost Malina

	A (520 nm)			c (g/100 ml)				EE (%)
	Vzorek	SP	Supernatant	W <sub>t</sub>	SP	W <sub>t</sub> - SP	W <sub>s</sub>	
1	1,220	0,719	0,211	0,6903	0,3986	0,2917	0,1028	<b>64,77</b>
2	1,086	0,780	0,165	0,6123	0,4341	0,1782	0,0760	<b>57,35</b>
3	1,488	1,056	0,254	0,8464	0,5948	0,2516	0,1278	<b>49,19</b>
4	1,438	1,120	0,222	0,8173	0,6321	0,1852	0,1092	<b>41,04</b>
5	0,840	0,514	0,140	0,4691	0,2792	0,1898	0,0611	<b>67,79</b>
6	0,970	0,601	0,133	0,5448	0,3299	0,2149	0,0571	<b>73,44</b>
7	1,132	0,854	0,198	0,6391	0,4772	0,1619	0,0952	<b>41,19</b>
8	1,100	0,865	0,185	0,6205	0,4836	0,1368	0,0873	<b>36,17</b>
9	1,260	0,815	0,177	0,7136	0,4545	0,2591	0,0830	<b>67,98</b>
10	1,150	0,763	0,156	0,6496	0,4242	0,2254	0,0705	<b>68,73</b>
11	1,098	0,458	0,133	0,6193	0,2466	0,3727	0,0574	<b>84,61</b>
12	1,334	0,964	0,211	0,7567	0,5413	0,2155	0,1025	<b>52,43</b>
13	1,704	1,050	0,281	0,9722	0,5913	0,3808	0,1432	<b>62,39</b>
14	0,965	0,635	0,191	0,5418	0,3497	0,1922	0,0908	<b>52,73</b>
15	1,300	0,775	0,216	0,7369	0,4312	0,3057	0,1059	<b>65,35</b>

Obrázek 26 Kalibrační křivka pro  $\beta$ -karoten



Tabulka 19 Enkapsulační účinnost  $\beta$ -karotenu

	A (450 nm)			c (g/100 ml)				EE (%)
	Vzorek	SP	Supernatant	W <sub>t</sub>	SP	W <sub>t</sub> - SP	W <sub>s</sub>	
1	1,784	0,952	0,446	0,0980	0,0523	0,0456	0,0246	<b>46,19</b>
2	1,620	0,863	0,260	0,0890	0,0474	0,0415	0,0144	<b>65,43</b>
3	1,944	1,376	0,499	0,1067	0,0756	0,0312	0,0274	<b>11,94</b>
4	1,976	0,667	0,410	0,1085	0,0367	0,0718	0,0226	<b>68,59</b>
5	1,784	0,952	0,326	0,0980	0,0523	0,0456	0,0180	<b>60,67</b>
6	1,274	0,680	0,237	0,0700	0,0374	0,0326	0,0131	<b>59,81</b>
7	1,520	1,080	0,396	0,0835	0,0593	0,0241	0,0218	<b>9,61</b>
8	1,540	1,065	0,355	0,0846	0,0585	0,0261	0,0196	<b>24,91</b>
9	1,750	1,050	0,460	0,0961	0,0577	0,0384	0,0253	<b>34,04</b>
10	1,620	1,102	0,265	0,0890	0,0605	0,0284	0,0146	<b>48,61</b>
11	1,150	0,614	0,272	0,0632	0,0338	0,0294	0,0150	<b>48,94</b>
12	1,604	1,210	0,232	0,0881	0,0665	0,0216	0,0128	<b>40,61</b>
13	1,860	1,240	0,538	0,1021	0,0681	0,0340	0,0296	<b>12,95</b>
14	1,298	0,859	0,373	0,0711	0,0472	0,0239	0,0206	<b>13,98</b>
15	1,500	1,048	0,422	0,0824	0,0576	0,0248	0,0232	<b>6,26</b>

Tabulka 20 Enkapsulační účinnost Chlorofyl

Č. vzorku	Celý vzorek		Supernatant		EE(%)
	<sup>63</sup> Cu (ppb)	SD	<sup>63</sup> Cu (ppb)	SD	
1	455,8	±4,9	394,2	±11,4	<b>13,51</b>
2	421,8	±5,5	401,0	±10,6	<b>4,93</b>
3	373,3	±1,4	390,1	±2,5	<b>-4,50</b>
4	324,3	±3,5	343,0	±4,5	<b>-5,77</b>
5	341,7	±2,3	348,8	±2,5	<b>-2,08</b>
6	302,8	±5,8	287,5	±2,6	<b>5,05</b>
7	287,1	±4,9	281,4	±5,6	<b>1,99</b>
8	265,8	±3,8	260,7	±2,4	<b>1,92</b>
9	355,0	±2,2	334,9	±2,0	<b>5,66</b>
10	313,1	±5,2	262,9	±4,2	<b>16,03</b>
11	393,1	±2,7	359,8	±4,8	<b>8,47</b>
12	311,3	±2,6	300,8	±3,3	<b>3,37</b>
13	442,0	±3,5	420,3	±1,7	<b>4,91</b>
14	279,9	±2,8	274,8	±4,3	<b>1,82</b>
15	334,2	±2,4	317,6	±3,4	<b>4,97</b>

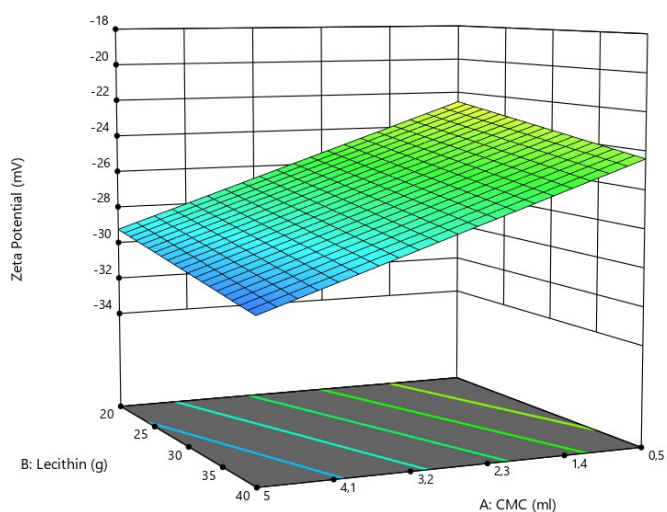
## 6.6 Návrh experimentu

Po vyhodnocení všech dat byly do programu Design-Expert 13 (Stat-Ease Inc., USA) vybrány 4 hlavní parametry: medián velikosti částic (Dynamic Scattering),  $\zeta$ -potenciál (Zeta Potential), PDI, EE% (Encapsulation Efficiency). Po vyhodnocení program vygeneruje

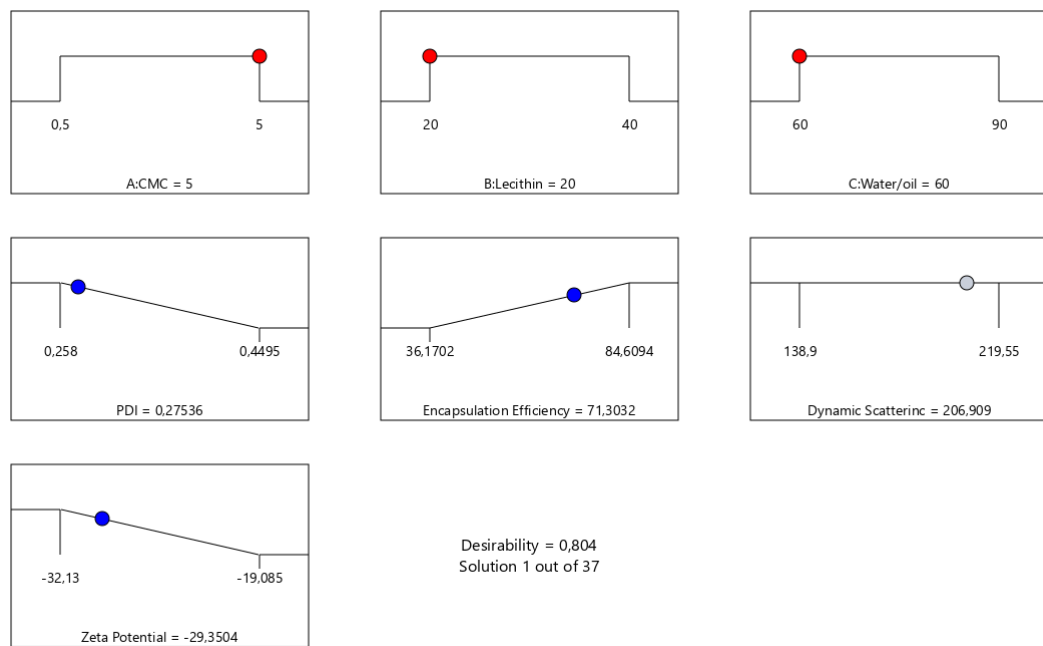
několik možností (Solutions) poměru vody, lecitinu a CMC a očekávané výsledky měření. Ty hodnotí podle vhodnosti (Desirability), kterou vyjadřuje číslem 0–1, kdy číslo blíží se 1 znamená nejlepší výsledek s největší jistotou. Ideální jsou hodnoty nad 0,8.

Na obrázku 27 lze vidět programem vygenerovaný 3D graf pro výsledky  $\zeta$ -potenciálu u vzorků s malinovým práškem. Lze z něj celkem přehledně vyčíst, že s přidavkem lecitinu i CMC se  $\zeta$ -potenciál snížil. Na obrázku 28 je pak již vygenerována nejvhodnější receptura pro vzorek s žádanými parametry. Pro malinový prášek bylo rozhodnuto vynechání parametru velikosti částic z důvodu nejmenší důležitosti v hledání nejlepší kombinace. Na obrázku je vyjádřena i vhodnost, která činí 0,804.

Vzhledem k výsledkům EE% chlorofylu (tabulka 18) bylo rozhodnuto, že tyto vzorky nebudou pomocí programu vyhodnocovány.

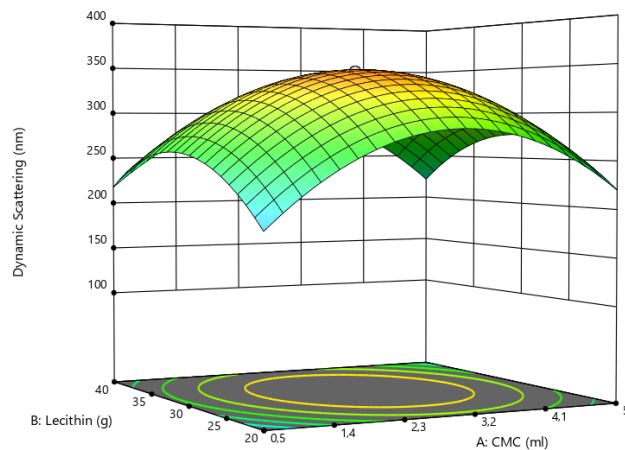


Obrázek 27 3D graf pro  $\zeta$ -potenciál u vzorku Malina

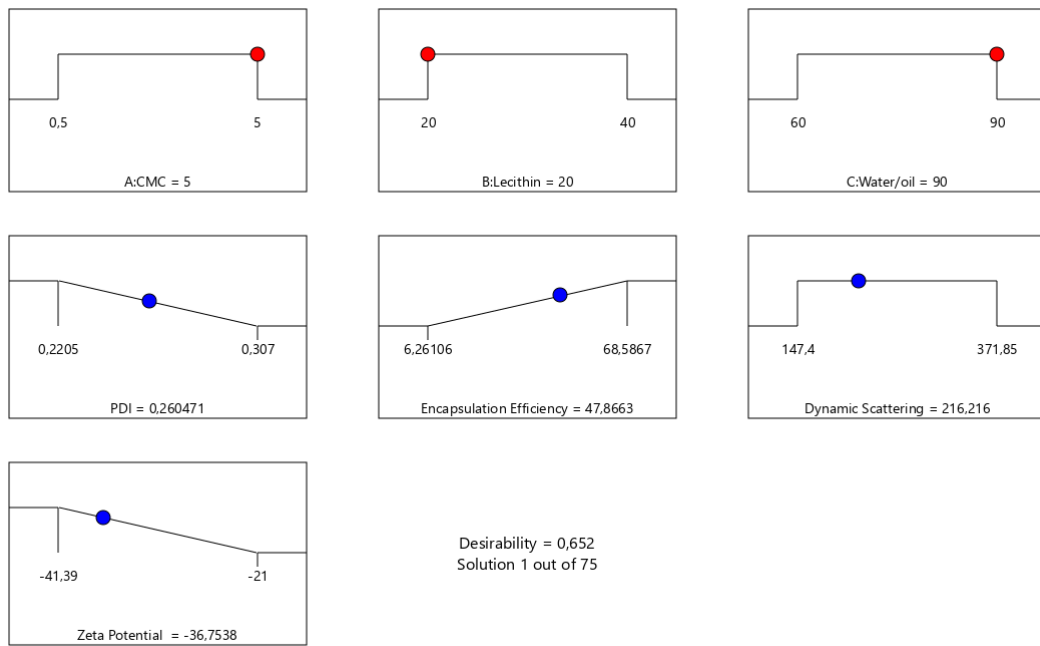


Obrázek 28 Návrh „ideálního“ vzorku pro enkapsulaci malinového prášku

Na obrázku 29 se nachází 3D graf pro velikost částic u vzorků s  $\beta$ -karotenem. Tento graf byl vybrán pro svůj kopulovitý tvar vyjadřující, že nejvyšší velikost částic měly vzorky se středními přídávky lecitinu a CMC. Na obrázku 30 je pak nejlepší složení vzorku s vhodností 0,652 ze 75 různých řešení.



Obrázek 29 3D graf pro velikost částic  $\beta$ -karoten



Obrázek 30 Návrh „ideálního“ vzorku pro enkapsulaci malinového prášku

## DISKUZE A ZÁVĚR

V této diplomové práci bylo cílem realizovat enkapsulaci přírodních barviv pomocí vysokorychlostní homogenizace formou fosfolipidových lipozomů. Byly vytvořeny tři sady vzorků po patnácti kombinacích, kdy každý vzorek obsahoval různé množství slunečnicového lecitinu a karboxymethylcelulózy. Každá sada obsahovala jiné přírodní barvivo: malinový prášek (Malina), měďnaté komplexy chlorofylinů (Chlorofyl) a komerční  $\beta$ -karoten.

Zjištěná velikost částic metodou rozptylem světla ukázala, že medián velikosti částic u vzorků Malina a Chlorofyl se pohyboval kolem 200 nm. U vzorků  $\beta$ -karoten byl určen medián v rozmezí 150–350 nm. Podle tabulky 4 by se tedy mohlo jednat o velké unilamelární nebo oligolamelární lipozomy. Je také nutné vzít v potaz polydisperzitu systému a naměřené frakce. PDI je u všech vzorků pod 0,5 a většina se dokonce pohybuje okolo hodnoty 0,3. To znamená, že částice jsou si ve velikosti a tvaru velmi podobné. Frakce ale ukazují, že v mnoha vzorcích se objevují částice s velikostí nad 1000 nm, což by mohlo znamenat výskyt obřích lipozomů. (Andra et al. 2022)

Pro zjištění stability lipozomů byl měřen elektrokinetický  $\zeta$ -potenciál. Hodnota všech vzorků vyšla záporně a valná většina se pohybovala v hodnotách kolem -30 mV, hodnoty typické pro elektrostaticky stabilizované disperze. Vzorky chlorofyl a  $\beta$ -karoten vykazovaly vyšší hodnoty  $\zeta$ -potenciálu indikující také vyšší koloidální elektrostatickou stabilitu nežli vzorky malina. Lze tedy říct, že stabilita vzorků byla až na výjimky vynikající. (Samimi et al. 2019)

Pro zjištění viskozity vzorků byly experimentálně naměřeny tokové křivky a bylo provedeno jejich následné vyhodnocení. Bylo zjištěno, že při narůstající smykové rychlosti dochází ke změně viskozity okolo  $100 \text{ s}^{-1}$ , při klesající pak kolem 60 a  $100 \text{ s}^{-1}$ . Dá se tedy říct, že při stoupajících i klesajících otáčkách vřetene dochází ke změně viskozity u stejné smykové rychlosti. Model Herschel-Bulkley ukázal, že se jedná o látky houstnoucí se zvyšujícím smykovým napětím. Literatura uvádí, že koeficient konzistence  $K$  je při  $n > 1$  nižší, hodnoty v řádech  $10^{-4}$  až  $10^{-5}$  jsou ovšem velmi nízké. Je možné, že použití jiného modelu by přineslo lepší výsledky. (Falguera, Ibarz 2010, USACE Hydrologic Engineering Center 2024)

Stanovení trichromatických charakteristik CIE  $L^* a^* b^*$  a porovnání barevnosti mezi vzorky ukázalo, že největší rozdíl v  $\Delta E^*$  je vůči vzorku 13. Tato skutečnost se dá vysvětlit složením vzorku (viz. tabulka 5), protože obsahuje nejméně vody a koncentrace barviva je v něm nejvyšší. Je nutné také zmínit podíl malinového prášku ve vzorcích Malina, kdy odměření 1

ml bylo provedeno pomocí odměrného válce. Hodnoty tak nemusely být odpovídající a tudíž vhodné pro měření barevnosti.

Enkapsulační účinnost byla u vzorků Malina a  $\beta$ -karoten stanovena pomocí spektrofotometrie, což se projevilo jako vhodná metoda. Jediné, co by se v metodice dalo změnit, je rpm při centrifugaci. Po konzultaci s laborantkou na pracovišti bylo zjištěno, že 6000 rpm je stará hodnota, která se využívala u starých strojů, které vyšší otáčky nezvládaly. Dnes je využíváno vyššího rpm po kratší dobu. I tak bylo při vyhodnocení zjištěno, že část barviva se opravdu podařilo zapouzdřit. EE% u vzorků chlorofyl byla po domluvě s vedoucím práce stanovena pomocí ICP-MS, jelikož stanovení chlorofylů při jedné vlnové délce není možné. Tato metoda přinesla pár záporných výsledků a většinu v jednotkách %. Tato skutečnost mohla být zapříčiněna stářím vzorků, jelikož prodleva mezi přípravou vzorků a měřením byla přes měsíc a půl. Je tedy možné, že velká část barviva se neudržela v enkapsulátu a byla uvolněna do okolního prostředí. Je také možné, že již došlo k degradaci těchto měďnatých komplexů. Nemuselo tedy v tomto případě jít o špatnou metodiku, ale nelze to říct s úplnou jistotou. (Scholl et al. 2020)

Posledním výsledkem je analýza a predikce nejlepší kombinace lecitinu a CMC. U vzorku Malina program stanovil nejlepší kombinaci s indexem vhodnosti 0,804: 5 ml CMC, 20 ml lecitinu a 60 ml vody. U vzorku  $\beta$ -karoten pak s indexem vhodnosti 0,652 byla nejlepší kombinace: 5 ml CMC, 20 ml lecitinu a 90 ml vody. Vzhledem k výsledkům EE% vzorků Chlorofyl nebyla predikce provedena.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] ABBAS, Muhammad Safeer a Farhan SAEED. Recent trends in encapsulation of probiotics in dairy and beverage: A review. *Journal of Food Processing and Preservation* [online]. 2022, vol. 46, no. 7.
- [2] ADAIR, J. H., E. SUVACI a J. SINDEL. *Encyclopedia of materials: Science and technology* [online]. K. H. Jürgen BUSCHOW et al. Oxford: Elsevier. , 2001 Surface and Colloid Chemistry. . 1-10 s. ISBN 9780080431529. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B0080431526016223ID: 272230>.
- [3] AHMADI, Omid a Hoda JAFARIZADEH-MALMIRI. *Green approach in food nanotechnology based on subcritical water: Effects of thyme oil and saponin on characteristics of the prepared oil in water nanoemulsions* [online]. Springer Science and Business Media LLC, 2020. 783 s. ISBN 1226-7708.
- [4] AMORIM, Danyelly Silva et al. Effects of cold plasma on chlorophylls, carotenoids, anthocyanins, and betalains. *Food Research International* [online]. 2023, vol. 167, s. 112593. ISSN 0963-9969. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996923001382>.
- [5] ANANDHARAMAKRISHNAN, C. a Padma I. S. *Spray drying techniques for food ingredient encapsulation* [online]. John Wiley & Sons. , 2015 2.2 Encapsulation of Food Ingredients. ISBN 978-1-118-86419-7. Dostupné z: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt011BJYB1/spray-drying-techniques/encapsulation-food-ingredients>.
- [6] ANDRA, Veera Venkata Satya Naga Lakshmi et al. A Comprehensive Review on Novel Liposomal Methodologies, Commercial Formulations, Clinical Trials and Patents. *BioNanoScience* [online]. 2022, vol. 12, no. 1, s. 274-291. ISSN 2191-1630. Dostupné z: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12668-022-00941-x>.
- [7] ANUSHA SIDDIQUI, Shahida et al. *Novel insights on extraction and encapsulation techniques of elderberry bioactive compounds* [online]. Informa UK Limited, 2022. 5937 s. ISBN 1040-8398.
- [8] ARAKI, Risa et al. Differences in the Effects of Anthocyanin Supplementation on Glucose and Lipid Metabolism According to the Structure of the Main Anthocyanin: A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Nutrients* [online]. 2021, vol. 13, no. 6, s. 2003. ISSN 2072-6643. Dostupné z: <https://search.proquest.com/docview/2544925032>.
- [9] BARTOVSKÁ, Lidmila, Marie ŠIŠKOVÁ a Vysoká škola chemicko-technologická v Praze. *Fyzikální chemie povrchů a koloidních soustav* [online]. Praha : Vydavatelství VŠCHT, 2005 Dostupné z: <https://kramerius.techlib.cz/kramerius-web-client/view/uuid:9767d21f-73ca-4021-b27e-3ce46b71ee82>.
- [10] BECHTOLD, Thomas. *Encyclopedia of Color Science and Technology*. 2. Berlin: Springer, 2020. ISBN 978-3-642-27851-8.

- [11] CHAI, Changhoon a Jinhyung PARK. Food liposomes: Structures, components, preparations, and applications. *Food Chemistry* [online]. 2024a, vol. 432, s. 137228. ISSN 0308-8146. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814623018460>.
- [12] CHAI, Changhoon a Jinhyung PARK. Food liposomes: Structures, components, preparations, and applications. *Food Chemistry* [online]. 2024b, vol. 432, s. 137228. ISSN 0308-8146. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814623018460>.
- [13] CHANDRA SINGH, Mamatha et al. Measuring the anthocyanin content of the Australian fruit and vegetables for the development of a food composition database. *Journal of Food Composition and Analysis* [online]. 2022, vol. 112, s. 104697. ISSN 0889-1575. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0889157522003155>.
- [14] CHAPLIN, Martin. *Carboxymethylcellulose (CMC)*. 2021. Dostupné z: <https://water.lsbu.ac.uk/water/carboxymethylcellulose.html>.
- [15] DANSOU, Dieudonné M. et al. Carotenoid enrichment in eggs: From biochemistry perspective. *Animal Nutrition* [online]. 2023, vol. 14, s. 315-333. ISSN 2405-6545. Dostupné z: <https://dx.doi.org/10.1016/j.aninu.2023.05.012>.
- [16] Ekokoza. *Ekokoza*. 2024. [online] Dostupné z: <https://www.ekokoza.cz/>.
- [17] EUN, Jong-Bang et al. A review of encapsulation of carotenoids using spray drying and freeze drying. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* [online]. 2020, vol. 60, no. 21, s. 3547-3572. ISSN 1040-8398. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1698511>.
- [18] EVROPSKÝ PARLAMENT A RADA EVROPY. Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333 ze dne 16. prosince 2008, o potravinářských přídatných látkách [online]. 2008 Dostupné z: <https://eurlex.europa.eu/eli/reg/2008/1333/oj>.
- [19] FALGUERA, Víctor a Albert IBARZ. *A new model to describe flow behaviour of concentrated orange juice* [online]. Springer Science and Business Media LLC, 2010. 114 s. ISBN 1557-1858.
- [20] FIGUEROA-ROBLES, Alejandra, Marilena ANTUNES-RICARDO a Daniel GUAJARDO-FLORES. Encapsulation of phenolic compounds with liposomal improvement in the cosmetic industry. *International Journal of Pharmaceutics* [online]. 2021, vol. 593, s. 120125. ISSN 0378-5173. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378517320311108>.
- [21] GALANAKIS, Charis M. *Polyphenols - properties, recovery, and applications*. Elsevier. , 201811.1 Introduction. ISBN 978-0-12-813572-3.
- [22] GARTI, Nissim a D. J. MCCLEMENTS. *Encapsulation technologies and delivery systems for food ingredients and nutraceuticals*. Elsevier. , 20121.1.1 Terminology. ISBN 978-0-85709-124-6.



- [23] GHANDEHARI-ALAVIJEH, Somayeh et al. Application of encapsulated flavors in food products; opportunities and challenges. *Food Chemistry* [online]. 2024, vol. 436, s. 137743. ISSN 0308-8146. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814623023610>.
- [24] GHOSH, Susmita et al. Natural colorants from plant pigments and their encapsulation: An emerging window for the food industry. *Food Science & Technology* [online]. 2022, vol. 153, s. 112527. ISSN 0023-6438. Dostupné z: <https://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112527>.
- [25] GONZALEZ GOMEZ, Azucena et al. *Liposomal nanovesicles for efficient encapsulation of staphylococcal antibiotics* [online]. American Chemical Society (ACS), 2019. 10866 s. ISBN 2470-1343.
- [26] GOUDA, Ahmed et al. Ethanol injection technique for liposomes formulation: An insight into development, influencing factors, challenges and applications. *Journal of Drug Delivery Science and Technology* [online]. 2021, vol. 61, s. 102174. ISSN 1773-2247. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1773224720314635>.
- [27] GUANGSHENG, Du a Sun XUN. *Liposomes: Methods in molecular biology*. , 2023 Ethanol Injection Method for Liposome Preparation. . 65-70 s.
- [28] GUIMARÃES, Diana, Artur CAVACO-PAULO a Eugénia NOGUEIRA. Design of liposomes as drug delivery system for therapeutic applications. *International Journal of Pharmaceutics* [online]. 2021, vol. 601, s. 120571. ISSN 0378-5173. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378517321003768>.
- [29] GUIOTTO, Estefania N., Mabel C. TOMÁS a Bernd W. K. DIEHL. *Sunflower lecithin* [online]. Elsevier, 2019. 57 s.
- [30] HAMED, Imen et al. Encapsulation of microalgal-based carotenoids: Recent advances in stability and food applications. *Trends in Food Science & Technology* [online]. 2023, vol. 138, s. 382-398. ISSN 0924-2244. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924224423001991>.
- [31] HARP, Bhakti Petigara et al. Quantitation of copper chlorophylls in green table olives by ultra-high-performance liquid chromatography with inductively coupled plasma isotope dilution mass spectrometry. *Journal of Chromatography A* [online]. 2020, vol. 1620, s. 461008. ISSN 0021-9673. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0021967320302144>.
- [32] JAFARI, Saeid et al. A decade overview and prospect of spray drying encapsulation of bioactives from fruit products: Characterization, food application and in vitro gastrointestinal digestion. *Food Hydrocolloids* [online]. 2023, vol. 134, s. 108068. ISSN 0268-005X. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268005X22005884>.
- [33] JURIC, Slaven et al. Sources, stability, encapsulation and application of natural pigments in foods. *Food Reviews International* [online]. 2022, vol. 38, no. 8, s. 1735-1790.

ISSN 8755-9129. Dostupné z:

<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/87559129.2020.1837862>.

[34] KAUR, Prabhjot et al. Encapsulation of carotenoids with sucrose by co-crystallization: Physicochemical properties, characterization and thermal stability of pigments. *Lwt* [online]. 2021, vol. 140, s. 110810. ISSN 0023-6438. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643820317990>.

[35] KUROZAWA, Louise Emy a Miriam Dupas HUBINGER. Hydrophilic food compounds encapsulation by ionic gelation. *Current Opinion in Food Science* [online]. 2017, vol. 15, s. 50-55. ISSN 2214-7993. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214799316301059>.

[36] KÉRY, Marc. *Introduction to WinBUGS for ecologists* [online]. Marc KÉRY. Boston: Academic Press. , 2010 Chapter 9 - Normal One-Way ANOVA. . 115-127 s. ISBN 9780123786050. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123786050000090ID: 280135>.

[37] LAPČÍK, Lubomír. *Fyzikální vlastnosti potravin*. 2022. Strategický projekt UTB ve Zlíně.

[38] LARGE, Danielle E. et al. Liposome composition in drug delivery design, synthesis, characterization, and clinical application. *Advanced Drug Delivery Reviews* [online]. 2021, vol. 176, s. 113851. ISSN 0169-409X. Dostupné z: <https://dx.doi.org/10.1016/j.addr.2021.113851>.

[39] LIU, Weilin et al. Research progress on liposomes: Application in food, digestion behavior and absorption mechanism. *Trends in Food Science & Technology* [online]. 2020, vol. 104, s. 177-189. ISSN 0924-2244. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924224420305707>.

[40] LOMBARDI, Andrea a et al. Natural Active Ingredients for Poly (Lactic Acid)-Based Materials: State of the Art and Perspectives. *Antioxidants* [online]. 2022, vol. 11, no. 10.

[41] LU, Wei, Alan L. KELLY a Song MIAO. Emulsion-based encapsulation and delivery systems for polyphenols. *Trends in Food Science & Technology* [online]. 2016, vol. 47, s. 1-9. ISSN 0924-2244. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092422441500240X>.

[42] LUIZA KOOP, Betina et al. Flavonoids, anthocyanins, betalains, curcumin, and carotenoids: Sources, classification and enhanced stabilization by encapsulation and adsorption. *Food Research International* [online]. 2022a, vol. 153, s. 110929. ISSN 0963-9969. Dostupné z: <https://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110929>.

[43] LUIZA KOOP, Betina et al. Flavonoids, anthocyanins, betalains, curcumin, and carotenoids: Sources, classification and enhanced stabilization by encapsulation and adsorption. *Food Research International* [online]. 2022b, vol. 153, s. 110929. ISSN 0963-9969. Dostupné z: <https://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110929>.

- [44] MARITIM, Samuel, Pierre BOULAS a Yiqing LIN. Comprehensive analysis of liposome formulation parameters and their influence on encapsulation, stability and drug release in glibenclamide liposomes. *International Journal of Pharmaceutics* [online]. 2021, vol. 592, s. 120051. ISSN 0378-5173. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S037851732031036X>.
- [45] MIRAFZALI, Zahra, Courtney S. THOMPSON a Karim TALLUA. *Microencapsulation in the food industry (second edition)* [online]. Robert SOBEL. Academic Press. , 2023 Chapter 14 - Application of liposomes in the food industry. . 195-207 s. ISBN 9780128216835. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128216835000285ID: 782528>.
- [46] MOHD HATTA, Farah A. a Rashidi OTHMAN. *Carotenoids: Properties, processing and applications* [online]. Charis M. GALANAKIS. Academic Press. , 20209 - Carotenoids as potential biocolorants: A case study of astaxanthin recovered from shrimp waste. . 289-325 s. ISBN 9780128170670. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128170670000099ID: 777823>.
- [47] MOLINA, Adriana K. et al. *Bioactive natural pigments' extraction, isolation, and stability in food applications* [online]. MDPI AG, 2023a.
- [48] MOLINA, Adriana K. et al. *Bioactive natural pigments' extraction, isolation, and stability in food applications* [online]. MDPI AG, 2023b.
- [49] MOORE, Jonathan a Eleonora CERASOLI. *Encyclopedia of spectroscopy and spectrometry (third edition)* [online]. John C. LINDON, George E. TRANTER a David W. KOPPENAAL. Oxford: Academic Press. , 2017 Particle Light Scattering Methods and Applications. . 543-553 s. ISBN 9780128032244. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128032244000406ID: 315523>.
- [50] NABI, Brera Ghulam et al. Natural pigments: Anthocyanins, carotenoids, chlorophylls, and betalains as colorants in food products. *Food Bioscience* [online]. 2023, vol. 52, s. 102403. ISSN 2212-4292. Dostupné z: <https://dx.doi.org/10.1016/j.fbio.2023.102403>.
- [51] NGAMWONGLUMLERT, Luxsika, Sakamon DEVAHASTIN a Naphaporn CHIEWCHAN. Natural colorants: Pigment stability and extraction yield enhancement via utilization of appropriate pretreatment and extraction methods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* [online]. 2017, vol. 57, no. 15, s. 3243-3259. ISSN 1040-8398. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/10408398.2015.1109498>.
- [52] ONYEAKA, Helen N. a Ozioma F. NWABOR. *Food preservation and safety of natural products*. Elsevier. , 2022 18.3 Nanocarrier Systems for Delivery of Nutrients and Supplements. ISBN 978-0-323-85700-0.
- [53] PREMJJIT, Yashaswini et al. Current trends in flavor encapsulation: A comprehensive review of emerging encapsulation techniques, flavour release, and mathematical modelling. *Food Research International* [online]. 2022, vol. 151, s. 110879. ISSN 0963-9969. Dostupné z: <https://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110879>.

- [54] RAUF, Muhammed A. *Liposomal encapsulation in food science and technology* [online]. C. ANANDHARAMAKRISHNAN a Sayantani DUTTA. Academic Press. 2023 Chapter 10 - Stability and release of bioactives from liposomes. 189-222 s. ISBN 9780128239353. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128239353000059ID: 782157>.
- [55] RIBEIRO, Jéssica S. a Cristiane M. VELOSO. Microencapsulation of natural dyes with biopolymers for application in food: A review. *Food Hydrocolloids* [online]. 2021, vol. 112, s. 106374. ISSN 0268-005X. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268005X20318518>.
- [56] ROBERT, Paz a Carolina FREDES. *The encapsulation of anthocyanins from berry-type fruits. trends in foods* [online]. MDPI AG, 2015. 5875 s. ISBN 1420-3049.
- [57] RODRIGUES, Carolina et al. *Bio-based sensors for smart food Packaging—Current applications and future trends* [online]. MDPI AG, 2021.
- [58] SAMIMI, Shabnam et al. *Characterization and biology of nanomaterials for drug delivery*[online]. Shyam S. MOHAPATRA et al. Elsevier. , 2019Chapter 3 - Lipid-Based Nanoparticles for Drug Delivery Systems. . 47-76 s. ISBN 9780128140314. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128140314000039ID: 320114>.
- [59] SANTOS, Priscila Dayane de Freitas et al. Application of spray drying, spray chilling and the combination of both methods to produce tucumã oil microparticles: characterization, stability, and  $\beta$ -carotene bioaccessibility. *Food Research International* [online]. 2023, vol. 172, s. 113174. ISSN 0963-9969. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996923007196>.
- [60] SCHOLL, Peter F. et al. High resolution mass spectral data from the analysis of copper chlorophylls and copper chlorophyll degradation products in bright green table olives. *Data in Brief* [online]. 2020, vol. 30, s. 105548. ISSN 2352-3409. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S235234092030442X>.
- [61] SHAHID, Mohammad, Shahid-ul-Islam a Faqeer MOHAMMAD. Recent advancements in natural dye applications: a review. *Journal of Cleaner Production* [online]. 2013, vol. 53, s. 310-331. ISSN 0959-6526. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652613001698>.
- [62] SHI, Yanguo et al. *Preparation and physicochemical stability of hemp seed oil liposomes* [online]. Elsevier BV, 2021. ISBN 0926-6690.
- [63] SINGH, Shivani, Vidhu AERI a Vasudha SHARMA. *Encapsulated natural pigments: Techniques and applications* [online]. Wiley, 2023. ISBN 0145-8876.
- [64] STREIT, Nivia et al. Producción de pigmentos naturales (clorofila-a) en biorrefinerías agroindustriales. *Ciencia Y Tecnología* [online]. 2016, vol. 8, no. 2, s. 27-34. ISSN 1390-4051. Dostupné z: <https://explore.openaire.eu/search/publication?articleId&#61;doajarticles::a804dff7a6cbce24c372a1f385c8f220>.

[65] Thermo Scientific Chemicals. *Carboxymethylcellulose* . , 2024 [cit. 7. 3. 2024]. Dostupné z:

<https://www.thermofisher.in/chemicals/shop/products/carboxymethylcellulose-sodium-salt-average-m-w-90000-ds-0-7/332600010>.

[66] TONIAZZO, Taíse et al.  $\beta$ -carotene-loaded liposome dispersions stabilized with xanthan and guar gums: Physico-chemical stability and feasibility of application in yogurt. *LWT - Food Science and Technology* [online]. 2014, vol. 59, no. 2, Part 2, s. 1265-1273. ISSN 0023-6438. Dostupné z:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643814003107>.

[67] USACE Hydrologic Engineering Center. *Hershel-Bulkley Parameters -1* . , 2024

Dostupné z: <https://www.hec.usace.army.mil/confluence/rasdocs/rasmuddebris/non-newtonian-user-s-manual/user-inputs-and-model-parameters/hershel-bulkley-parameters>.

[68] VARZAKAS THEODOROS, Tzia C. *Food Engineering Handbook*. 2015. 527-560 s. ISBN 978-1-4822-6166-0.

[69] VIEIRA, Marta V., Lorenzo M. PASTRANA a Pablo FUCIÑOS. Microalgae Encapsulation Systems for Food, Pharmaceutical and Cosmetics Applications. *Marine Drugs* [online]. 2020, vol. 18, no. 12, s. 644. ISSN 1660-3397. Dostupné z:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/33333921>.

[70] ZMEŠKAL, Oldřich, Michal ČEPPAN a Petr DZIK. *Barevné prostory a správa barev*. Brno: Fakulta chemická, Vysoké učení technické v Brně, 2002.

[71] ŘEPKA, David et al. *Application of physical-chemical approaches for encapsulation of active substances in pharmaceutical and food industries* [online]. MDPI AG, 2023.

[72] ŠEVČÍKOVÁ, Petra et al. Dynamický rozptyl světla v analýze koloidních systémů. *Chemické Listy* [online]. 2014 Dostupné z:

<http://publikace.k.utb.cz/handle/10563/1003771>.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

CMC Karboxymethylcelulóza

Č. Čistý

EE% Enkapsulační účinnost

PDI Polydisperzní index

SD Směrodatná odchylka

St. Standartní

tj. to je

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek 1 Chemická struktura antokyanidinu.....	12
Obrázek 2 Změny struktury a barvy antokyanidinu při změně pH prostředí (Rodrigues et al. 2021).....	12
Obrázek 3 Chemická struktura chlorofylu.....	13
Obrázek 4 Přehled základních karotenoidů (Lombardi, et al. 2022) .....	15
Obrázek 5 Klasifikace lipozomů (Guimarães et al. 2021).....	22
Obrázek 6 Definice $\zeta$ -potenciálu (Moore, Cerasoli 2017).....	26
Obrázek 7 Porovnání nápoje s lipozomálním kurkuminem a volným kurkuminem (Mirafzali et al. 2023) .....	27
Obrázek 8 Malinový prášek.....	33
Obrázek 9 Vzorky Malina .....	33
Obrázek 10 Chlorofylový prášek .....	34
Obrázek 11 Vzorky Chlorofyl .....	34
Obrázek 12 $\beta$ -karoten .....	35
Obrázek 13 Vzorky $\beta$ -karoten.....	35
Obrázek 14 Bod barvy pomocí souřadnic $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ .....	38
Obrázek 15 Grafické znázornění $\zeta$ -potenciálu.....	44
Obrázek 16 Toková křivka pro vzorek Malina 1 .....	57
Obrázek 17 Vyhodnocení tokové křivky.....	57
Obrázek 18 Toková křivka pro vzorek Chlorofyl 1 .....	58
Obrázek 19 Vyhodnocení tokové křivky.....	58
Obrázek 20 Toková křivka pro vzorek $\beta$ -karoten 1 .....	59
Obrázek 21 Vyhodnocení tokové křivky.....	59
Obrázek 22 3D graf kolorimetrie Malina .....	62
Obrázek 23 3D graf kolorimetrie Chlorofyl .....	62
Obrázek 24 3D graf kolorimetrie $\beta$ -karoten .....	62
Obrázek 25 Kalibrační křivka pro malinový prášek .....	63
Obrázek 26 Kalibrační křivka pro $\beta$ -karoten .....	64
Obrázek 27 3D graf pro $\zeta$ -potenciál u vzorku Malina.....	66
Obrázek 28 Návrh „ideálního“ vzorku pro enkapsulaci malinového prášku .....	67
Obrázek 29 3D graf pro velikost částic $\beta$ -karoten .....	67
Obrázek 30 Návrh „ideálního“ vzorku pro enkapsulaci malinového prášku .....	68

**SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1 Rozdíly v chemických strukturách antokyanů .....	12
Tabulka 2 Rozdíly ve struktuře mezi chlorofylem <i>a</i> a <i>b</i> .....	13
Tabulka 3 Přehled vybraných přírodních pigmentů a jejich zdrojů (Molina et al. 2023b) .	16
Tabulka 4 Klasifikace lipozomů podle lamelarity, velikosti částic a funkce (Andra et al. 2022, Rauf 2023).....	23
Tabulka 5 Složení vzorků bez barviva .....	36
Tabulka 6 Barvy podle L*a*b* (Lapčík, 2022).....	38
Tabulka 7 Rozdíly barevnosti (Zmeškal et al. 2002) .....	39
Tabulka 8 Velikost částic pro vzorky Malina [nm] .....	42
Tabulka 9 Velikost částic pro vzorek Chlorofyl [nm].....	43
Tabulka 10 Velikost částic pro vzorek β-karoten [nm].....	43
Tabulka 11 ζ-potenciál .....	44
Tabulka 12 Výsledky reologických měření pro vzorky Malina .....	46
Tabulka 13 Výsledky reologických měření pro vzorky Chlorofyl .....	49
Tabulka 14 Výsledky reologických měření pro vzorky β-karoten .....	52
Tabulka 15 Průsečíky změny viskozity .....	60
Tabulka 16 Model Herschel-Bulkley .....	60
Tabulka 17 Výsledky měření kolorimetrie .....	61
Tabulka 18 Enkapsulační účinnost Malina.....	64
Tabulka 19 Enkapsulační účinnost β-karotenu .....	65
Tabulka 20 Enkapsulační účinnost Chlorofyl.....	65



