

Vliv přídavku derivátu celulózy na vlastnosti emulzí

Bc. Lenka Adámková

Diplomová práce
2012



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav technologie tuků, tenzidů a kosmetiky

akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Lenka ADÁMKOVÁ**
Osobní číslo: **T10393**
Studijní program: **N2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie a ekonomika výroby tuků, detergentů a kosmetiky**
Forma studia: **prezenční**
Téma práce: **Vliv přídavku derivátů celulózy na vlastnosti emulzí**

Zásady pro vypracování:

1. Proveďte literární rešerši zaměřenou na emulze a způsoby jejich přípravy. Dále se věnujte derivátům celulózy a jejich možnosti využití při výrobě emulzí. Získané poznatky kriticky zhodnoťte.
2. V praktické části se věnujte nalezení optimálního přídavku derivátů celulózy na vlastností emulzí, především jejich stabilitu a velikost částic.
3. Dosažené výsledky diskutujte.



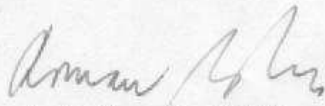
Rozsah diplomové práce:
Rozsah příloh:
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

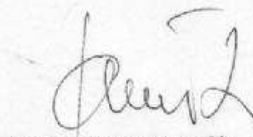
- [1] MYERS, D.: Surfactant Science and Technology, Third Edition. John Wiley & Sons, 2006.
- [2] SCHICK, M. J.: Nonionic surfactants. M. Dekker, NewYork, 1967.
- [3] BLAŽEJ, A. A KOL.: Tenzidy. Bratislava, 1977.
- [4] TADROS, T.: Emulsion Science and Technology. Wiley-WCH, Weinheim, 2009.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Pavlína Vltavská, Ph.D.**
Ústav technologie tuků, tenzidů a kosmetiky
Datum zadání diplomové práce: **24. února 2012**
Termín odevzdání diplomové práce: **31. srpna 2012**

Ve Zlíně dne 24. února 2012


doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan




doc. Ing. Rahula Janiš, CSc.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou 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 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užit své dílo – diplomovou/bakalářskou 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);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské 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.

Ve Zlíně

.....

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevýdělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce požít na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ 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, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

³⁾ 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, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihledne k vyšší výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá přípravou emulzí typu olej ve vodě a vlivu přídavku methylcelulózy na jejich vlastnosti. Emulze byly připravovány pomocí systému dvou neionických emulgátorů, jejichž celkové množství bylo 3 a 5 %. Hodnoty HLB systému se pohybovaly v rozmezí 10,5 – 11,5, přičemž byly měněny i poměry olejové a vodné složky. Všechny emulze obsahovaly i přídavek 1% roztoku methylcelulózy, který tvořil 1 % vodné fáze. Dále byly vzorky emulzí uchovávány v různých teplotních režimech (4, 25 a 37 °C). V pravidelných časových intervalech byly pozorovány vizuálně, mikroskopicky a byla měřena velikost jejich částic.

Klíčová slova: emulze, celulóza, methylcelulóza, stabilita emulzí, velikost částic

ABSTRACT

This thesis is focused on the preparation of emulsions and the effect of addition of methylcellulose on their properties. Emulsions were prepared using a system of two non-ionic emulsifiers, the total amount was 3 and 5%. HLB values of the system ranged between 10.5 and 11.5, the ratios of the oil and water components were varied. All emulsions contained addition of 1% solution of methylcellulose, which formed 1% of aqueous phase. Furthermore, the samples were stored at different emulsion temperature modes (4, 25 and 37 °C). At regular time intervals they were observed visually, microscopically and particle size was measured.

Keywords: Emulsion, Cellulose, Methylcellulose, Stability, Particle Size

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych ráda poděkovala za cenné rady a připomínky při zpracování své vedoucí diplomové práce Ing. Pavlíně Vltavské Ph.D.

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vliv přídavku derivátu celulózy na vlastnosti emulzí vypracovala samostatně pod vedením Ing. Pavlíně Vltavské Ph.D. a v seznamu literatury jsem uvedla všechny použité literární a odborné zdroje.

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

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 EMULZE	12
1.1 KLASIFIKACE EMULZÍ	12
1.1.1 Polárnost disperzního podílu a prostředí.....	12
1.1.2 Koncentrace disperzního podílu.....	13
1.1.3 Zvláštní typy emulzí.....	15
2 POVRCHOVĚ AKTIVNÍ LÁTKY	16
2.1 KLASIFIKACE POVRCHOVĚ AKTIVNÍCH LÁTEK.....	17
2.1.1 Anionické povrchově aktivní látky	17
2.1.2 Kationické povrchově aktivní látky	18
2.1.3 Amfoterní povrchově aktivní látky	19
2.1.4 Neionické PAL.....	20
3 EMULGÁTORY	21
3.1 ROZDĚLENÍ EMULGÁTORŮ Z FYZIKÁLNÍHO HLEDISKA.....	21
3.1.1 Asociativní koloidy	22
3.1.2 Makromolekulární koloidy.....	22
3.1.3 Nerozpustné prášky	22
3.2 ROLE EMULGÁTORŮ V POTRAVINÁCH A KOSMETICE	22
3.3 HYDROFILNĚ LIPOFILNÍ ROVNOVÁHA.....	23
4 VLASTNOSTI EMULZÍ	25
4.1 BARVA A VZHLED EMULZÍ	25
4.2 ELEKTRICKÉ VLASTNOSTI EMULZÍ	25
4.3 VSKOZITA EMULZÍ	25
4.4 BROWNŮV POHYB.....	25
5 STABILITA EMULZÍ	27
5.1 STABILIZACE EMULZÍ.....	27
5.2 DESTABILIZACE EMULZÍ	28
5.2.1 Krémování.....	30
5.2.2 Sedimentace	30
5.2.3 Flokulace	30
5.2.4 Koalescence.....	30
5.2.5 Inverze fází.....	31
5.2.6 Ostwaldovo zrání	31
5.3 ROZRÁŽENÍ EMULZÍ.....	31
6 PŘÍPRAVA EMULZÍ	33
7 CELULÓZA	35

7.1	MIKROKRYSALICKÁ CELULÓZA	36
8	DERIVÁTY CELULÓZY	38
8.1	METHYLCELULÓZA.....	38
8.2	KARBOXYMETHYLCELULÓZA	40
8.3	ETHYLCELULÓZA.....	41
8.4	HYDROXYPROPYLCELULÓZA.....	42
8.5	HYDROXYETHYLCELULÓZA.....	42
9	CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE	43
II	PRAKTICKÁ ČÁST	44
10	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	45
10.1	POUŽITÉ CHEMIKÁLIE A ZAŘÍZENÍ.....	45
10.2	POUŽITÉ METODIKY	46
10.3	PŘÍPRAVA EMULZÍ	51
10.4	VIZUÁLNÍ POZOROVÁNÍ.....	51
10.5	MIKROSKOPICKÉ POZOROVÁNÍ.....	51
10.6	MĚŘENÍ VELIKOSTI ČÁSTIC PŘÍSTROJEM ZETA NANO ZS	51
11	VÝSLEDKY A DISKUZE	53
11.1	VLIV RYCHLOSTI OTÁČEK NA VELIKOST ČÁSTIC EMULZE A JEJÍ NÁSLEDNOU STABILITU	53
11.2	VLIV TEPLoty NA STABILITU EMULZÍ	61
11.3	VIZUÁLNÍ POZOROVÁNÍ EMULZÍ	62
11.4	MIKROSKOPICKÉ POZOROVÁNÍ EMULZÍ	72
11.5	VLIV PŘÍDAVKU METHYLCELULÓZY NA CELKOVOU STABILITU EMULZÍ	77
	ZÁVĚR	78
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	80
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	86
	SEZNAM OBRÁZKŮ	87
	SEZNAM TABULEK.....	89

ÚVOD

Emulze je směs dvou omezeně mísitelných nebo nemísitelných kapalin, k jejichž smíchání dochází použitím emulgátoru. K tvorbě emulzí může dojít samovolně, ale většinou se připravují mechanickým mícháním.

Emulze se používají v celé řadě průmyslových odvětví, např. v potravinářství nebo kosmetickém průmyslu při výrobě různých krémů. Jejich stabilita je závislá na řadě parametrů – na způsobu přípravy, velikosti částic, množství emulgátorů, hodnotě HLB, poměru olejové a vodné fáze i na skladovacích podmínkách. Pro zlepšení stability se do emulzí přidávají stabilizátory nebo zahušřovadla, které zvyšují jejich viskozitu. Tuto funkci plní množství látek. Často jsou jimi deriváty celulózy, které pomáhají zvýšit viskozitu finálních výrobků a působí gelotvorně. Nejčastěji používanou gelotvornou látkou je methylcelulóza.

Existuje několik způsobů přípravy emulzí. Jedním z nich je emulgace pomocí systému dvou emulgátorů, kdy lze jejich přesnou navázkou připravit směs emulzí o známé hodnotě HLB.

Cílem této diplomové práce je připravit emulze s obsahem methylcelulózy metodou emulgace systémem dvou emulgátorů, přičemž budou měněny jednotlivé parametry jako je hodnota HLB systému, množství emulgátorů, poměr olejové a vodné fáze a rychlost otáček. Připravené emulze budou uchovávány při různých teplotách skladování.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 EMULZE

Emulze je heterogenní systém, tvořený nejméně dvěma omezeně mísitelnými nebo vůbec nemísitelnými kapalinami, z nichž jedna bývá složena z látek jako jsou tuky, vosky, uhlovodíky, a je s vodou nemísitelná, má tedy charakter lipofilní (tj. hydrofobní), nazýváme ji zkráceně olej a označujeme písmenem O, bez ohledu na skutečnou konzistenci za pokojové teploty. Druhá fáze je tvořena prakticky vždy vodou a látkami ve vodě rozpustnými, tedy hydrofilními. Nazýváme ji stručně voda a používáme pro ni zkratku V. U emulzí se disperzní prostředí obvykle označuje jako vnější fáze a dispergovaná kapalina jako fáze vnitřní [1].

Množství dispergované fáze se vyjadřuje nejčastěji objemovým zlomkem dispergované fáze Φ , který je definován vztahem (1) [2].

$$\Phi = \frac{V_D}{V_E} \quad (1)$$

kde: V_D – objem dispergované fáze;

V_E – celkový objem emulze.

1.1 Klasifikace emulzí

Emulze se dělí podle těchto kritérií [3]:

- polárnosti disperzního podílu a prostředí;
- koncentrace disperzního podílu.

1.1.1 Polárnost disperzního podílu a prostředí

Podle tohoto kritéria lze emulze dále dělit na:

- emulze přímé - označované jako O/V (olej ve vodě), ve kterých je disperzním prostředím polárnější kapalina (obvykle voda nebo vodný roztok) [3]. Mezi tyto emulze se může řadit např. mléko [4];
- emulze obrácené - označované jako V/O (voda v oleji), kdy disperzní prostředí tvoří nepolární kapalina [3]. Do tohoto typu emulzí lze zařadit např. máslo [4].

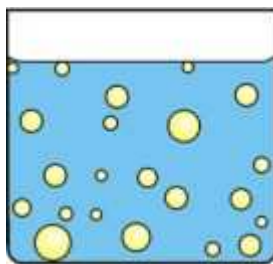
Typ emulze je možno určit podle:

- její elektrické vodivosti, která je dána vodivostí jejího disperzního prostředí – emulze O/V jsou mnohem vodivější než emulze V/O [3],
- schopnosti rozpouštět polární nebo nepochární barviva [3]. Jedná se o tzv. indikátorovou metodu, která spočívá v rozpustnosti barviva v daném disperzním prostředí, např. pro emulzi typu O/V použijeme k identifikaci methylenovou modř, která se rozpouští ve vodě. V mikroskopu lze pak pozorovat bezbarvé kapičky v barevném prostředí. Pro emulze typu V/O lze použít fuchsin, rozpouštějící se přednostně v nepochárních kapalinách [5];
- schopnosti mísit se s polárními nebo nepochárními rozpouštědly - emulzi je možno ředit kapalinou, která se mísí s jejím disperzním prostředím (zředí-li se na podložním sklíčku kapka emulze čistou vodou, smísí se emulze typu O/V bez obtíží; emulzi V/O je možno ředit nepochární kapalinou) [3];
- pozorování v ultrafialovém světle – olejová fáze fluoreskuje (ve fluorescenčním mikroskopu poskytne emulze O/V obraz zářících kapének na temném pozadí, emulze V/O obraz opačný) [5];
- smáčivosti – emulze smáčí ten povrch, který je smáčen jejím disperzním prostředím (např. kapka emulze O/V se rozplývá po papíře, neboť voda vzlíná jeho kapilárami; kapka emulze V/O zůstává beze změny) [6].

1.1.2 Koncentrace disperzního podílu

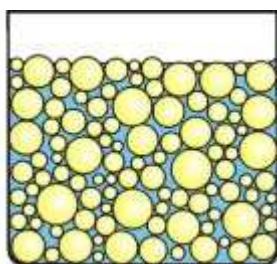
Podle koncentrace disperzního podílu se emulze dělí na [3], [6]:

- zředěné (Obr. 1), v nichž dispergovaná fáze zaujímá max. 2 % celkového objemu. Průměr kapiček je zpravidla řádově 10^{-7} m, tedy blízký rozměru koloidních částic;



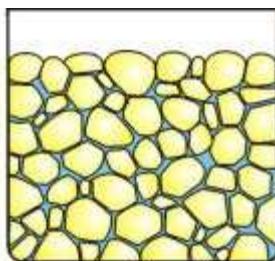
Obr. 1. Zředěná emulze [3]

- koncentrované (Obr. 2) s nedeformovanými sférickými kapkami, které v monodisperzních systémech mohou dosáhnout koncentrace disperzního podílu až 74 obj. %, což odpovídá nejtěsnějšímu geometrickému uspořádání kulovitých částic. Polydisperzní emulze, kde malé kapénky mohou vyplnit prostory mezi velkými, lze připravit i koncentrovanější;



Obr. 2. Koncentrovaná emulze [3]

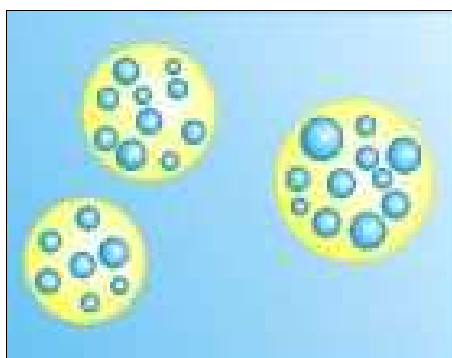
- gelovité (vysoce koncentrované, Obr. 3), v nichž jsou částice disperzního podílu uloženy tak těsně, že se vzájemně deformují a nabývají tvaru mnohostěnů, oddělených od sebe tenkými filmy koloidních rozměrů - vrstvičkami disperzního prostředí a emulgátoru.



Obr. 3. Gelovitá emulze [3]

1.1.3 Zvláštní typy emulzí

Mezi zvláštní typy emulzí řadíme emulze mnohočetné (složené) - např. O/V/O nebo V/O/V (Obr. 4). Emulze typu V/O/V jsou tvořeny dispergovanými částicemi vody ve větších částicích oleje a ty jsou dispergovány v kontinuální vodné fázi [7]. Emulze V/O/V mohou být také prostředkem vnášení aromat nebo aktivních látek (vitaminy rozpustné ve vodě i v tuku, fytonutrienty, polynenasycené mastné kyseliny apod.) a jsou schopny přenášet polární i nepolární látky. Široké možnosti mají emulze typu V/O/V v kosmetice, farmacii, výrobě pigmentů aj. [8]. Tyto emulze jsou obvykle připravovány dispergací ve dvou krocích za použití dvou typů emulgátorů (hydrofilního a hydrofobního), popř. mohou vznikat v důsledku nerovnoměrného rozdělení emulgátoru v různých mikroskopických oblastech soustavy při inverzi fází. Vzhledem k velké ploše fázového rozhraní je stabilita těchto systémů ještě menší než u jednoduchých emulzí [6].



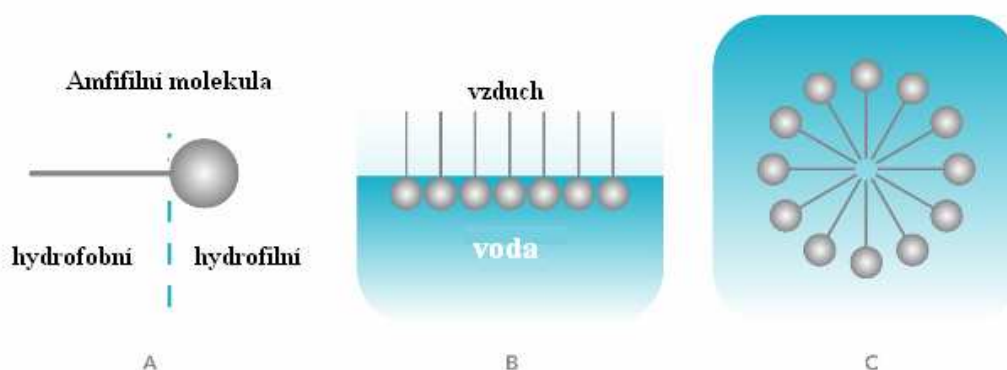
Obr. 4. Schéma složené emulze [3]

Dalším typem jsou kritické emulze - soustavy tvořící se obvykle ze dvou omezeně mísitelných kapalin při teplotě blízké kritické teplotě rozpouštěcí, kdy mezifázové napětí rozhraní fází je velmi malé (10^{-5} N.m⁻¹) a k dispergování jedné kapaliny druhou stačí jen tepelný pohyb molekul. Kritická emulze může existovat jen ve velmi úzkém teplotním intervalu a vyznačuje se nestálostí disperzního podílu - kapičky kritické emulze se v soustavě neustále tvoří i zanikají [6].

2 POVRCHOVĚ AKTIVNÍ LÁTKY

Povrchově aktivní látky (PAL, detergenty, tenzidy, surfaktanty) je skupinové označení pro látky, které výrazně ovlivňují energetické poměry na rozhraní dvou fází. To se nejčastěji projeví snížením mezifázového napětí. Tyto specifické vlastnosti jsou dány chemickou a fyzikální strukturou jejich molekul [2].

Molekuly povrchově aktivních látek se nazývají jako amfipatické nebo amfifilní. Takové molekuly obsahují jednak část s vysokou afinitou k rozpouštědлу (lyofilní), zaručující poměrně vysokou rozpustnost, a jednak část, která je v rozpouštědle nerozpustná (lyofobní). Na obrázku (Obr. 5A) je znázorněna amfifilní molekula emulgátoru. Tyto molekuly mohou mít rozdílné chování ve vodě. Polární část se snaží spojit s vodou, zatímco nepolární část se interakci s vodou vyhýbá. Existují 2 možnosti chování těchto molekul. První případ nastane pokud se polární část naváže na vodnou složku a nepolární část molekuly směřuje na povrch (do vzduchu nebo nepolární kapaliny), jak je znázorněno na obrázku (Obr. 5B). Přítomnost těchto molekul na povrchu narušuje soudržnou povrchovou energii a tím snižuje povrchové napětí. Tyto molekuly se nazývají povrchově aktivní. Další uspořádání těchto molekul může vytvářet agregáty, kde jsou hydrofobní části molekul orientovány k sobě a hydrofilní části jsou v rozpouštědle. Tyto agregáty se nazývají micely. Příklad kulové micely můžeme vidět na obrázku (Obr. 5C) [9].



Obr. 5. Struktura a chování PAL [9]

Ve vodném prostředí tedy molekula povrchově aktivní látky obsahuje jednak hydrofilní polární skupinu zaručující rozpustnost ($-\text{OSO}_3\text{H}$, $-\text{COOH}$) a hydrofobní nepolární část (uhlovodíkový řetězec) [5]. Chování PAL v roztoku je závislé

na velikosti obou částí. V polárním rozpouštědle (voda) se snaží zaujmout hydrofobní část takové uskupení, které co nejvíce omezuje jeho styk s rozpouštědlem. Dochází k tvorbě nekovalentních interakcí, které jsou velmi četné [2]. Z chemického hlediska jsou PAL většinou nízkomolekulární látky [10].

Vzhledem k naznačeným skutečnostem lze očekávat poněkud odlišný způsob chování PAL v roztoku [2]:

- a) molekuly PAL difundují na fázové rozhraní, kde vytváří povrchový film. Jedná se o adsorpci na pohyblivém (kapalina - plyn, kapalina - kapalina) nebo nepohyblivém (tuhá fáze - kapalina) fázovém rozhraní. Na rozhraní dojde k poklesu povrchového napětí, což umožňuje řadu, i z technického hlediska zajímavých, procesů;
- b) zvětšováním koncentrace PAL v roztoku dojde při určité koncentraci ke spontánní asociaci molekul PAL za vzniku nadmolekulárních celků (micel).

2.1 Klasifikace povrchově aktivních látek

Podle ionicity dělíme tenzidy na ionické, které se dále dělí na anionické, kationické a amfoterní a tenzidy neionické, u kterých rozlišujeme oxyethylenáty a polyhydroxysloučeniny [11].

2.1.1 Anionické povrchově aktivní látky

Tato skupina PAL je charakteristická tím, že v roztoku jejich molekuly disociují za vzniku objemného organického aniontu, který je nositelem povrchové aktivity. Kationtem je obvykle některý z alkalických kovů či amonný kation.

Řadí se zde [12]:

- a) soli karboxylových kyselin (mýdla) - jedná se o PAL se středně vysokou povrchovou aktivitou, které špatně pracují v kyselém prostředí (potlačení disociace organické kyseliny) a v silně tvrdé vodě (vznikají nerozpustné vápenaté soli);
- b) alkylarylsulfonany - na rozdíl od mýdel mají vysokou povrchovou aktivitu i v kyselém prostředí. Největší problém představuje jejich nízká biologická odbouratelnost;
- c) alkylsulfáty - mají vysokou povrchovou aktivitu i v kyselém prostředí a jsou i šetrnější vůči životnímu prostředí;
- d) alkylsulfonany - mají obdobně dobrou biologickou odbouratelnost, jsou nákladnější na výrobu než alkylsulfáty;
- e) fosfáty a estery kyseliny fosforečné - mají hlavní význam v pracích prostředcích, protože nejsou tak citlivé jako předchozí skupiny na tvrdou vodu (nevytváří nerozpustné vápenaté soli). Díky obsahu fosforu jsou však biologicky závadné.

2.1.2 Kationické povrchově aktivní látky

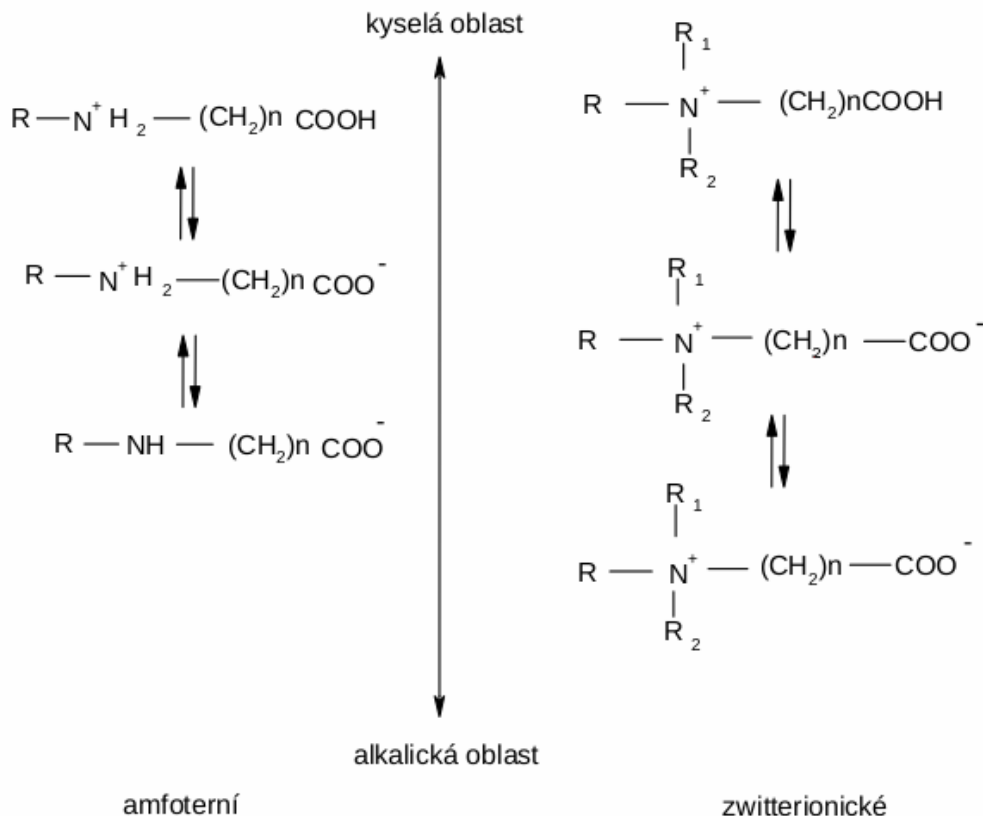
Podle konkrétní aplikace rozlišujeme různé kategorie kationických surfaktantů. V avivážích působí kationické surfaktanty jako změkčovadla a látky poskytující jemnost textilií. V čistících prostředcích pro domácnost působí jako dezinfekce [13]. Dále se používají na specifické účely jako např. inhibitory koroze, v dezinfekčních látkách nebo do kondičních přípravků pro vlasovou kosmetiku [11].

Mezi kationické PAL patří [12]:

- a) alkylaminy, $-RNH_2$ tvoří skupinu PAL s nízkou povrchovou aktivitou navíc silně omezenou v alkalickém prostředí (nízká disociace aminoskupiny);
- b) soli kvartérních amoniových zásad;
- c) soli pyridiniových zásad – ty vykazují dostatečně vysokou povrchovou aktivitu i v alkalickém prostředí a navíc při vhodné délce uhlovodíkového řetězce mohou mít i baktericidní účinky.

2.1.3 Amfoterní povrchově aktivní látky

Amfoterní tenzidy obsahují v nedisociovatelné části své molekuly jak anion, tak kation, čímž je dána jejich unikátní vlastnost a sice možnost kombinovat je v recepturách s kationickými a anionickými tenzidy. Do této skupiny jsou zařazovány jednak klasické amfoterní, tak i zwitterionické PAL (Obr. 6) [11].



Obr. 6. Chování amfoterních a zwitterionických tenzidů v závislosti na pH [2]

Klasické amfoterní PAL se chovají jako klasické amfolyty. Náboj obou skupin, jak bazické, tak kyselý, je závislý na pH prostředí. V alkalickém prostředí ztrácí náboj bazická skupina, v kyselém nedisociuje kyselá skupina [2].

Zwitterionické tenzidy si ponechávají kladný náboj v celém rozmezí pH. Zánik kladného náboje by byl spojen s destrukcí molekuly. Náboj kyselé skupiny (karboxylové) je závislý, podobně jako u amfoterních tenzidů, na pH prostředí [2].

2.1.4 Neionické PAL

Dnes nejrozšířenější skupina PAL je představována širokou škálou sloučenin, z nichž historicky nejstarší představují adiční produkty ethylenoxidu na různé organické molekuly (alifatické alkoholy, alkylfenoly, estery mastných kyselin či polymery) [12].

Tyto povrchově aktivní látky nemají elektrický náboj, což je dělá odolnými vůči tvrdé vodě. Jsou to vynikající odstraňovače mastnoty, které se používají v pracích a čistících prostředcích. Mezi nejčastěji používané neionické tenzidy patří ethery mastných alkoholů [13].

Patří zde [12]:

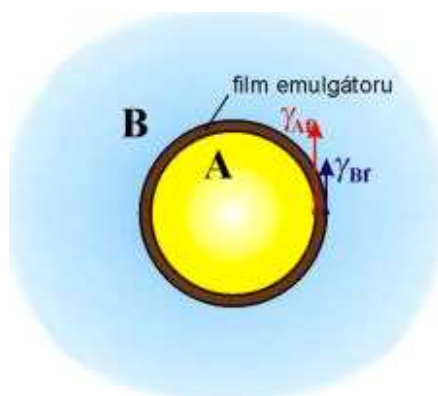
- oxyethylenáty vyšších (mastných) alkoholů - představují jedny z prvních neionických PAL používaných v praxi, jejichž problémem je vysoká cena a špatná biologická odbouratelnost;
- oxyethylenáty esterů mastných kyselin - mají podobné aplikační možnosti i nevýhody jako předchozí skupina.

3 EMULGÁTORY

Emulgátory jsou povrchově aktivní látky umožňující tvorbu homogenní směsi (emulze) dvou nebo více vzájemně nemísitelných kapalných fází [4].

Povaha emulgátoru určuje nejen stabilitu, ale i typ emulze. Pro všechny kategorie emul-gátorů platí obecné Bancrofftovo pravidlo, tj že ve stabilizované emulzi je spojité disperzní prostředí tvořeno tou fází, k níž má použitý emulgátor za daných podmínek větší afinitu [3].

Rozhraní kapénky s disperzním prostředím si lze představit jako dvě soustředná rozhraní, mezi nimiž je film emulgátoru. Protože vnitřní rozhraní má o něco menší povrch, je požadavek minimální energie soustavy splněn, je-li mezifázová energie rozhraní vnitřní fáze (A)/emulgátor větší než energie rozhraní emulgátor/vnější fáze (B), jak můžeme vidět na Obr. 7 [3].



Obr. 7. Schéma fázového rozhraní emulgátoru [3]

V důsledku své chemické struktury se molekuly emulgátoru ve vodném prostředí asociují – hydrofobní části molekul jsou vzájemně poutány hydrofobními interakcemi, hydrofilní části jsou solvatovány vodou [14].

3.1 Rozdělení emulgátorů z fyzikálního hlediska

Jednotlivé emulgátory mají rozdílné molekulární struktury, a jsou proto vhodné pouze pro specifické aplikace [15].

3.1.1 Asociativní koloidy

Některé nízkomolekulární látky tvoří ve vhodném rozpouštědle a ve velkých zředěních pravé roztoky, ale s rostoucí koncentrací rozpuštěné částice asociují do té míry, že vytvářejí agregáty koloidních rozměrů – tzv. micely. Skupina těchto látek se proto nazývá micelární nebo asociativní koloidy [16]

Typickým příkladem látek s amfifilním charakterem je mýdlo (sodná nebo draselná sůl vyšších mastných kyselin – obecný vzorec RCOONa). Ve zředěných vodných roztocích tyto soli disociují na ionty Na^+ a RCOO^- , kde delší uhlovodíkový zbytek R představuje nepolární část a skupina COO^- polární část molekuly [17].

3.1.2 Makromolekulární koloidy

Makromolekulární koloidy jsou hydrofilní (proteiny, polysacharidy) i rozpustné v nepolárních rozpouštědlech [3]. Do této třídy řadíme např. želatinu, hemoglobin, přírodní gummy, vysokomolekulární sacharidy (škrob) a látky rozpustné v nepolárních rozpouštědlech (kaučuk) [6].

3.1.3 Nerozpustné prášky

Jemné nerozpustné prášky, částečně smáčené oběma fázemi - hydrofilní (alkalické sírany železa, mědi, niklu, síran olovnatý, oxid železitý, hlinitokřemičitany) a hydrofobní (saze, uhelný prach, PbS , HgS , AgI , HgI_2). U práškovitých emulgátorů je uvnitř kapénky ta fáze, která méně smáčí práškový emulgátor [3].

3.2 Role emulgátorů v potravinách a kosmetice

Existuje několik typů emulgátorů používaných v potravinářském průmyslu. Nejjednodušší přírodní emulgátor pocházející z rostlinných zdrojů je lecitin [18].

Přidáním emulgátoru do hotového výrobku se stane výrobek chutnějším a sníží se mastná pachutí tukové složky [18]. Působením na tuky mění emulgátory jejich krystalickou strukturu, snižují tím viskozitu příslušného výrobku a umožňují zvýšení stupně provzdušnění [19]. Ne všechny emulze jsou emulze směsí vodné a olejové fáze. Na trhu je běžným řešením plyn v kapalině. Příkladem mohou být aerosolové výrobky jako jsou například šlehačky, do kterých se přidávají emulgátory pro prodloužení

stability pěny. Další důležitou vlastností emulgátorů je zlepšení chuti. Této vlastnosti se využívá zejména v čokoládových polevách, které obsahují tuky nebo jiné mastné přísady [18]. Dále zvyšují atraktivitu jídla a pomáhají udržet jeho kvalitu a čerstvost. V nízkotučných potravinách zabraňují růstu plísní [20].

V kosmetice jsou emulgátory přítomny ve všech tělových či pleťových krémech a v přípravcích na opalování [20]. Do některých kosmetických přípravků se používají i škodlivé emulgátory, jako sloučeniny polyethylenglykolu (PEG), u kterých byla prokázána karcinogenita. Také emulgátory v přípravcích v péči o pleť mohou způsobovat mírné nebo závažné kožní reakce [21]. Významným požadavkem na emulgátory pro kosmetické kompozice je, aby se nevázaly příliš pevně na ošetřenou pokožku (vlas), nýbrž aby je bylo možno z ošetřeného povrchu poměrně snadno uvolnit. Dalším důležitým kritériem je kompatibilita (snášlivost) s ostatními složkami kosmetického preparátu [22].

3.3 Hydrofilně lipofilní rovnováha

Hodnota hydrofilně lipofilní rovnováhy (Hydrophilic – Lipophilic Balance, HLB) vyjadřuje poměr hydrofilních a lipofilních vlastností tenzidu. Jedná se v podstatě o semiempirickou veličinu. Hodnota HLB je dána součtem HLB hodnot jednotlivých skupin tvořících daný tenzid [2].

Do hodnoty HLB 10 převažuje u tenzidů lipofilní charakter, od této hodnoty výše převažuje vlastnosti hydrofilní. Pro suroviny lipofilního charakteru používané pro výrobu emulzí existuje tzv. žádoucí hodnota HLB, která udává optimální hodnotu HLB tenzidu nebo jejich směs, při jejímž použití nejpravděpodobněji vznikne z dané směsi surovin žádaný typ emulze dostatečné kvality. Následující tabulka (Tab. 1.) poskytuje přehled o aplikaci tenzidů v praxi [1].

Tab. 1. Aplikace tenzidů v závislosti na hodnotě HLB [1]

Hodnota HLB	Využití tenzidů
4 - 6	emulgátor V/O
7 - 9	smáčedlo
8 - 18	emulgátor O/V
13 - 15	detergent – prací prostředek
10 - 18	solubilizátor – umožňuje převádět do roztoku nerozpustné nebo málo rozpustné látky

4 VLASTNOSTI EMULZÍ

4.1 Barva a vzhled emulzí

Emulze jsou zpravidla mléčně zakalené, opaleskující a při větších koncentracích jsou to neprůhledné kapaliny. Barva emulzí je obvykle bílá nebo světle žlutá, protože obě kapalná fáze se od sebe liší indexem lomu [5].

4.2 Elektrické vlastnosti emulzí

Elektrické vlastnosti zředěných emulzí jsou podobné vlastnostem zředěných solí. Částice emulzí typu O/V nesou záporný elektrický náboj, jeví elektroforetickou pohyblivost, a lze je koagulovat elektrolyty, jejichž koagulační schopnost stoupá s mocností kationtů [6].

4.3 Viskozita emulzí

Viskozita zředěných emulzí se často řídí Einsteinovou rovnicí, která je definována vzorcem (2) [3].

$$\eta = \eta_0 \cdot (1 + 2,5 \cdot \varphi) \quad (2)$$

kde: η – viskozita emulze;

η_0 – viskozita čistého disperzního prostředí;

φ – objemový zlomek disperzního podílu.

Viskozita koncentrovaných emulzí závisí zase mnohem více na poměru objemů obou kapalných fází než pouze na viskozitě disperzního prostředí a uplatňuje se také viskozita emulgátoru. Systémy vykazují nenevtonské chování, tj. jejich viskozita se mění se změnou působící síly [6].

4.4 Brownův pohyb

Do koloidních částic narážejí vlivem tepelného pohybu molekuly disperzního prostředí a tyto nárazy mají za následek pohyb částic, který nazýváme Brownův pohyb [5].

Počet nárazů molekul není rovnoměrný ze všech stran a v určitém okamžiku vzniká náhodná výslednice sil, která s částičkou disperzního podílu pohne [23]. Intenzita

Brownova pohybu roste s teplotou a klesá s velikostí disperzních částic. U větších částic přechází pohyb v pouhé vibrace a částice rozměrů větších než 4 μm jej nevykazují. Ten samý impuls uvede malou částičku v rychlejší pohyb než částici velkou a velké částice mají za jednotku času tolik nárazů ze všech stran, že se jejich impulsy v každém okamžiku vektorovým sčítáním ruší. Brownův pohyb není pouhým následkem tepelného pohybu malých molekul, ale svou podstatou je s tepelným pohybem totožný a od tepelného pohybu malých molekul se liší pouze kvantitativně [16].

5 STABILITA EMULZÍ

Termín stabilita emulzí je definován jako odolnost systému vůči fyzikálním změnám [24]. Stabilita je jednou z nejdůležitějších vlastností mající vztah k praktickému použití. Lze ji posuzovat z termodynamického a kinetického hlediska. Termodynamická stabilita emulze je v přímé souvislosti s pravděpodobností, že daný proces, tj. rozpad emulze, proběhne, zatímco kinetická stabilita je vyjadřována rychlostí rozpadu dané emulze [2].

Stabilní emulze mohou v menší míře vznikat samovolnou emulzifikací, pouhým smícháním dvou kapalin, je-li mezipovrchové napětí mezi oběma fázemi dostatečně malé. Častější je situace, kdy dochází k přípravě stabilních emulzí pomocí mechanického dispergování (míchání, vibrace pomocí míchadel a koloidních mlýnů, protřepávání) přidat látku, která umožňuje tvorbu kapének disperzní fáze, tzv. emulgátor [5].

Někdy je možno se setkat i s pojmem agregátní stálost, která popisuje, jak systém zachovává stupeň polydisperzity [7].

Za míru stability emulzí lze považovat rychlost s jakou částice dané emulze mohou splývat ve větší částice (tj. koalescence) a závisí na řadě faktorů jako jsou [25]:

- charakter filmu emulgátoru na fázovém rozhraní;
- existence bariér (nábojových, popř. sterických) na fázovém rozhraní;
- viskozita dispergující fáze;
- objemový poměr obou fází atd.

Stabilitu ovlivňují různé vlivy, a to především druh a množství emulgátoru, poměr obsahu vnější a vnitřní fáze emulze, disperzní stupeň emulze (vyjadřuje velikosti částic), viskozita fáze emulze a způsob přípravy [26].

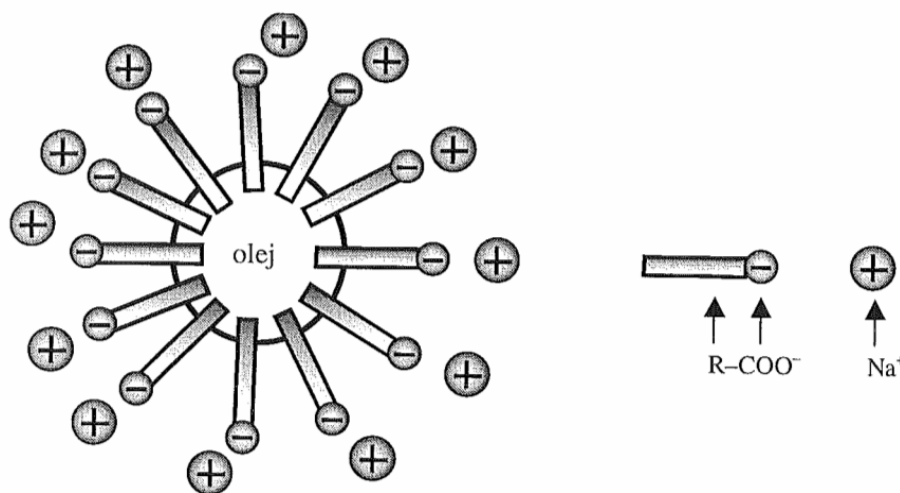
5.1 Stabilizace emulzí

Pro zajištění dostatečné životnosti emulze je zapotřebí systém stabilizovat. Emulze můžeme stabilizovat dvěma způsoby [27]:

1. stabilizace elektrickou dvojrivrstvou - ta přichází v úvahu pouze u zředěných emulzí, kde srážky částic nejsou příliš časté. Rozpustnost kationtů a aniontů je

různá ve vodné a olejové fázi; obvykle jsou anionty více rozpustné v olejové, kationty víc ve vodné fázi (proto např. kapičky u emulzí typu O/V mívají záporný náboj). Odpudivé síly mezi kapičkami brání koalescenci tím účinněji, čím větší je tloušťka dvojvrstvy a čím větší je náboj kapky. Vliv koncentrace elektrolytů na tyto dvě veličiny je však opačný - náboj kapky roste s koncentrací elektrolytu, kdežto tloušťka dvojvrstvy se vzrůstající koncentrací elektrolytu klesá [27];

2. stabilizace pomocí emulgátoru – v koncentrovaných emulzích, kde stabilizace kapének pouhým elektrickým nábojem nepostačuje, je třeba životnost emulzí zajistit přidáním vhodné třetí složky. Emulgátor vytváří na povrchu kapének ochrannou vrstvu, která při tepelné nebo sedimentační srážce dvou kapiček zabrání jejich koalescenci [27]. Na obrázku (Obr. 8) je znázorněn účinek mýdla na kapičku oleje. Mýdlem je sodná sůl nasycené karboxylové kyseliny s delším alifatickým řetězcem, např. $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COO}-\text{Na}^+$. Alifatický řetězec se orientuje do nepolárního oleje. Do polární vody je orientována karboxylová skupina s disociovaným sodným kationtem. Proto je právě rozhraní mezi olejem a vodou ideálním místem pro adsorpci mýdla [23].



Obr. 8. Stabilizace emulze povrchově aktivní látkou [23]

5.2 Destabilizace emulzí

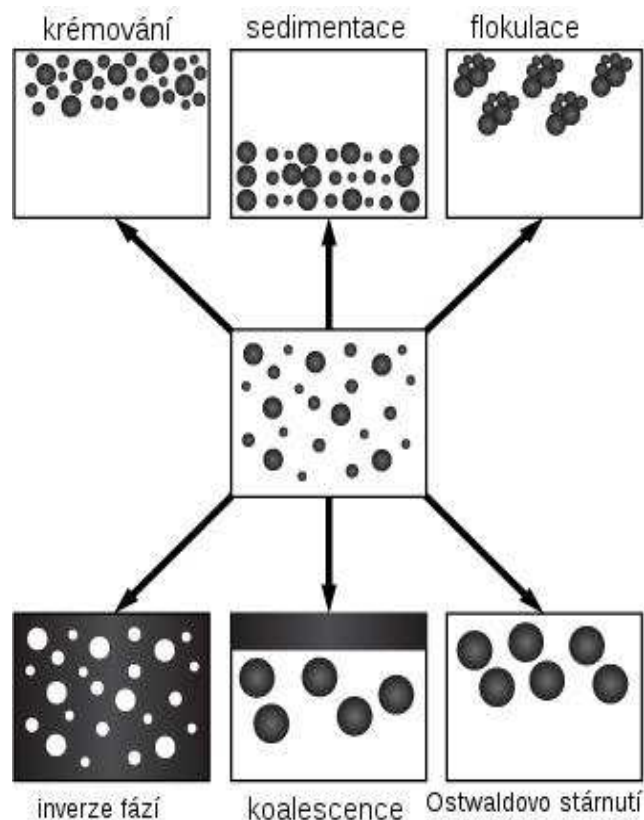
Emulze je považována za nestabilní, pokud [10]:

1. má vnitřní fáze tendenci tvořit shluky kapének;

2. se velké kuličky nebo agregáty usazují v horní vrstvě nebo tvoří sediment ve spodní části emulze;
3. se zcela nebo zčásti vnitřní fáze stává neemulgovanou v horní nebo spodní části emulze.

Emulze musí být chráněny před extrémním chladem a teplem a stabilita může být ovlivněna i mikrobiální kontaminací [10].

Procesy, které nejčastěji způsobují destabilizaci emulze při jejím uskladnění jsou krémování, flokulace a koalescence. První dva mechanismy jsou vratné, a tudíž samy o sobě nejsou tak závažné, ale většinou dochází k připojení ke koalescenci, která je procesem nevratným a tudíž okamžitě dochází k destrukci emulze. Jednotlivé procesy destabilizace emulze jsou vzájemně propojené, a proto je složité stanovit, ke kterému procesu dochází dříve či později. Všechny případy rozpadu emulzí můžeme vidět na obrázku (Obr. 9) [28].



Obr. 9. Možnosti rozpadu emulzí [29]

5.2.1 Krémování

Krémování je proces, při kterém dochází k oddělení disperzní fáze od emulze a je typickým předchůdcem koalescence. Je popisováno jako pohyb částic emulgované fáze směrem nahoru nebo dolů, v závislosti na jejich hustotě [30].

Krémování lze zabránit změnou nebo nalezením vhodnějšího emulgátoru, změnou hustoty vnitřní fáze, zmenšením velikosti kapek (vnitřní fáze) a zvýšením viskozity vnější fáze [31]. Míru krémování (rychlost sedimentace) lze zjistit ze Stokesovy rovnice (3) [30].

$$v = \frac{2r^2 \cdot (\rho - \rho_0) \cdot g}{9\eta} \quad (3)$$

kde: v - rychlost sedimentace;

r - poloměr kulovité částice;

ρ - hustota sedimentující částice;

ρ_0 - hustota disperzního prostředí;

g - tíhové zrychlení;

η - viskozita disperzního prostředí.

Rozdíl hustot ($\rho - \rho_0$) je negativní pro krémování u emulzí typu O/V, ale pozitivní pro emulze typu V/O [30].

5.2.2 Sedimentace

U sedimentace je hustota částic větší než hustota disperzního prostředí a částice padají dolů [3]. Krémování a sedimentace jsou založeny na gravitační separaci [25].

5.2.3 Flokulace

K flokulaci dochází tehdy, když dvě nebo více dispergovaných částic agregují, aniž dojde k likvidaci jejich individuální integrity [30].

5.2.4 Koalescence

Koalescence je proces, ve kterém dojde ke spojování jedné nebo více kapek a dochází ke vzniku větší kapky. Při koalescenci se zvyšuje tlouška a pružnost vrstvy tenzidu

na rozhraní fází a koalescence často následuje po krémování [31]. Tento proces probíhá především v koncentrovaných emulzích a je zde hlavním faktorem, který určuje dobu jejich životnosti [6].

5.2.5 Inverze fází

Inverze fází (také obrácení fází emulze) je přechod emulze daného typu na emulzi opačného typu. Příčinou může být změna podmínek, které stabilizují emulzi určitého typu, v důsledku [3]:

- fyzikální změny (změna teploty nebo koncentrace emulgátoru), kterou se mění poměr rozpustností emulgátoru v obou fázích;
- chemické reakce, převádějící emulgátor na látku stabilizující opačný typ emulze (např. po přidavku elektrolytu).

Tyto změny jsou vratné, a lze je za určitých podmínek vyvolat i dlouhodobým mechanickým působením [3].

5.2.6 Ostwaldovo zrání

K Ostwaldovu zrání dochází v polydisperzních emulzích. Výsledkem jsou větší kapky, které vznikají na úkor malých [32]. Ostwaldovo zrání probíhá u menších částic, které mají vyšší povrchovou energii a tedy i vyšší Gibbsovu energii než větší částice, což vede ke zřetelně vyšší rozpustnosti [33].

5.3 Rozrážení emulzí

V mnoha případech jsou emulze nevídaným jevem a je potřeba je odstraňovat. Rozrážení emulze (deemulgace) je pochod, jehož výsledkem je rozdělení emulze na makrofáze. Pokud je emulze stabilizována ionogenými emulgátory, lze pro destabilizaci využít elektrolyty s vhodnými protiionty (nejlépe polyvalentní). K zániku emulze lze použít i určité množství emulgátoru, který podporuje vznik emulze opačného typu. Při stabilizaci neionogenními emulgátory je rozrážení těžší a provádí se buď vysolováním, tj. přidavkem vysoké koncentrace elektrolytu nebo zvýšením teploty [5].

K rozrážení emulzí se využívají nejrůznější metody, každá však je použitelná jen pro některé emulze [2]:

1. mechanické metody jsou poměrně spolehlivé a řadí se zde odstředování, rytmické vibrace, šlehání; pro zředěné emulze filtrace materiálem, který je smáčen jen disperzním prostředím (např. uhlíčitán vápenatý pro emulze O/V);
2. termické metody představují především vymrazování nebo záhřev emulze na vysoké teploty za současného využití zvýšeného tlaku [3];
3. elektrické rozrážení emulze se provádí vložem buď střídavého nebo stejnosměrného napětí. Střídavé napětí je vhodné pro emulze V/O. Rychlé změny směru elektrického pole způsobují zvýšení četnosti srážek částic s následným rozrušením filmu a koalescencí. Pro emulze typu O/V se doporučuje použití stejnosměrného napětí;
4. chemické metody jsou založeny na přidavku látek, které sníží aktivitu emulgátoru. Tato činidla mohou působit různým způsobem [2]:

- přidavek elektrolytu zvýší iontovou sílu, která vede k snížení rozpustnosti emulgátoru, popřípadě k jeho vysolení;
- přidavek solí vícemocných kationtů, které vytvářejí s některými emulgátory (především anionické) nerozpustné soli;
- přidavek emulgátoru, který podporuje vznik opačného typu emulze. Přídavek emulgátoru musí být přesný, aby nedošlo k inverzi fází, popřípadě nezačala vznikat složená emulze.

6 PŘÍPRAVA EMULZÍ

Emulze se připravují disperzací disperzního podílu v disperzním prostředí, kde jedna fáze je mísitelná v druhé za pomoci působení energie homogenizátoru. Jestliže je rychlost míchání dostatečně vysoká pro překonání fázového napětí mezi dvěma kapalinami, kapky se začnou deformovat a tvořit menší kapky. Tyto malé kapky chrání emulzi před koalescencí, lokalizují se na emulgátorech při fázovém rozhraní, které silně odpuzuje ostatní kapky a tím dává emulzi dlouhodobou stabilitu [34].

Přípravě emulzí předchází příprava fází. Je třeba určit, které složky přípravku jsou hydrofilní, které jsou oleofilní, a která složka má funkci emulgátoru. Vodná fáze se připraví smícháním všech hydrofilních složek, jsou-li předepsány ve vodě rozpustné léčivé látky a pomocné látky, musejí se rovněž rozpustit. Stejně se připravuje olejová fáze. Zejména pečlivě je třeba připravit tu fázi, která bude ve vyráběné emulzi fází vnitřní. Těkavé a termolabilní látky (éterické oleje apod.) se přidávají až nakonec do polovychladlé emulze [35].

Samotná příprava emulzí zahrnuje následující technologické operace:

1. emulgace - proces, při kterém je jedna kapalina dispergována ve druhé kapalině, za vzniku dvoufázového systému dvou nemísitelných kapalin. Často se provádí dvoustupňově. Na primární emulgaci, při které se vytvoří hrubá emulze s relativně velkými částicemi dispergované fáze, navazuje sekundární emulgace, při které dochází k úpravě velikosti částic [35];
2. homogenizace - úprava původní přirozené emulze. Účinnost emulgace, resp. homogenizace, je důležitým faktorem určujícím vzhled, texturu, stabilitu i chuť výrobku. Desintegrace původních částic dispergované kapaliny se dosahuje účinkem smykového napětí, gradientu smykové rychlosti (a tedy i tlaku) a kavitace (v důsledku lokálního prudkého poklesu tlaku) při intenzivním proudění disperzního prostředí. Tyto síly musí být dostatečně velké, aby překonaly soudržnou sílu původní částice, a musí působit dostatečně dlouhou dobu. Mezifázová síla odpovědná za soudržnost kuliček dispergované kapaliny je přímo úměrná mezifázovému napětí a nepřímo úměrná průměru částice [36].

Při emulgování rozlišujeme tři rozdílné metody, a to podle toho jakým způsobem je emulgátor zpracován [35]:

- anglická metoda – emulgátor se zpracuje s tou fází, v níž je lépe rozpustný. Potom se přidá, najednou anebo po částech, fáze vnitřní;
- kontinentální metoda – emulgátor se zpracuje s fází, v níž je hůře rozpustný (s budoucí vnitřní fází). K této suspenzi se přidává vnější fáze buď najednou, anebo po částech. Při postupném přidávání vzniká zpočátku opačný typ emulze než jaký se očekává. Až při dosažení určitého poměru obou fází dojde k inverzi v očekávaný typ. Takto připravené emulze se vyznačují vysokým stupněm disperzity vnitřní fáze a dobrou fyzikální stabilitou;
- metoda přípravy s emulgátorem vznikajícím *in situ* – zde vzniká emulgátor až smícháním fází chemickou reakcí složek olejové a vodné fáze. Při této emulgaci vznikají mýdla. Při emulgování se budoucí vnitřní fáze rozděluje na drobné kapky, které se současně rozptylují ve vnější fázi.

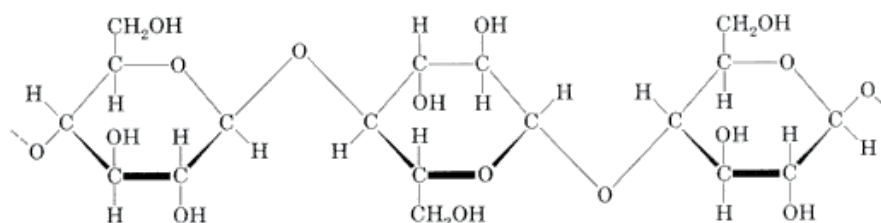
Emulguje se působením mechanické síly (třepáním, mícháním, ultrazvukem). Velmi důležité je, aby měly obě fáze stejnou teplotu. Při ochlazování se musí dbát na to, aby se celá emulze ochlazovala rovnoměrně, čehož je dosaženo rovnoměrným mícháním až do vychladnutí [35].

7 CELULÓZA

Celulóza je hlavním stavebním materiálem cévnatých rostlin, bakterií a mořských rostlin [37]. Mimo to se však vyskytuje i u některých živočichů, konkrétně u pláštěnců (*Tunicata*) [38]. Výjimečně se celulóza vyskytuje v přírodě v čisté formě, většinou však v kombinaci s ligninem a dalšími polysacharidy (hemicelulóza) v buněčné stěně dřevin [39]. Téměř čistou celulózou jsou bavlněná vlákna z bavlníku rodu *Gossypium* [40].

Celulóza představuje snadno přístupný, obnovitelný polymer, dostupný po celém světě. Je nejrozšířenějším biopolymerem na zemském povrchu. Odhaduje se, že fotosyntézou je syntetizováno každoročně $10^{11} - 10^{12}$ tun celulózy. Celulóza se nedá připravit synteticky, proto jsme odkázáni na její zdroje, tj. bavlnu, len (99 %), dřevo z lesních stromů (40 – 50 %), slámu atd. [39].

Celulóza (Obr. 10) tvoří asi 50 % veškeré dřevní hmoty [41]. Ve vodě a zředěných kyselinách je nerozpustná a s jodem nedává žádné zbarvení [40].



Obr. 10. Strukturní vzorec celulózy [42]

Po chemické stránce se jedná o vysokomolekulární lineární přírodní polymer, složený až z 1500 jednotek monosacharidu D-glukózy vzájemně spojených glykosidickými vazbami, tvořícími dlouhé řetězce, které jsou zcela nerozpustné ve vodě [43]. Každá z vázaných jednotek v řetězci je otočena vzhledem k předchozí a v této poloze je udržována intramolekulárními vodíkovými vazbami. Propojením dvou β -D-glukóz vzniká disacharid celobióza, která je pokládána za stavební jednotku celulózy [37], [42].

Pro člověka a pro mnoho druhů obratlovců je celulóza nestravitelná, takže doputuje do tlustého střeva téměř neporušena. Proto může tlusté střevo pročistit a zbavit jej tak škodlivých látek [44]. Její nestravitelnost je dána absencí enzymů, které by

polysacharidy vlákniny štěpily. Býložravci však mají v trávicím ústrojí symbiotické mikroorganismy, které vylučují komplex celulótických enzymů pod společným názvem celulázy. Pomocí těchto enzymů si býložravci rozkládají celulózu až na konečný produkt glukózu. Soubor enzymů pro štěpení celulózy mají tedy pouze mikroorganismy a nově se zjistilo, že i termiti [40], [45]. Nestravitelná celulóza je hlavní složkou nerozpustné vlákniny, která zvětšuje objem stravy, zkracuje dobu jejího průběhu zažívacím traktem a zlepšuje střevní peristaltiku [46].

Jako polymerní materiál je celulóza využívána zejména pro dva účely. V surové formě po mnoho staletí sloužila jako stavební materiál (především ve formě dřeva), zdroj textilních vláken (např. bavlna, len) a ve formě papírů a lepenky. V posledních staletích se celulóza používá jako univerzální výchozí surovina pro chemické zpracování, zejména na výrobu umělých celulózových vláken a filmů a jiných forem, využívaných v mnoha oblastech průmyslu a domácnostech [39].

V posledních letech se díky svým jedinečným chemickým a fyzikálním vlastnostem v kombinaci s vodou stala celulóza populární přídatnou látkou. Přídavkem celulózy do potraviny se zvýší objem a obsah vlákniny bez zásadního ovlivnění chuti. Jelikož je celulóza nestravitelná a má tedy nulovou energickou hodnotu, stala se populárním plnidlem dietních potravin. Spotřebitelé konzumující potraviny s vysokým obsahem celulózy mají psychický i fyzický pocit sytosti, aniž by spotřebovali větší množství kalorií [47].

7.1 Mikrokrystalická celulóza

V potravinářském průmyslu se nejvíce používá mikrokrystalická celulóza. Může být použita v suché formě jako gel nebo jako plnidlo snižující podstatně energetickou hodnotu a přitom zaručující konzistenci. Přídavkem mikrokrystalické celulózy se nezhoršuje chuť výrobku. Při dispergaci ve vodě tvoří celkem stabilní gely obsahující min. 18 % sušiny. Tyto gely jsou roztíratelné, tudíž mají krémovitou konzistenci. Mikrokrystalická celulóza se používá také jako účinný absorbent, jenž převádí výrobky s větším množstvím tuku nebo cukru na sypké granulované prášky, které se dají použít jako sypké polotovary (suchý sýr, suché sirupy, med). Další aplikací mikrokrystalické celulózy je její přídavek do nízkoenergetických potravin. Může se samozřejmě používat i jako částečný stabilizátor v modifikovaných škrobech,

do suspenzí či emulzí (omáček apod.). Může se používat také jako zákalotvorné činidlo, součást aerosolů a jako tvorba ochranných filmů [48]. Dále je využívána jako nosič olejů a aromatických látek, emulgátor, zahušťovadlo, náplň do žvýkaček a cukrovinek, stabilizátor pěn, protispékavá látka nebo součást tablet [49].

8 DERIVÁTY CELULÓZY

Substitucí celulózy lze dosáhnout toho, že vznikne modifikace, která je rozpustná ve vodě. Rozpustnost těchto celulóзовých polymerů je přisuzována zmenšenému počtu vodíkových interakcí. Mezi tuto modifikaci řadíme methylcelulózu a hydroxypropylmethylcelulózu [50].

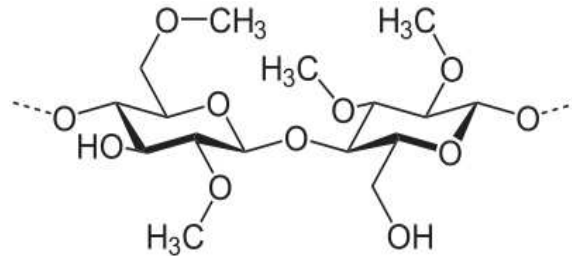
Mezi hlavní využití derivátů celulózy patří výroba vodou ředitelných barviv, kde se podílí na stabilitě částic a ovlivňují konzistenci a krycí schopnost. Ve stavebnictví se dále využívají při výrobě cementů, sádrových pojiv nebo malty, kde pomáhají zvýšit absorpci vody, čímž přispívají k lepší konzistenci a zvýšení lepivosti. Bývají přítomné i v tekutých detergentech a čistících prostředcích pro domácnost. Ve farmaceutickém průmyslu jsou běžně používány jako povrchové vrstvy tablet. Během rozpouštění tablety vytvoří tyto polymery gel, díky čemuž je účinná látka lépe uvolňována [51].

Deriváty celulózy se používají do různých druhů potravin jako účinná zahušřovadla, stabilizátory, emulgátory, pěnidla, látky proti zapékání a jako dispergující činidla [48]. Potravinářské uplatnění mají jen ethery. Nejčastěji využívané jsou karboxymethylcelulóza, dále methylcelulóza a hydroxypropylcelulóza [46]. Používají se pro prodloužení trvanlivosti chleba a dalších pekařských výrobků před jejich vysoušením. Při výrobě zmrzliny vytváří správné reologické vlastnosti a zabraňují případnému růstu ledových krystalů. V mléčných výrobcích, omáčkách a polévkách působí jako stabilizátor tuků a bílkovin [51].

8.1 Methylcelulóza

Methylcelulóza (MC, Obr. 11) je nejčastěji používanou gelotvornou látkou. Průměrná molekulová hmotnost se pohybuje v rozmezí 10 – 220 kDa. Methylcelulóza obsahuje asi 27 - 32 % hydroxylových skupin, které jsou ve formě methyletheru. Je prakticky nerozpustná v horké vodě, acetonu, v bezvodém ethanolu a toluenu. Rozpouští se ve studené vodě za vzniku koloidního roztoku. Zahříváním roztoku MC dochází, jako výsledek fázové separace, k vytvoření gelové struktury. Disperze s obsahem MC do 2 % mají charakter slizů, s obsahem okolo 6 % charakter gelů [52].

Využívá se jako zahušťující látka, stabilizátor a emulgátor. Používá se při výrobě pekařských výrobků, cukrovinek, žvýkaček apod. Látka zažívacím traktem pouze prochází.



Obr. 11. Strukturální vzorec methylcelulózy [53]

V malém množství nemá známé nežádoucí účinky. Při vysokých dávkách může citlivým osobám způsobovat střevní a vyměšovací potíže [49].

Methylcelulóza má prakticky nekonečné využití jako emulgátor, stabilizátor a zahušťo-vadlo v různých spotřebních odvětvích. Díky těmto vlastnostem má, mimo jiné, dobré zastoupení v kosmetickém průmyslu. Má zásluhu na konzistenci šamponů, tekutých mýdel nebo zubních past [54]. V mnohých předních šamponech například už jenom 0,3 až 1 % MC pomáhá zvýšit viskozitu a kvalitu celého přípravku. Pro přirozenou lubrikační schopnost je MC přidávána do výrobků pro lepší dávkování. Procentuelní obsah MC ve vybraných prostředcích je uveden v tabulce (Tab. 2) [55].

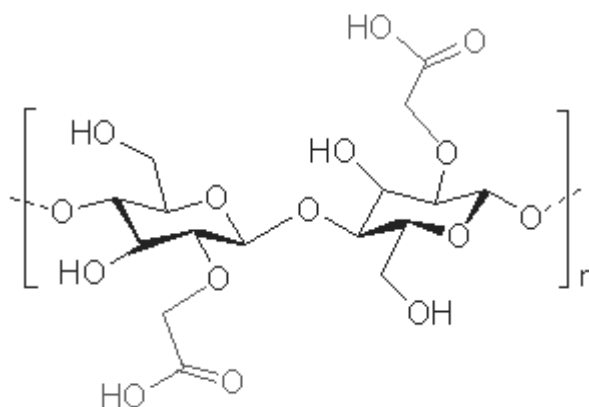
Tab. 2. Obsah MC ve vybraných kosmetických produktech [68]

Typ produktu	MC [hm. %]
šampon	0,5 – 1,0
tekuté mýdlo	0,3 – 0,75
pleťové čistící prostředky	0,1 – 0,3
sprchový gel	0,1 – 0,4
opalovací krém	0,1 – 0,3
pěna do koupele	0,3 – 0,75
tekutý nebo krémový make-up	0,1 – 0,3
pleťová voda	0,2 – 0,5
kondicionér	0,75 – 1,5

Ve farmacii je součástí uměle syntetizovaných slz a slin. Je i ideálním lubrikantem při citlivých operačních technikách [54].

8.2 Karboxymethylcelulóza

Karboxymethylcelulóza (CMC, Obr. 12) resp. její sodná sůl se připravuje působením sodné soli kyseliny monochloroctové na alkalické celulóze. Příprava probíhá v prostředí organických rozpouštědel, etanolu nebo chloroformu apod. Surová CMC se důkladně rafinuje do potravinářské jakosti. Stupeň substituce (tj. počet funkčních skupin na glukózu) se může pohybovat od 0,1 do 0,8, podle způsobu použití a viskozity. Viskozita je současně závislá na molekulové hmotnosti používané celulózy, a to platí pro všechny celulózy [48].



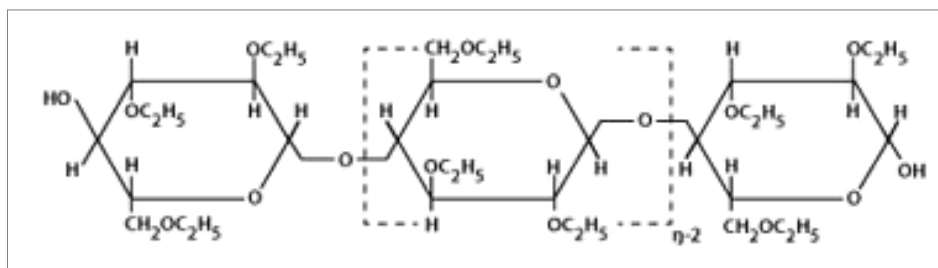
Obr. 12. Strukturální vzorec karboxymethylcelulózy [4]

Karboxymethylcelulóza se používá jako zahušťovadlo v potravinářských výrobcích (tvarohové a sýrové pomazánky), stabilizátor emulzí (omáčky, polévky, dresingy), solubilizátor některých proteinů (želatina, kasein), či jako retardér tvorby krystalů (zmrzlina) [46].

Dále se používá pro zahušťování potravin při výrobě sirupů, zmrzlin, cukrovinek a pekařských výrobků, pudinků, polévek apod. Stejně jako MC zpomaluje růst cukerných krystalů v cukerných polevách a sirupech, zvětšuje objem a prodlužuje trvanlivost sladkých pekařských výrobků. Používá se jako základ jedlých povrchových filmů, kterými je ošetřováno ovoce a zelenina, přidává se do hluboce zmražených potravin, mražených polotovarů, pokrmů určených k přípravě v mikrovlnných troubách a kromě toho se objevuje jako přísada v některých salámech [49]. K vytvoření stabilní koloidní hmoty je karboxymethylcelulóza schopna absorbovat až padesátinásobné množství vody [56].

8.3 Ethylcelulóza

Ethylcelulóza (EC, Obr. 13) je derivátem celulózy, ve kterém jsou některé z hydroxylových skupin opakujících se glukózových jednotek převedeny na ethyleterové skupiny [57].



Obr. 13. Strukturální vzorec ethylcelulózy [58]

Ethylcelulóza je nestrávitelný polysacharid tvořící bílá zrnka. Zvyšuje pojivost a soudržnost některých potravin, zejména cukrovinek a žvýkaček, ale objevuje se i ve vitamínových preparátech. Kromě ochranných vrstev vitamínů a lékových tablet může být i součástí ředicích činidel nebo se vyskytovat v potravinách jako plnidlo [59].

8.4 Hydroxypropylcelulóza

Hydroxypropylcelulóza (HP) je inertní, netoxický, neiontový polymer. Jeho viskozita klesá s rostoucí teplotou. Hydroxypropylcelulóza se snadno rozpouští ve vodě při teplotách nižších než 38 °C, kdy vytváří průhledný koloidní roztok. V horké vodě je nerozpustná, ale dobře se rozpouští i v celé řadě organických rozpouštědel [60].

Hydroxypropylcelulóza se používá zejména ve farmacii pro ochranu a lubrikaci oční rohovky při léčbě suchých očí [59].

8.5 Hydroxyethylcelulóza

Hydroxyethylcelulóza je neionogenní ve vodě rozpustný polymer, využívaný jako zahušřovadlo kosmetických přípravků osobní péče. Vytváří křišťálově čirý gel a zahušřuje vodnou fázi přípravku. Používá se i do šamponů, tělových mýdel a sprchových gelů [61]. Často se používá i v čistících přípravcích pro domácnost, stejně jako MC, jako obal tablet ve farmacii [60].

9 CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE

Cílem diplomové práce bylo provést literární rešerži na téma emulze, způsoby jejich přípravy a využití. Dále pak zmapovat deriváty celulózy a možnosti jejich využití při výrobě emulzí.

Cílem diplomové práce je tedy připravit různé emulze typu O/V s obsahem methylcelulózy pomocí systému dvou emulgátorů, přičemž měněny budou jejich základní parametry, tedy hodnoty HLB, poměry olejové a vodné fáze, koncentrace emulgátorů s ohledem na velikost částic a tedy jejich stabilitu. Současně bude provedena jejich základní charakterizace, která zahrnuje jak vizuální pozorování, tak mikroskopické pozorování. V neposlední řadě bude provedeno měření velikosti částic emulzí pomocí přístroje Zeta Nano ZS.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

10 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

10.1 Použité chemikálie a zařízení

- Igepal CA 520 (Sigma - Aldrich)
- Igepal CA 720 (Sigma – Aldrich)
- n-undekan p.a. (Reachin)
- destilovaná voda
- methylcelulóza - Aldrich ($\eta = 400 \text{ mPa}\cdot\text{s}$)
- ethanol 96%
- imerzní cedrový olej (Merci)
- digitální váhy – OHAUS (Švýcarsko)
- desintegrátor T25, vč. nastavce ULTRA – TURRAX (IKA)
- mikroskop - OLYMPUS CX41 (Japonsko)
- počítač s programem - Quick PHOTO PRO 2.0
- fotoaparát – OLYMPUS (Japonsko)
- analyzátor částic ZETA NANO ZS (Malvern Instruments)
- sušárna UFB400 (Memmert)
- inkubátor mikrobiologický (Memmenta)
- chladnička (Calex)
- běžné laboratorní sklo a zařízení
- automatická mikropipeta 2 – 20 μl (Merci)
- automatická mikropipeta F1000 (Plastomed)
- plastové špičky na automatické pipety
- polystyrenové kyvety pro měření velikosti částic (Německo)
- zkumavky 14 ml (Biologix)
- stříkačkový filtr o velikosti pórů 0,22 μm (Millipore, Velká Británie)
- plastové pasteurovy pipety
- mikrozukavky 1,5 ml (eppendorf)
- injekční stříkačky 12 ml
- podložní sklíčka a krycí sklíčka (22 x 22 mm)

10.2 Použité metodiky

Pro přípravu emulzí typu O/V byla olejová fáze tvořena undekanem a vodná destilovanou vodou. Poměry olejové a vodné fáze byly stanoveny na 5/95, 10/90, 15/85, 20/80, 25/75 a 30/70. Byly použity neionické emulgátory Igepal CA 520 a Igepal CA 720, které tvořily 3 a 5 % z celkového množství emulze, při hodnotách HLB systému 10,5; 11 a 11,5. Jako emulgátor pro olejovou fázi byl použit Igepal CA 520, jehož hodnota HLB činí 10, pro vodnou fázi byl použit emulgátor Igepal CA 720 s HLB hodnotou 14,2. Příklad 1% roztoku methylcelulózy ($\eta = 400$ mPa.s) odpovídal 1 % z celkového množství vodné fáze.

Pro přípravu emulzí bylo použito homogenizačního zařízení Ultra-Turrax a rychlosti otáčení 3 400 a 13 400 ot./min.

Potřebná množství jednotlivých emulgátorů byla vypočtena podle vztahu (4):

$$HLB = x_1 \cdot HLB_1 + x_2 \cdot HLB_2 \quad (4)$$

kde: x_1 - hmotnostní zlomek olejové složky;

x_2 - hmotnostní zlomek vodné složky;

HLB_1 - HLB hodnota Igepalu CA 520;

HLB_2 - HLB hodnota Igepalu CA 720.

Příklad výpočtu množství jednotlivých emulgátorů pro HLB 10,5 a celkového množství 3 % emulgátorů v 50 g emulze:

$$HLB = x_1 \cdot HLB_1 + x_2 \cdot HLB_2$$

$$\text{kde: } x_1 = \frac{m_1}{m_s}; \quad x_2 = \frac{m_2}{m_s}; \quad m_1 = m_s - m_2$$

Pro přípravu emulze obsahující 3 % emulgátorů je navážka 3 g emulgátorů na 100 g vzorku. K experimentu bylo připravováno 50 g vzorku emulze, celková navážka směsi obou emulgátorů m_s byla tedy poloviční a činila vždy 1,5 g.

$$10,5 = \left(\frac{1,5 - m_2}{1,5} \right) \cdot HLB_1 + \left(\frac{m_2}{1,5} \right) \cdot HLB_2$$

$$10,5 = \left(1 - \frac{m_2}{1,5} \right) \cdot 10 + \left(\frac{m_2}{1,5} \right) \cdot 14,2$$

$$10,5 = 10 - 6,67m_2 + 9,47m_2$$

$$m_2 = 0,179 \text{ g (Igepal 720) / 50 ml}$$

$$m_1 = m_s - m_2$$

$$m_1 = 1,5 - 0,179$$

$$m_1 = 1,321 \text{ g (Igepal 520) / 50 ml}$$

kde: m_1 – hmotnost emulgátoru rozpustného v olejové fázi (Igepal 520);

m_2 – hmotnost emulgátoru rozpustného ve vodné fázi (Igepal 720);

m_s – celková hmotnost emulgátorů.

Příklad výpočtu množství olejové a vodné fáze, jednotlivých emulgátorů a 1% roztoku methylcelulózy pro přípravu 50 g vzorku emulze:

Poměr fází (O/V): 5/95

HLB = 10,5

Celkové množství emulgátorů v systému: 3 %

Igepal 520 = 1,321 g

Igepal 720 = 0,179 g

Směs (O/V) = 48,5 g

vodná fáze: $48,5 \cdot 0,95 = 46,075$ g; z toho 1 % methylcelulózy: $46,075 \cdot 0,01 = 0,461$ g;

voda: $46,075 - 0,461 = 45,614$ g

olejová fáze: $48,5 \cdot 0,05 = 2,425$ g

V Tab. 3 - 8 jsou uvedena vypočtená množství jednotlivých složek pro přípravu emulzí o určitých hodnotách HLB a příslušném množství emulgátorů.

Tab. 3. Vypočtená množství olejové a vodné fáze, emulgátorů a 1% roztoku methylcelulózy pro emulzi o hodnotě HLB 10,5 a celkovém množství 3 % emulgátorů

HLB 10,5				
Hmotnost [g]				
Olejová fáze	Vodná fáze	Igepal 520	Igepal 720	Roztok methylcelulózy
2,425	45,614	1,321	0,179	0,461
4,850	43,214	1,321	0,179	0,437
7,275	40,813	1,321	0,179	0,412
9,700	38,412	1,321	0,179	0,388
12,125	36,011	1,321	0,179	0,364
14,550	33,611	1,321	0,179	0,340

Tab. 4. Vypočtená množství olejové a vodné fáze, emulgátorů a 1% roztoku methylcelulózy pro emulzi o hodnotě HLB 10,5 a celkovém množství 5 % emulgátorů

HLB 10,5				
Hmotnost [g]				
Olejová fáze	Vodná fáze	Igepal 520	Igepal 720	Roztok methylcelulózy
2,375	44,674	2,202	0,298	0,451
4,750	42,323	2,202	0,298	0,428
7,125	39,971	2,202	0,298	0,404
9,500	37,620	2,202	0,298	0,380
11,875	35,269	2,202	0,298	0,356
14,250	32,918	2,202	0,298	0,333

Tab. 5. Vypočtená množství olejové a vodné fáze, emulgátorů a 1% roztoku methylcelulózy pro emulzi o hodnotě HLB 11 a celkovém množství 3 % emulgátorů

HLB 11				
Hmotnost [g]				
Olejová fáze	Vodná fáze	Igepal 520	Igepal 720	Roztok methylcelulózy
2,425	45,614	1,143	0,357	0,461
4,850	43,214	1,143	0,357	0,437
7,275	40,813	1,143	0,357	0,412
9,700	38,412	1,143	0,357	0,388
12,125	36,011	1,143	0,357	0,364
14,550	33,611	1,143	0,357	0,340

Tab. 6. Vypočtená množství olejové a vodné fáze, emulgátorů a 1% roztoku methylcelulózy pro emulzi o hodnotě HLB 11 a celkovém množství 5 % emulgátorů

HLB 11				
Hmotnost [g]				
Olejová fáze	Vodná fáze	Igepal 520	Igepal 720	Roztok methylcelulózy
2,375	44,674	1,905	0,595	0,451
4,750	42,323	1,905	0,595	0,428
7,125	39,971	1,905	0,595	0,404
9,500	37,620	1,905	0,595	0,380
11,875	35,269	1,905	0,595	0,356
14,250	32,918	1,905	0,595	0,333

Tab. 7. Vypočtená množství olejové a vodné fáze, emulgátorů a 1% roztoku methylcelulózy pro emulzi o hodnotě HLB 11,5 a celkovém množství 3 % emulgátorů

HLB 11,5				
Hmotnost [g]				
Olejová fáze	Vodná fáze	Igepal 520	Igepal 720	Roztok methylcelulózy
2,425	45,614	0,964	0,536	0,461
4,850	43,214	0,964	0,536	0,437
7,275	40,813	0,964	0,536	0,412
9,700	38,412	0,964	0,536	0,388
12,125	36,011	0,964	0,536	0,364
14,550	33,611	0,964	0,536	0,340

Tab. 8. Vypočtená množství olejové a vodné fáze, emulgátorů a 1% roztoku methylcelulózy pro emulzi o hodnotě HLB 11,5 a celkovém množství 5 % emulgátorů

HLB 11,5				
Hmotnost [g]				
Olejová fáze	Vodná fáze	Igepal 520	Igepal 720	Roztok methylcelulózy
2,375	44,674	1,607	0,893	0,451
4,750	42,323	1,607	0,893	0,428
7,125	39,971	1,607	0,893	0,404
9,500	37,620	1,607	0,893	0,380
11,875	35,269	1,607	0,893	0,356
14,250	32,918	1,607	0,893	0,333

10.3 Příprava emulzí

Vypočtená množství jednotlivých složek emulzí (viz Tab. 3 – 8) byla navážena do 100 ml odměrného válce s přesností na 0,001 g. Samotná emulgace probíhala pomocí homogénéizéru Ultra-Turrax. Na homogénéizéru byla nastavena rychlost otáčení 3 400, popř. 13 400 ot./min. a vzorek byl emulgován po dobu 30 minut při laboratorní teplotě (25 °C). Během emulgace byly v daných časových intervalech (1, 3, 5, 10, 15, 20 a 30 min.) odebírány vzorky, které sloužily k měření velikosti částic. Připravené emulze byly rozděleny do zkumavek a byly skladovány při teplotách 4 °C (v chladničce), 25 °C (v laboratoři) a 37 °C (v termostatu).

10.4 Vizuální pozorování

Vizuálním pozorováním byl sledován předeším vzhled emulze, její barva a stabilita. První vizuální pozorování bylo provedeno ihned po emulgaci, další za 1 hodinu po přípravě a během následujících 20 dnů. Pozorovány byly vzorky uchované v plastových zkumavkách skladované při teplotách 4, 25 a 37 °C.

10.5 Mikroskopické pozorování

K mikroskopickému pozorování byl použit laboratorní mikroskop Olympus CX41 propojený s fotoaparátem Olympus a počítačem s programem Quick PHOTO PRO 2.0, pomocí kterého byly pořizovány fotografické záznamy.

Vlastní pozorování probíhalo tak, že ze vzorku emulze bylo odebráno plastovou pasteuovou pipetou malé množství vzorku, které bylo přeneseno na podložní sklo a překryto sklem krycím. Na krycí sklíčko byla nanesena kapka cedrového imerzního oleje a pod imerzním objektivem bylo pozorováno chování emulze a přítomnost nebo absence Brownova pohybu. Bylo použito zvětšení 10 x 100 a clona Ph 3. Pomocí fotoaparátu a programu Quick PHOTO PRO 2.0 byl vzorek následně vyfotografován.

10.6 Měření velikosti částic přístrojem Zeta Nano ZS

Měření velikosti částic přístrojem Zeta Nano ZS je založeno na dynamickém rozptylu světla. Metoda je velmi citlivá na přítomnost prachových částic, proto byla voda

použitá k ředění vzorků emulzí vždy přefiltrována přes filtr o velikosti póru 0,22 μm . Měření probíhalo při teplotě 25 °C.

Do polystyrenové kyvety byl pomocí automatické pipety nadávkován 1 ml přefiltrované vody a 3 μl vzorku emulze. Takto připravená kyveta se vzorkem byla uzavřena víčkem a manuálně protřepána. Po očištění případných nečistot ze stěn kyvety byla tato vložena do přístroje, který výsledky velikosti částic emulze vyhodnotil automaticky.

11 VÝSLEDKY A DISKUZE

Na základě předchozích zkušeností a experimentů na našem pracovišti, byla zvolena příprava všech emulzí pomocí systému dvou emulgátorů, pomocí vysokorychlostního zařízení Ultra-Turrax. Poměry olejových a vodných složek byly u jednotlivých emulzí měněny od hodnoty $O/V = 5/95$ až na hodnotu $O/V = 30/70$. Olejovou složku tvořil vždy n-undekan. Dále byly použity emulgátory Igepal CA 520 a Igepal CA 720, jejichž procen-tuální zastoupení bylo vždy 3 a 5 %, HLB hodnota systému byla nastavena postupně na hodnoty 10,5; 11 a 11,5. Vodnou složku tvořila destilovaná voda a 1% přídatek 1% roztoku methylcelulózy. Všechny takto připravené emulze byly připravovány při různých rychlostech otáčení, tzn. při 3 400 a 13 400 ot./min. V průběhu přípravy emulzí byly v určitých časových intervalech (1, 3, 5, 10, 15, 20 a 30 min.) odebírány vzorky emulzí, které následně sloužily k měření velikosti částic. Všechny vzorky emulzí byly dále pozorovány vizuálně i mikroskopicky.

11.1 Vliv rychlosti otáček na velikost částic emulze a její následnou stabilitu

Jedním z hlavních faktorů, který ovlivňuje velikost částic, potažmo i stabilitu emulzí je rychlost otáček použitého homogenizačního zařízení. Z tohoto důvodu byly jednotlivé emulze připravovány při různých rychlostech otáčení. Dalším faktorem ovlivňující výslednou stabilitu emulzí může být i výsledná viskozita systému, z tohoto důvodu byl do všech emulzí při jejich přípravě přidáván do vodné fáze 1% roztok methylcelulózy.

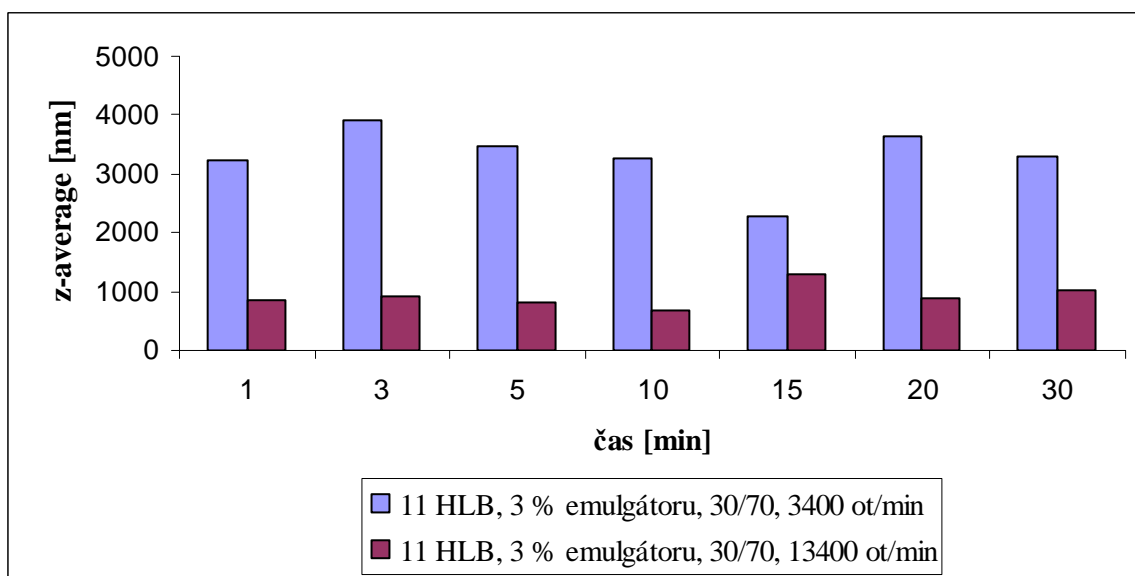
Na základě předchozích zkušeností byla zvolena rychlost 3 400 ot./min., tj. nejnižší rychlost otáčení, kterou lze na námi zvoleném homogenizačním zařízení použít. Druhá rychlost byla zvolena na hodnotu 13 400 ot./min., což byla rychlost, při které emulzní systémy bez jakéhokoliv přídatku látky zvyšující jejich viskozitu vykazovaly nejvyšší stabilitu [62].

Doba míchání každé emulze byla 30 min., přičemž byly v daných časových intervalech (1, 3, 5, 10, 15, 20 a 30 min.) odebírány vzorky k měření velikosti částic. Po ukončení emulzifikace byly vzorky výsledné emulze uloženy při různých teplotních podmínkách – teplotě chladničkové (4 °C), laboratorní (25 °C) a teplotě termostatické (37 °C). Tyto

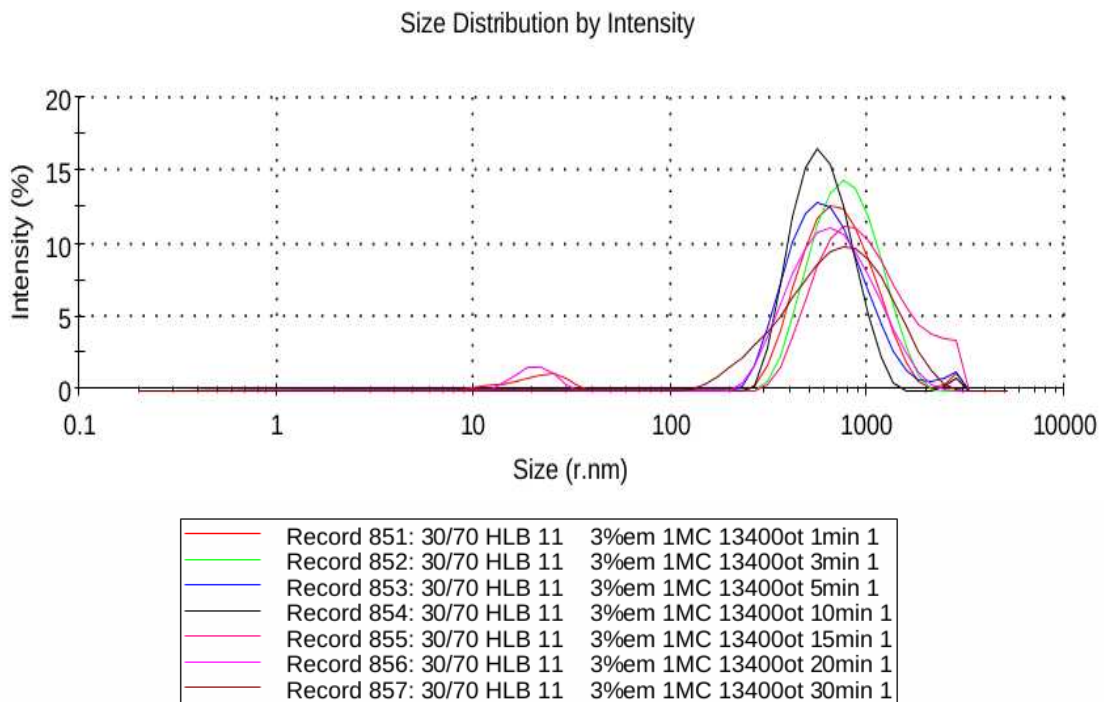
emulze pak byly v časových intervalech 1, 6, 8 (9), 13 (15) a 20 (22) dnů pozorovány vizuálně i mikroskopicky.

Při měření velikosti částic při rychlostech 3 400 a 13 400 ot./min., HLB hodnotách systému 11, poměru O/V = 5/95 a obsahu emulgátorů 3 % byl zjištěno, že nejmenších částic bylo dosaženo po 15 min. míchání při 3 400 ot./min. (1,5 nm).

Pro 13 400 ot./min. se velikost částic emulze pohybovala v rozmezí od 13,7 do 18,02 nm. Při stejném HLB systému i procentuálním zastoupení emulgátorů, ale s poměrem O/V = 30/70 byla velikost částic značně vyšší (Obr. 14). Velikost částic emulze připravované rychlostí 13 400 ot./min. měřené na přístroji Zeta Nano ZS je uvedena na Obr. 15.



Obr. 14. Velikost částic emulze s HLB = 11, 3 % emulgátorů, rychlost míchání 3 400 a 13 400 ot./min., O/V = 30/70

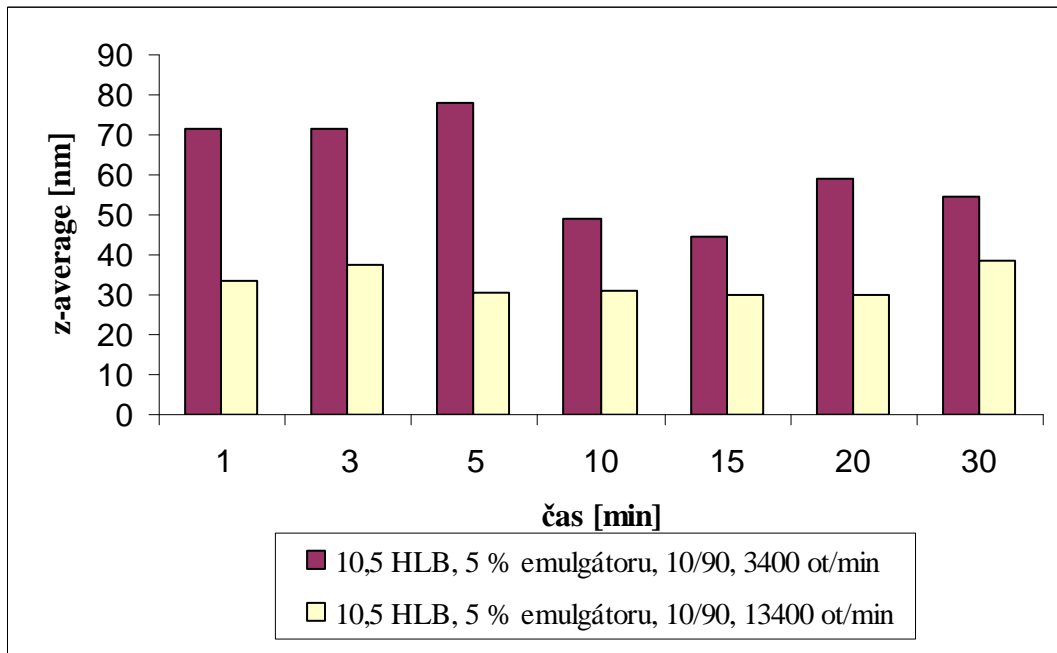


Obr. 15. Velikost částic emulze s $HLB = 11$, 3 % emulgátorů, $O/V = 30/70$, rychlost míchání 13 400 ot./min. po dobu 1, 3, 5, 10, 15, 20 a 30 min.

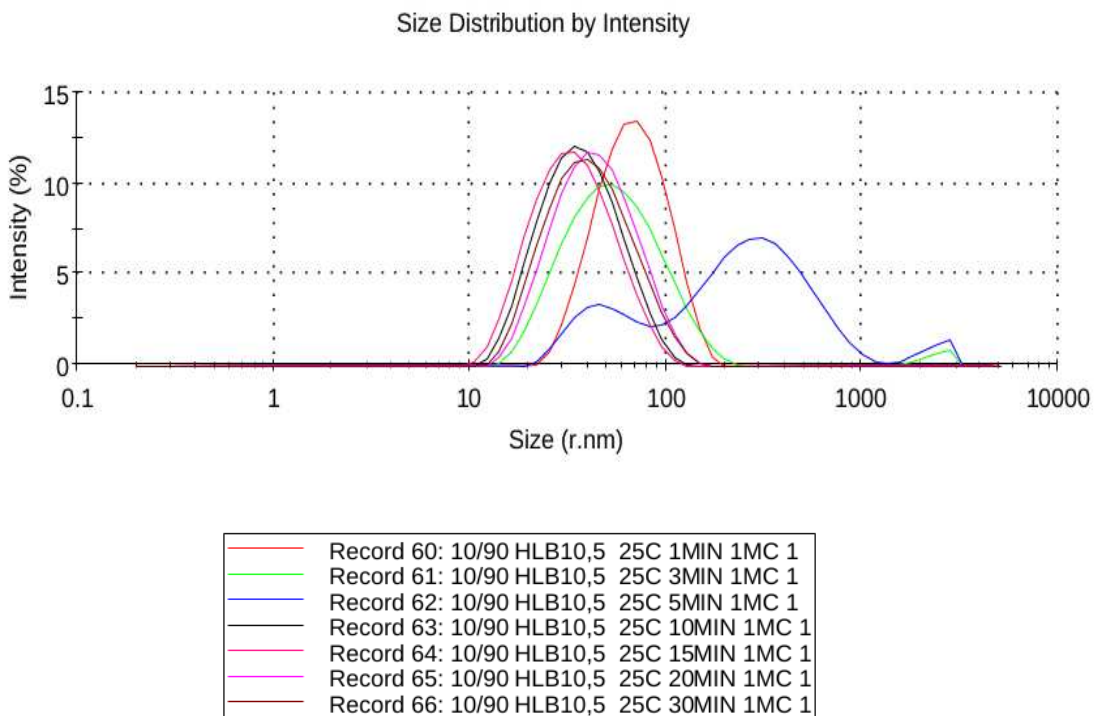
Jak je z obrázku patrné, velikost částic u obou sledovaných emulzí se pohybovala již v řádech několika stovek až tisíců nm (666 – 1284 nm pro emulzi připravovanou při 13 400 ot./min. a 2272 – 3 904 nm pro emulzi míchanou při 3 400 ot./min.).

Jelikož dosahované velikosti částic všech připravených emulzí ve většině případů přesahovaly velikosti částic nutné pro stabilní emulze, tzn. pro mikro-, popř. nano-emulze, přistoupili jsem ke zvýšení množství emulgátorů v emulzním systému, tzn. že celkové množství emulgátorů Igepal 520 a 720 bylo zvýšeno z původních 3 na 5 %.

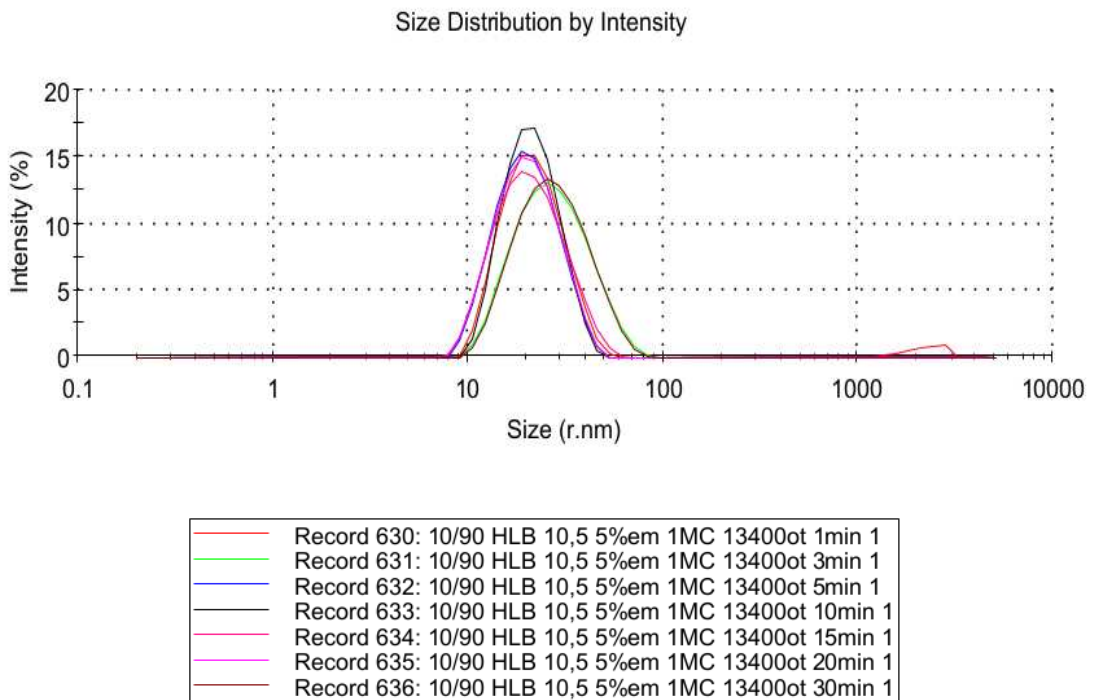
Při měření velikosti částic při rychlostech 3 400 a 13 400 ot./min., HLB systému 10,5, poměru $O/V = 10/90$ a 5 % emulgátorů v systému (Obr. 16) bylo zjištěno, že nejmenší velikosti částic bylo dosaženo po 20 min. míchání a otáčkách 13 400. Velikost částic emulze obsahující 5 % emulgátorů se pohybovala v celém sledovaném časovém intervalu od 29,97 do 38,28 nm, což je velikost částic přisuzována mikroemulzím. Velikost částic emulze připravované rychlostí 3 400 a 13 400 ot./min. je taktéž uvedena na Obr. 17 a 18.



Obr. 16. Velikost částic emulze s HLB = 10,5, 5 % emulgátorů, rychlost míchání 3400 a 13 400 ot./min., O/V = 10/90

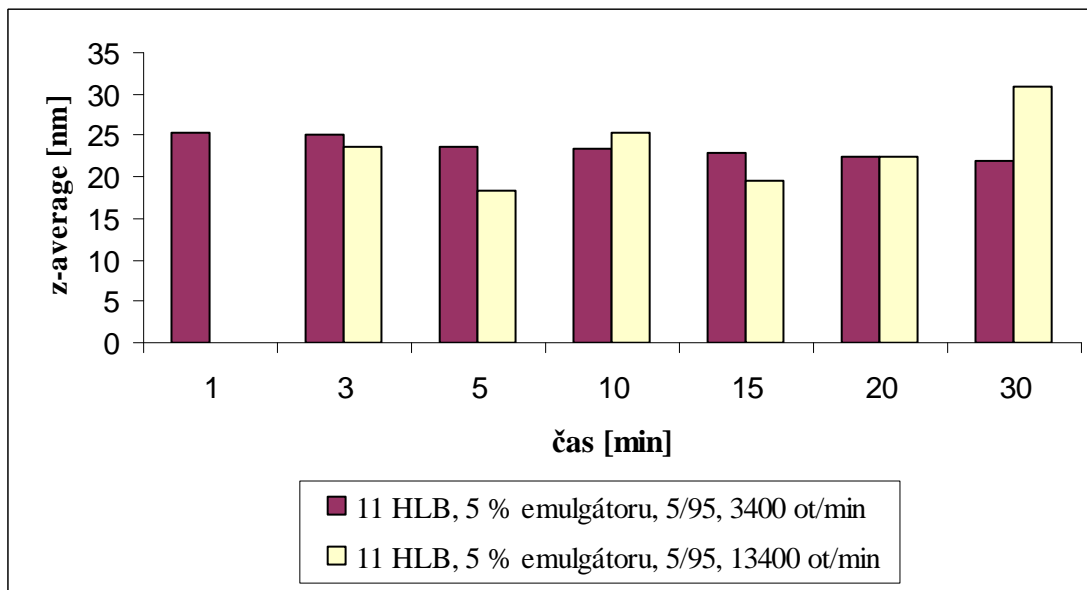


Obr. 17. Velikost částic obsažených v emulzi s HLB = 10,5, O/V = 10/90, 5 % emulgátorů, rychlosti míchání 3 400 ot./min. po dobu 1, 3, 5, 10, 15, 20 a 30 min.



Obr. 18. Velikost částic obsažených v emulzi s $HLB = 10,5$, $O/V = 10/90$, 5 % emulgátorů, rychlosti míchání 13 400 ot./min. po dobu 1, 3, 5, 10, 15, 20 a 30 min.

Když porovnáme velikosti částic emulzí se stejným množstvím emulgátorů, ale HLB hodnotou systému 11 a poměrem $O/V = 5/95$ při použití stejných rychlostech otáčení (Obr. 19), můžeme říci, že nejmenších částic bylo dosaženo po 5 min. míchání, při 13 400 ot./min.



Obr. 19. Velikost částic emulze s HLB = 11, 5 % emulgátorů, rychlostí míchání 3400 a 13 400 ot./min., O/V=5/95

Nejmenší velikost částic (cca 1 nm) byla naměřena u vzorku s HLB hodnotou 10,5, O/V = 10/90, 3 % emulgátorů, a také u vzorku s HLB hodnotou 11, O/V = 10/90, 5 % emulgátorů. Oba vzorky emulzí byly odebírány ve 30. min. a byly připravované rychlostí 3 400 ot./min.

Naopak největší částice (7 343 nm) byly naměřeny u vzorku s hodnotou HLB 10,5, O/V = 10/90, 3 % emulgátorů, odebíraného v 1. minutě přípravy při 13 400 ot./min.

Ostatní vzorky nebylo možné graficky zpracovat, protože obsahovaly značné rozdíly mezi jednotlivými velikostními populacemi.

V Tab. 9 - 14 jsou uvedeny mezní hodnoty velikostí částic obsažené v jednotlivých emulzích změřených pomocí Zeta Nano ZS v den přípravy odebírané v daných časech (1, 3, 5, 10, 15, 20 a 30 min.).

Tab. 9. Velikost částic u vzorků s HLB 10,5 a 3 % emulgátorů

Poměr O/V	Rozmezí velikosti částic [nm]	
	Rychlost otáček	
	3 400 ot./min.	13 400 ot./min.
5/95	42,07 – 4 876	18,12 – 5 153
10/90	0,7708 – 3 947	36,85 – 7 343
15/85	2,272 – 3 076	32,91 – 4 366
20/80	41,73 – 5 479	31,22 – 4 346
25/75	40,29 – 3 943	31,54 – 3 556
30/70	30,26 – 4 829	34,3 – 4 737

Tab. 10. Velikost částic u vzorků s HLB 10,5 a 5 % emulgátorů

Poměr O/V	Rozmezí velikosti částic [nm]	
	Rychlost otáček	
	3 400 ot./min.	13 400 ot./min.
5/95	31,47 – 3 992	13,23 – 5 052
10/90	44,26 – 4 779	29,97 – 4 412
15/85	40,72 – 4 455	29,05 – 4 064
20/80	38,21 – 4 852	29,64 – 4 085
25/75	38,55 – 3 668	11,73 – 4 299
30/70	31,69 – 3 689	16,88 – 4 192

Tab. 11. Velikost částic u vzorků s HLB 11 a 3 % emulgátorů

Poměr O/V	Rozmezí velikosti částic [nm]	
	Rychlost otáček	
	3 400 ot./min.	13 400 ot./min.
5/95	1,519 – 12,99	13,7 – 2 795
10/90	7,746 – 5 590	16,41 – 2 445
15/85	15,49 – 5 423	16,09 – 2 605
20/80	19,34 – 4 463	1,941 – 1 190
25/75	19,74 – 5 056	16,93 – 2 488
30/70	28,92 – 4 999	15,61 – 2 701

Tab. 12. Velikost částic u vzorků s HLB 11 a 5 % emulgátorů

Poměr O/V	Rozmezí velikosti částic [nm]	
	Rychlost otáček	
	3 400 ot./min.	13 400 ot./min.
5/95	21,94 – 5 404	18,38 – 5 590
10/90	0,7234 – 5 590	21,2 – 5 590
15/85	24,48 – 4 868	8,157 – 5 385
20/80	21,61 – 5 283	24,83 – 4 883
25/75	22,94 – 4 837	24,42 – 5 161
30/70	19,93 – 4 728	17,04 – 5 122

Tab. 13. Velikost částic u vzorků s HLB 11,5 a 3 % emulgátorů

Poměr O/V	Rozmezí velikosti částic [nm]	
	Rychlost otáček	
	3 400 ot./min.	13 400 ot./min.
5/95	4 151	9,215 – 5 047
10/90	18,72 – 3 692	29,12 – 5 273
15/85	19,58 – 5 561	27,36 – 5 342
20/80	20,94 – 3 506	34,46 – 4 996
25/75	32,52 – 5 426	99,46 – 5 085
30/70	61,12 – 4 648	80,94 – 2 925

Tab. 14. Velikost částic u vzorku s HLB 11,5 a 5 % emulgátorů

Poměr O/V	Rozmezí velikosti částic [nm]	
	3 400 ot./min.	13 400 ot./min.
5/95	9,215 – 5 047	16,68 – 5 049
10/90	5,467 – 5 273	118,8 – 4 820
15/85	27,36 – 5 342	81,5 – 4 925
20/80	34,46 – 4 996	92,94 – 4 631
25/75	85,57 – 5 085	73,77 – 4 498
30/70	103,5 – 4 130	131,3 – 4 673

11.2 Vliv teploty na stabilitu emulzí

Na stabilitu emulzí má vliv nejenom rychlost otáček a množství emulgátorů, ale i teplota, při které jsou emulze skladovány. Emulze byly připravovány při laboratorní teplotě (25 °C) a následně byly skladovány v různých teplotních režimech – v termostatu při 37 °C, v chladničce při 4 °C a při laboratorní teplotě (25 °C).

Zatímco některé vzorky uchovávané v chladničce byly stabilní po celou dobu pozorování, vzorky uchovávané při laboratorní teplotě vydržely nejdéle 8 dní a vzorky uchovávané v termostatu byly stabilní nejvýše 6 dní (viz kap. 11.3).

11.3 Vizuální pozorování emulzí

Jak již bylo uvedeno výše, všechny vyrobené emulze byly pozorovány i vizuálně, tzn. že byly skladovány v různých teplotních režimech (4, 25 a 37 °C) a v určitých časových intervalech (1, 6, 8, popř. 9, 13, popř. 15 a 20, popř. 22 dnů) následně pozorovány. U emulze byla vždy sledována její barva, celkový vzhled a případné známky jejího rozpadu (např. krémování, popř. přítomnost nebo absence jednotlivých fází).

Vizuálním pozorováním bylo zjištěno, že nejstabilnější byly vzorky emulzí uchovávané při teplotě 4 °C, zejm. ty, které byly připravovány při rychlosti 13 400 ot./min., s HLB systému = 11 a 11,5. Za nejstabilnější je možné označit vzorek emulze s HLB hodnotou 11,5, 3 % emulgátorů a poměrem O/V = 5/95, jelikož tato emulze byla stabilní i po 20 dnech od přípravy. Po celou dobu měla bílou barvu.

Za velmi stabilní je možné považovat i emulze s HLB = 11, 5 % emulgátorů, poměrem O/V = 5/95, emulze s HLB 11,5, 3 % emulgátorů, s poměrem O/V = 10/90 a 15/85 a také vzorky s HLB 11,5 a 5 % emulgátorů a poměrem O/V 10/90 až 30/70. Všechny tyto vzorky připravované při rychlosti 13 400 ot./min. a skladované při 4 °C byly stabilní i 15. den po přípravě. Podrobnější popis těchto emulzí uvádí Tab. 15 – 18.

Tab. 15. Vizuelní pozorování emulze s hodnotou HLB 11,5, 3 % emulgátorů, poměr $O/V = 5/95$, míchané rychlostí 13 400 ot./min., skladované při teplotě 4 °C

Doba pozorování [den]	Počet fází	Krémování	Vzhled (barva)
1	1	ne	bílá
6	1	ne	bílá
9	1	ne	bílá
12	1	ne	bílá
15	1	ne	bílá
20	1	ne	bílá

Tab. 16. Vizuelní pozorování emulze s hodnotou HLB 11, 5 % emulgátorů, poměr $O/V = 5/95$, míchané rychlostí 13 400 ot./min., skladované při teplotě 4 °C

Doba pozorování [den]	Počet fází	Krémování	Vzhled (barva)
1	1	ne	polotransparentní
6	1	ne	bílá
8	1	ne	bílá
9	1	ne	bílá
13	1	ne	bílá
15	1	ne	transparentní
22	2	ne	bílá/transparentní

Tab. 17. Vizualní pozorování emulze s hodnotou HLB 11,5, 3 % emulgátorů, poměr O/V = 10/90 a 15/85, míchané rychlostí 13 400 ot./min., skladované při teplotě 4 °C

Doba pozorování [den]	Počet fází	Krémování	Vzhled (barva)
1	1	ne	bílá
6	1	ne	bílá
9	1	ne	bílá
12	1	ne	bílá
15	1	ne	bílá
20	2	ne	bílá/transparentní

Tab. 18. Vizualní pozorování emulze s hodnotou HLB 11,5, 5 % emulgátorů, poměru O/V = 10/90 až 30/70, míchané rychlostí 13 400 ot./min., skladované při teplotě 4 °C

Doba pozorování [den]	Počet fází	Krémování	Vzhled (barva)
1	1	ne	bílá
6	1	ne	bílá
9	1	ne	bílá
12	1	ne	bílá
15	1	ne	bílá
20	3	ano	bílá/transparentní

Stabilitu po dobu 13 dnů vykazovaly vzorky emulzí s HLB systému = 10,5, poměrem O/V = 20/80, 3 % emulgátorů připravované při rychlosti 3 400 ot./min. a další vzorky s HLB = 11,5, poměrem O/V = 20/80 až 30/70, 3 % emulgátorů. U prvního zmíněného bylo po 15. dni měření pozorováno krémování, vzorky s HLB 11,5, 3 % emulgátorů a poměrem O/V = 20/80 až 30/70 se po 15 dnech rozpadly na jednotlivé fáze.

Jak již bylo zmíněno výše, u některých vzorků emulzí docházelo v průběhu pozorování ke krémování. Doba, za kterou bylo u jednotlivých emulzí pozorováno krémování je uvedena v Tab. 19 - 21.

Tab. 19. Krémování u vzorků s HLB 10,5, skladovaných při 4 °C

Charakter vzorku	Rychlost otáček [ot./min.]	O/V	Krémování [den]
3 % emulgátorů	3 400	5/95	6
		10/90	6
		15/85	6
	13 400	5/95	2
		10/90	2
		15/85	2
		20/80	2
		25/75	2
5 % emulgátorů	3 400	15/85	2
		20/80	2
		25/75	2
		30/70	2
	13 400	10/90	2
		15/85	2
		20/80	2
		25/75	2
		30/70	2

Tab. 20. Krémování u vzorků s HLB 11, skladovaných při 4 °C

Charakter vzorku	Rychlost otáček [ot./min.]	O/V	Krémování [den]
3 % emulgátorů	3 400	5/95	2
		10/90	2
		15/85	6
		20/80	6
		25/75	6
		30/70	6
	13 400	10/90	2
		15/85	2
		20/80	6
		25/75	6
30/70		6	
5 % emulgátorů	13 400	10/90	2
		15/85	2
		20/80	2
		25/75	2
		30/70	2

Tab. 21. Krémování u vzorků s HLB 11,5, skladovaných při 4 °C

Charakter vzorku	Rychlost otáček [ot./min.]	O/V	Krémování [den]
5 % emulgátorů	3 400	5/95	2
		15/85	2
		10/90	6
		20/80	6
		25/75	6
		30/70	6
	13 400	5/95	2

K rozpadu na jednotlivé fáze vzorků uchovávaných při laboratorní teplotě došlo pouze u emulzí s HLB = 10,5. Vzorky jsou uvedeny Tab. 22.

Tab. 22. Stabilita emulzí skladovaných při 4 °C

Charakter vzorku	Rychlost otáček [ot./min.]	O/V	Rozpad emulze [den]
HLB = 10,5, 3 % emulgátorů	3400	25/75	6
		30/70	6
HLB = 10,5, 5 % emulgátorů	3 400	5/95	2
		10/90	6

U dvou vzorků skladovaných při teplotě 4 °C došlo ke flokulaci (viz. kap. 11.4). Jednalo se o vzorky emulzí s HLB = 10,5, 5 % emulgátorů, poměrem O/V = 5/95, připravených rychlostí 3 400 i 13 400 ot./min. U vzorku připraveného rychlostí 3 400 ot./min. došlo ke tvorbě floků 9. den, u rychlosti otáček 13 400 ot./min. už druhý den.

Emulze skladované při laboratorní teplotě byly stabilní nejvýše 8 dní. Ke krémování docházelo u velké části vzorků už 2. den po přípravě. Krémování u jednotlivých vzorků je blíže uvedeno v Tab. 23 - 25.

Tab. 23. Krémování vzorků s $HLB = 10,5$, skladovaných při teplotě $25\text{ }^{\circ}\text{C}$

Charakter vzorku	Rychlost otáček [ot./min.]	O/V	Krémování [den]
3 % emulgátorů	3 400	10/90	2
		15/85	2
		20/80	2
		25/75	2
		30/70	2
	13 400	10/90	2
		20/80	2
		25/75	2
5 % emulgátorů	3 400	10/90	2
		15/85	2
		20/80	2
		25/75	2
		30/70	2
	13 400	15/85	2

Tab. 24. Krémování vzorků s HLB = 11, skladovaných při teplotě 25 °C

Charakter vzorku	Rychlost otáček [ot./min.]	O/V	Krémování [den]
3 % emulgátorů	3 400	5/95	2
		10/90	2
		15/85	2
		20/80	2
		25/75	2
		30/70	6
	13 400	10/90	2
		25/75	2
5 % emulgátorů	3 400	10/90	2
		15/85	2
		20/80	2
		25/75	6
		30/70	6
	13 400	5/95	2
		10/90	2
		15/85	2
		20/80	2
		25/75	2
		30/70	2

Tab. 25. Krémování vzorků s $HLB = 11,5$, skladovaných při teplotě $25\text{ }^{\circ}\text{C}$

Charakter vzorku	Rychlost otáček [ot./min.]	O/V	Krémování [den]
3 % emulgátorů	3 400	5/95	2
		10/90	2
	13 400	5/95	2
		10/90	2
		15/85	2
		20/80	2
5 % emulgátorů	3 400	5/95	2
		10/90	2
		25/75	2
		30/70	2
	13 400	5/95	2

K rozpadu na jednotlivé fáze došlo i u vzorků uchovávaných při laboratorní teplotě. U většiny vzorků byl rozpad vizuálně pozorován už druhý den po přípravě. Výjimku tvořil vzorek s hodnotou $HLB = 10,5$, 3 % emulgátorů, poměrem $O/V = 5/95$, připravovaný rychlostí 3 400 ot./min., u kterého byl rozpad na jednotlivé fáze pozorován až 6. den. Vzorky emulzí, u kterých byl pozorován rozpad na jednotlivé fáze jsou uvedeny v Tab. 26.

Tab. 26. Stabilita emulzí uchovávaných při 25 °C

Charakter vzorku	Rychlost otáček [ot./min.]	O/V	Rozpad emulze [den]
HLB = 10,5, 3 % emulgátorů	3 400	5/95	6
	13 400	5/95	2
		15/85	2
		30/70	2
HLB = 10,5, 5 % emulgátorů	3 400	5/95	2
	13 400	5/95	2
		10/90	2
		20/80	2
		25/75	2
30/70	2		
HLB = 11, 3 % emulgátorů	13 400	5/95	2
		30/70	2
HLB = 11,5, 3 % emulgátorů	3 400	15/85	2
		20/80	2
		25/75	2
		30/70	2
HLB = 11,5, 5 % emulgátorů	3 400	15/85	2
		20/80	2

U vzorku s hodnotou HLB 11, 5 % emulgátorů, poměrem O/V = 5/95, připravovaného rychlostí 3 400 ot./min. a vzorku s HLB 11, 3 % emulgátorů, poměrem O/V = 5/95 připravovaného rychlostí 13 400 ot./min. došlo 8. den k flokulaci (viz kap. 11.4).

Nejméně stabilní byly vzorky emulzí uchovávané v termostatu při teplotě 37 °C. K rozpadu na jednotlivé fáze došlo u většiny z nich do druhého dne. Konkrétní vzorky emulzí a dobu, za kterou došlo od přípravy k rozpadu na jednotlivé fáze uvádí Tab. 27.

Tab. 27. Stabilita emulzí uchovávaných při 37 °C

Charakter vzorku	Rychlost otáček [ot./min.]	O/V	Rozpad emulze [den]
HLB = 10,5, 3 % emulgátorů	3 400	5/95	2
	13 400	10/90	2
HLB = 10,5, 5 % emulgátorů	3 400	10/90	2
	13 400	5/95	2
HLB = 11, 3 % emulgátorů	3 400	5/95	2
	13 400	5/95	6
HLB = 11,5, 3 % emulgátorů	13 400	5/95	6
HLB = 11,5, 5 % emulgátorů	3 400	5/95	2
		10/90	2

Mikroskopicky byla pozorována flokulace u vzorků skladovaných při 37 °C pozorována 6. den. Jednalo se o tři vzorky emulzí, konkrétně o emulzi s hodnotou HLB 10,5, 5 % emulgátorů, poměrem O/V = 5/95 a rychlostí otáček 3 400 ot./min. a 2 emulze připravované rychlostí 13 400 ot./min. První z nich měla HLB systému 11,5, obsahovala 3 % emulgátorů a poměr O/V = 10/90 a druhá HLB = 11,5, 5 % emulgátorů a poměr O/V = 5/95.

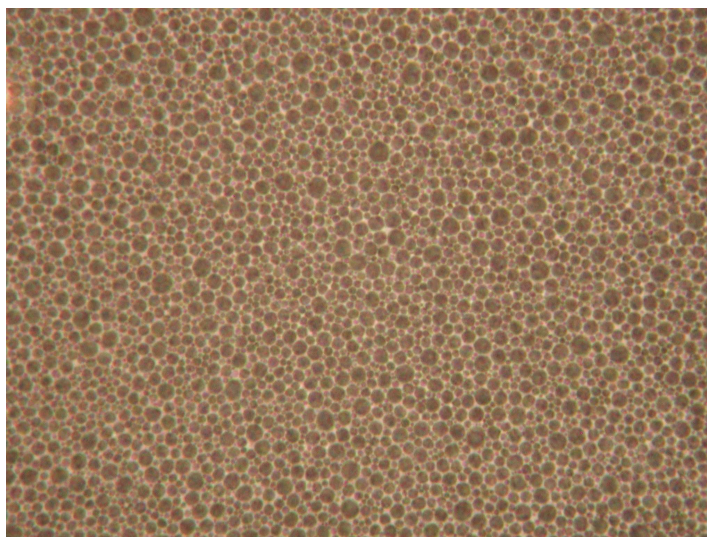
U dvou emulzí - vzorku s hodnotou HLB 11,5, 3 % emulgátorů, poměrem O/V = 30/70 připravovaném při rychlosti 3 400 ot./min. a vzorku s hodnotou HLB 11,5, 5 % emulgátorů, poměrem O/V = 20/80 a rychlostí 13 400 ot./min. bylo 6. den pozorováno krémování. U zbylých vzorků skladovaných při teplotě 37 °C bylo krémování pozorováno už druhý den po přípravě.

11.4 Mikroskopické pozorování emulzí

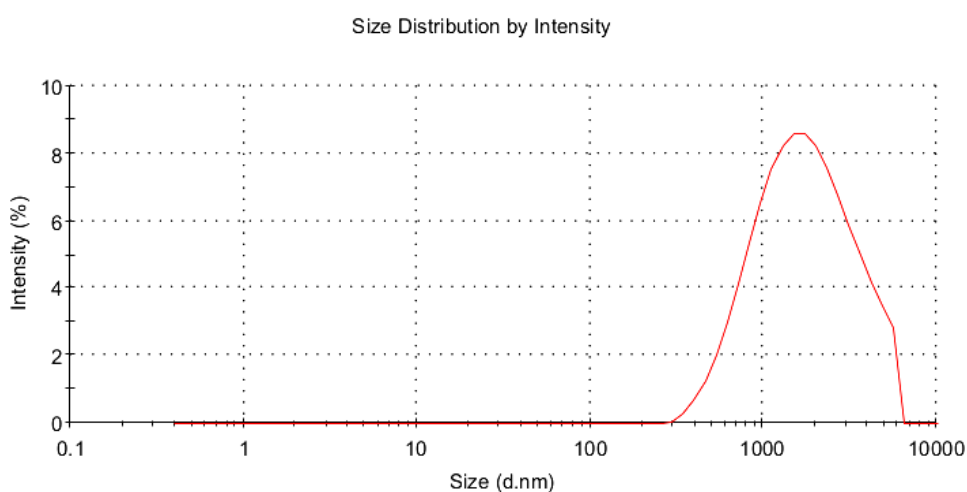
Další charakteristikou emulzí bylo jejich mikroskopické pozorování, jež probíhalo ve stejných časových intervalech jako pozorování vizuální a u každého pozorovaného vzorku byly pořízeny jeho fotografické záznamy. Vzhledem k omezenému rozsahu

této práce byly vybrány jen ty, které názorně dokreslují danou problematiku, tzn. jednotlivé typy stability či nestability emulzí.

Jak je vidět z Obr. 20, emulze připravená při 13 400 ot./min., obsahující 3 % emulgátorů, poměru O/V = 10/90 a HLB = 11,5 obsahuje jen jedinou populaci částic, což bylo prokázáno i při měření velikosti částic přístrojem Zeta Nano ZS (Obr. 21)



Obr. 20. Emulze připravovaná rychlostí 13 400 ot./min., 3 % emulgátorů, HLB = 11,5, O/V = 10/90, skladovaná při teplotě 4 °C, 8. den měření



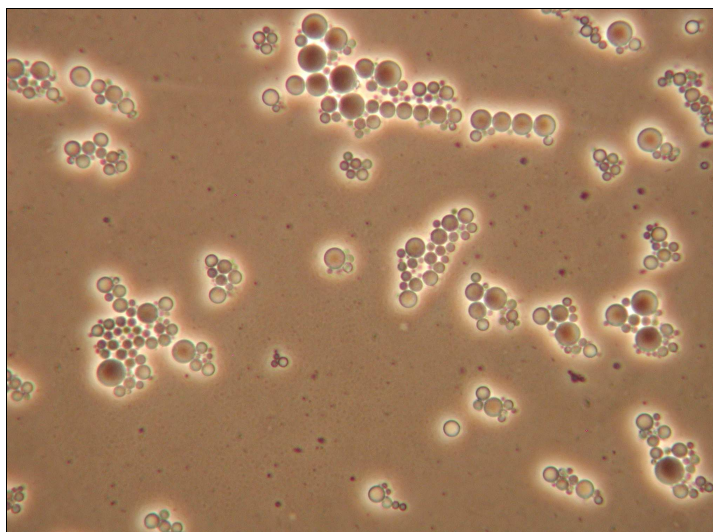
Obr. 21. Velikost částic emulze se 3 % emulgátorů, HLB = 11,5, O/V = 10/90, skladovaná při teplotě 4 °C, měřená 8. den po přípravě

Pomocí programu QUICK PHOTO PRO byla orientačně změřena i velikost částic každého zkoumaného vzorku. U emulze s hodnotou HLB 11,5, 3 % emulgátorů, poměrem O/V = 10/90, připravované rychlostí 13 400 ot./min., skladované při teplotě 4 °C byla 8. den po přípravě průměrná hodnota $2\,280 \pm 200$ nm. Naměřené hodnoty velikosti částic jsou uvedeny v tabulce Tab. 28.

Tab. 28. Hodnoty velikosti částic emulze připravované rychlostí 13 400 ot./min., 3 % emulgátorů, HLB = 11,5, O/V = 10/90, skladovaná při teplotě 4 °C, 8. den po přípravě

Číslo měření	Velikost částic [nm]
1	2140
2	2280
3	2760
4	2190
5	2000
Ø velikost	2280
SD	200

Emulze míchaná rychlostí 3 400 ot./min. (HLB = 11,5, 3 % emulgátorů, O/V = 20/80) a skladovaná při 4 °C se začala 8. den rozpadat, viz. Obr. 22, kde můžeme jasně pozorovat vzniklé floky.



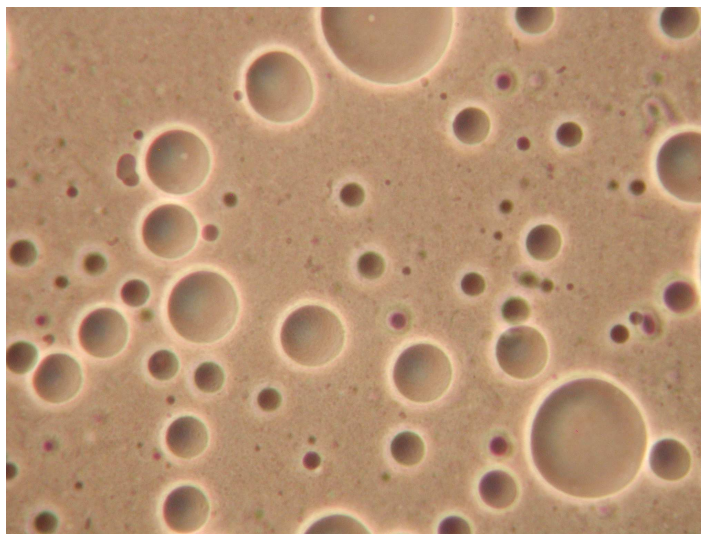
Obr. 22. Emulze připravovaná rychlostí 13 400 ot./min., obsahující 3 % emulgátorů, HLB = 11,5, O/V = 5/95, skladovaná při teplotě 25 °C, 8. den měření

Naměřené hodnoty velikosti částic jsou opět uvedeny v tabulce (Tab. 29).

Tab. 29. Hodnoty velikosti částic emulze připravované rychlostí 13 400 ot./min., 3 % emulgátorů, HLB = 11,5, O/V = 5/95, skladovaná při teplotě 25 °C, 8. den po přípravě

Číslo měření	Velikost částic [nm]
1	5440
2	3190
3	2140
4	4070
5	3180
Ø velikost	3600
SD	1100

Příkladem dalšího způsobu nestability emulzí, tj. krémování, je Obr. 23, kde je znázorněna emulze připravovaná při 13 400 ot./min., HLB hodnotě systému 10,5, poměru O/V = 5/95 a teplotě skladování 25 °C (15. den).



Obr. 23. Emulze připravovaná rychlostí 13 400 ot./min. 5 % emulgátorů, HLB = 10,5, O/V = 5/95, skladovaná při teplotě 25 °C, 15. den měření

I zde byla orientačně změřena velikost částic pomocí programu QUICK PHOTO PRO. Jejich hodnoty uvádí Tab. 30.

Tab. 30. Hodnoty velikosti částic emulze míchaná rychlostí 13 400 ot./min. obsahující 5 % emulgátorů, o hodnotě HLB 10,5, poměru O/V = 5/95, skladovaná při teplotě 25 °C, 15. den měření

Číslo měření	Velikost částic [nm]
1	14 220
2	12 590
3	9 910
4	7 820
5	8 350
Ø velikost	10 580
SD	2 260

Mikroskopickým pozorováním byl u většiny emulzí zaznamenán i Brownův pohyb. Výjimku tvořily emulze u nichž docházelo ke krémování.

11.5 Vliv přídavku methylcelulózy na celkovou stabilitu emulzí

Na základě předchozích experimentů [62], kdy nebyla stabilita emulzí dostačující, byl tedy pro zvýšení stability k emulzím přidáván přídavek 1% roztoku methylcelulózy, který tvořil 1 % vodné fáze emulze. Bylo zjištěno, že toto množství methylcelulózy nemá významný vliv na celkovou stabilitu emulzí. Pro další experimenty by bylo tedy vhodné zvýšit koncentraci methylcelulózy nebo zvýšit množství přídavku methylcelulózy ve vodné fázi, popř. využít kombinaci obou kroků.

ZÁVĚR

Úkolem této diplomové práce byla příprava emulzí s přídavkem methylcelulózy, s ohledem na jejich výslednou stabilitu. Po předchozích zkušenostech na pracovišti byla jako nejvhodnější zvolena metoda přípravy pomocí směsi dvou emulgátorů, kdy byly proměnnými faktory hodnota HLB systému, poměry vodné a olejové fáze a rychlost otáček.

Byly připraveny emulze typu olej ve vodě (O/V), jejichž olejová fáze byla tvořena undekanem a vodná fáze byla tvořena destilovanou vodou a přídavkem 1% roztoku methylcelulózy, který tvořil 1 % vodné fáze. Hodnota HLB se pohybovala v rozmezí 10,5 až 11,5 a byla nastavována pomocí dvou neionických emulgátorů Igepal CA 520 (HLB = 10) a Igepal CA 720 (HLB = 14,2). Poměry O/V byly 5/95, 10/90, 15/85, 20/80, 25/75 a 30/70. K samotné homogenizaci bylo použito homogenizéru Ultra-Turrax.

V první části experimentu byl zkoumán vliv rychlosti otáček na velikost částic a následnou stabilitu emulzí. Byly zvoleny 2 rychlosti otáček, jako první nejnižší rychlost homogenizéru, a to 3 400 ot./min. Druhá rychlost byla zvolena na základě předešlých výsledků [62], a to rychlost 13 400 ot./min. Převážná většina vzorků obsahovala při obou rychlostech větší množství velikostních populací částic, a jejich velikost se pohybovala od cca 1 do 7 343 nm. Připravené emulze je tedy možné klasifikovat jako mikroemulze a makroemulze.

Dalším parametrem ovlivňujícím stabilitu byla teplota skladování, jelikož tento faktor ovlivňuje stabilitu emulzí nejvíce. Po přípravě byly emulze uchovávány při laboratorní teplotě (25 °C), v chladničce (4 °C) a v termostatu (37 °C). Vizuálním pozorováním bylo zjištěno, že nejhorší stabilitu vykazovaly emulze skladované při 37 °C, u kterých ve většině případů došlo do druhého dne k rozpadu emulze. Vzorky uchovávané při laboratorní teplotě byly stabilní nejdéle 8 dní. Nejlépe dopadly vzorky uchovávané v chladničce. Po celou dobu sledování, tedy 20 dní byla stabilní pouze emulze s HLB = 11,5, 3 % emulgátorů, s poměrem O/V = 5/95 připravovaná rychlostí 13 400 ot./min. Další vzorky byly stabilní po dobu 15 dní. Jednalo se o vzo-rek emulze s HLB 11, koncentrací emulgátorů 5 %, poměrem O/V = 5/95, dále o emulze s HLB = 11,5, 3 % emulgátorů, poměry O/V = 10/90 a 15/85 a také emulze s HLB 11,5, 5 %

emulgátorů a poměry O/V = 10/90 až 30/70. Všechny tyto vzorky byly připravovány při rychlosti 13 400 ot./min. a skladovány v chladničce při 4 °C.

Na stabilitu emulzí má rovněž vliv hodnota HLB systému. Testování prokázalo, že nejstabilnější emulze byly o hodnotách HLB 11 a 11,5.

Kromě změny hodnoty HLB systému a teploty skladování byl sledován i vliv přídavku emulgátorů na stabilitu emulzí. Nejdříve byly připraveny emulze obsahující 3 % emulgátorů. Jelikož nebyly dosažené výsledky zcela uspokojivé, byl obsah emulgátorů zvýšen na 5 %, přičemž ostatní parametry zůstaly nezměněny. Bylo zjištěno, že použití většího množství emulgátoru nemělo významný vliv na stabilitu emulzí.

Součástí práce bylo i mikroskopické pozorování emulzí, během kterého byly pořizovány fotografické záznamy, na kterých lze pozorovat některé typy rozpadu emulzí (flokulace, krémování).

Závěrem lze tedy říct, že stabilitu emulzí může být ovlivněna řadou faktorů, kterými mohou být jak poměr olejové a vodné fáze, tak hodnota HLB systému, teplota skladování, rychlost otáček, koncentrace emulgátorů nebo viskozita vnější fáze emulze. Ani přídavek 1% roztoku methylcelulózy, který tvořil vždy 1 % vodné fáze významně neovlivnil stabilitu emulzí. Bylo by zřejmě vhodné zvýšit koncentraci methylcelulózy nebo množství jejího přídavku ve vodné fázi, popř. použít kombinaci obou kroků nebo použít jiný derivát celulózy.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] FEŘTEKOVÁ, Vlasta. Kosmetika v teorii a v praxi. 4., aktualiz. vyd. Praha: Maxdorf, 2005, 341 s. ISBN 80-734-5046-1.
- [2] UTB ve Zlíně. *Fyzikální, chemické a technické vlastnosti povrchově aktivních látek*. vzdělávací portál [on-line]. [cit. 2007-03-23]. Dostupné z: <<http://utb.cepac.cz/>>
- [3] Vysoká škola chemicko technologická. [on-line]. [cit. 2012-04-20]. Dostupné z: <http://vydavatelství.vscht.cz/knihy/uid_es-001/hesla/emulze.html>
- [4] Internetová encyklopedie Wikipedia. [on-line]. [cit. 2010-04-20]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/>
- [5] KVÍTEK, Libor a Aleš PANÁČEK. *Základy koloidní chemie*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2007, 70 s. ISBN 978-80-244-1669-4.
- [6] BARTOVSKÁ, Lidmila, Marie ŠIŠKOVÁ a Lucie MANDELOVÁ. *Fyzikální chemie povrchů a koloidních soustav*. Vyd. 6., přeprac. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2010, 262 s. Zdraví pro každého (Computer Press). ISBN 978-80-7080-745-3.
- [7] MC CLEMENTS, D. *Food emulsions: principles, practices, and techniques*. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, c2005, 609 p. ISBN 08-493-2023-2.
- [8] *Přednosti a nevýhody WOW - multi emulzí*. AGRONAVIGÁTOR. [online]. 2011 [cit. 2012-05-23]. Dostupné z: <http://www.agronavigator.cz/default.asp?ch=13&typ=1&val=109823&ids=154>
- [9] Attension: Biolin Scientific. *Critical micelle concentration* [online]. [cit. 2012-05-21]. Dostupné z: <http://www.attension.com/critical-micelle-concentration>
- [10] Univerzita Komenského v Bratislave: Farmaceutická fakulta. *Critical micelar concentration* [online]. [cit. 2012-05-16]. Dostupné z: <http://www.fpharm.uniba.sk/>
- [11] ŠMIDRKAL, Jan. Tenzidy a detergenty dnes. *Chemické listy*. 1999, č. 93.

- [12] KVÍTEK, Libor. KATEDRA FYZIKÁLNÍ CHEMIE PŘF UP OLOMOUC. *Metody studia koloidních soustav* [online]. 2006 [cit. 2012-04-17].
- [13] Chemical Funcional Definitions [online]. [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: http://www.scienceinthebox.com/en_UK/glossary/surfactants_en.html
- [14] GODFREY, K. M. Cationic emulsifiers in cosmetics. *Journal Soc. Cosmetics Chemistry*. 1966
- [15] KLESCHT, Vladimír, Iva HRNČIŘÍKOVÁ a Lucie MANDELOVÁ. *Éčka v potravinách*. Brno: Computer Press, 2006, 108 s. Zdraví pro každého (Computer Press). ISBN 80-251-1292-6.
- [16] ŠIMEK, Lubomír a Josef HRNČIŘÍK. *Fyzikální chemie II: (koloidní a makromolekulární systémy)*. Vyd. 2. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2004, 94 s. ISBN 80-731-8169-X.
- [17] Katedra chemie. Technická univerzita v Liberci: Fakulta přírovnědně-humanitní a pedagogická [online]. [cit. 2012-07-23]. Dostupné z: <http://www.fp.tul.cz/kch/exnar/ft/>
- [18] BERNSTEIN, Rabbi Moshe. Emulsifiers. *Why the world's best known brands choose the OU for Kosher certification* [online]. [cit. 2012-05-23]. Dostupné z: http://www.oukosher.org/index.php/common/article/emulsifiers_by_rabbi_moshe_bernstein
- [19] *Bezpečnost potravin* [online]. 2007 [cit. 2012-02-23]. Dostupné z: <http://www.agronavigator.cz/az/vis.aspx?id=92271>
- [20] *Emulsifiers and their differences. Cosmetics at Home* [online]. [cit. 2012-05-23]. Dostupné z: <http://www.cosmeticsathome.co.uk/emulsifiers.htm>
- [21] OBEROI. Emulsifying Agents and Types of Emulsifiers. *Ezine articles* [online]. 2010 [cit. 2012-05-23]. Dostupné z: <http://ezinearticles.com/?Emulsifying-Agents-and-Types-of-Emulsifiers&id=5030808>.
- [22] LANGMAIER, Ferdinand. *Základy kosmetických výrob*. 1. vyd. Zlín: Univerzita Tomáše Bati.

- [23] KLOUDA, Pavel. *Fyzikální chemie*, upr. a dopl. vyd. Ostrava: Pavel Klouda, 2002, 139 s. ISBN 80-86369-06-4.
- [24] *Colloids and surfaces. A, Physicochemical and engineering aspects*. ELSEVIER, 2002, č. 204. ISSN 0927-7757.
- [25] *Stabilita emuzí: Turbidimetrické měření*. [online]. [cit. 2012-05-22].
Dostupné z:
web.ft.utb.cz/cs/docs/Stabilita_emulzi,_turbidimetrick___mereni.doc
- [26] *Disperzní soustavy*. In: [online]. [cit. 2012-05-23]. Dostupné z: www.sou-dom.cz/Ucebnice/Materialy/Treti_rocnik/DISPERZNI_SOUSTAVY.pdf
- [27] BARTOVSKÁ, Lidmila a Marie ŠIŠKOVÁ. VYSOKÁ ŠKOLA CHEMICKO - TECHNOLOGICKÁ. *Co je co v povrchové a koloidní chemii: výkladový slovník* [online]. 2005 [cit. 2012-04-25]. Dostupné z:
http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_es-001/ebook.autori.htm
- [28] Kumar, S., Narsimnah, G., Ramkrishna, D., Coalesce in Creaming Emulsions. Existence of a Pure Coalescence Zone, *American chemical Society*. 1996.
- [29] Food Emulsions. University Sains Malaysia [online]. 2012 [cit. 2012-07-23].
Dostupné z: <http://imk209.wikispaces.com/Elizabeth-Emulsion>
- [30] Emulsion Stability and Testing. In: *Particle Sciences: Drug Development Services* [online]. [cit. 2012-05-22]. Dostupné z: www.particlesciences.com/docs/technical_briefs/TB_2011_2.pdf
- [31] PEŠÁK, Milan. Lékové formy. In: [online]. 2008 [cit. 2012-05-22].
Dostupné z: www.vscht.cz/min/prednasky/lekove_formy/lfpc3.ppt
- [32] RHEIN, Linda D. *Surfactants in personal care products and decorative cosmetics*. 3rd ed. /. Boca Raton: CRC Press, c2007, 480 p. ISBN 15-744-4531-6.
- [33] IUPAC. Compendium of Chemical Terminology, 2nd ed. (the "Gold Book"). Compiled by A. D. McNaught and A. Wilkinson. Blackwell Scientific Publications, Oxford (1997). XML on-line corrected version:

<http://goldbook.iupac.org> (2006-) created by M. Nic, J. Jirat, B. Kosata; updates compiled by A. Jenkins. ISBN 0-9678550-9-8.

- [34] ROSSEAU, D., Fat crystals and emulsion stability – a review, *Food Research International*, 2000, p. 3-14.
- [35] RYNEŠOVÁ, Jana. Masťové a olejové prostředky využívané při praktické výuce alternativních regeneračních procesů na oddělení výchovy ke zdraví.. Č. Bud., 2009. bakalářská práce (Bc.). JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH. Pedagogická fakulta
- [36] Příprava a pasterace emulze. In: *Laboratoř potravinářských a biochemických procesů*. [online]. 2008 [cit. 2012-05-22]. Dostupné z: <http://www.vscht.cz/tmt/studium/lpbp/Homogenizace0809.pdf>
- [37] C. Dorée, *The Methods of Cellulose Chemistry*, Chapman & Hall, London
- [38] NOVÁČEK, František. *Fytochemické základy botaniky*. Vyd. 2., dopl. Olomouc: Fontána, 2008, 284 s. ISBN 9788073364571.
- [39] DUCHÁČEK, Vratislav. *Biopolymers: výroba, vlastnosti, zpracování, použití*. 1. vyd. Weinheim: Wiley-VCH, 2002, 636 s. ISBN 35-273-0227-1.
- [40] HOZA, Ignác. *Potravinářská biochemie I*. Vyd. 2. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2011, 167 s. ISBN 978-80-7318-936-5.
- [41] Chemické složení dřeva. *Dřevo centrum* [online]. [cit. 2012-05-23]. Dostupné z: <http://drevo.celyden.cz/slozeni-vlastnosti-dreva/chemicke-slozeni-dreva/>
- [42] What is cellulose. *General Chemistry Online* [online]. [cit. 2012-05-23]. Dostupné z: <http://antoine.frostburg.edu/chem/senese/101/consumer/faq/what-is-cellulose.shtml>
- [43] *Discovery of Cellulose as a Smart Material Jaehwan Kim and Sungryul Yun Macromolecules*, 2006, 4202-4206, DOI:10.1021/ma060261e
- [44] KYSILKA, Jiří. Polysacharidy. [online]. [cit. 2012-05-23]. Dostupné z: <http://www.biotox.cz/naturstoff/chemie/ch-sach-poly.html>

- [45] CHRPOVÁ, Diana. S výživou zdravě po celý rok. Vyd. 1. Praha: Grada, 2010. ISBN 978-802-4725-123.
- [46] VELÍŠEK, Jan. Chemie potravin 1. 2. upr. vyd. Tábor: OSSIS, 2002, 331 s. ISBN 80-866-5903-8
- [47] MONCEL, Bethany. Cellulose - What is Cellulose. *About.com: Food Reference* [online]. [cit. 2012-05-23]. Dostupné z: <http://foodreference.about.com/od/Food-Additives/a/What-Is-Cellulose.htm>
- [48] KODET, Josef, Ilona ŠOTOLOVÁ a Slavoj ŠTĚRBA. Plnicí, zahušťovací, gelotvorné a stabilizační látky pro potraviny: (Potravinářské hydrokoloidy). 1. vyd. Praha: Středisko potravinářských informací, 1993, 235 s. ISBN 80-851-2032-1.
- [49] *Emulgátory* [online]. [cit. 2012-03-07]. Dostupné z: <http://www.emulgatory.cz>
- [50] BODVIK, Rasmus, Andra DEDINAITE, Leif KARLSON, Magnus BERGSTRÖM, Petra BÄVERBÄCK, Jan Skov PEDERSEN, Katarina EDWARDS, Göran KARLSSON, Imre VARGA a Per M. CLAESSION. Aggregation and network formation of aqueous methylcellulose and hydroxypropylmethylcellulose solutions. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects* [online]. 2010, roč. 354, 1-3, s. 162-171 [cit. 2012-05-23]. ISSN 09277757. DOI: 10.1016/j.colsurfa.2009.09.040.
- [51] KJELLIN, Mikael, Ingegärd JOHANSSON a Slavoj ŠTĚRBA. Surfactants from renewable resources: (Potravinářské hydrokoloidy). 1. vyd. Chichester, U.K.: Wiley, 2010, xx, 320 p. ISBN 04-707-6041-9.
- [52] NOVÁK, Josef P. Fyzikální chemie II. 1. vyd. Praha: Vysoká škola chemicko - technologická, 2001, 319 s. ISBN 80-708-0436-X
- [53] Methylcellulose. *Wikimedia Commons* [online]. 2008 [cit. 2012-03-07].. Dostupné z: commons.wikimedia.org
- [54] Methyl Cellulose. *ChuangJia Chemical* [online]. [cit. 2012-03-12]. Dostupné z: <http://www.chinacjchem.com/products/methyl-cellulose>

- [55] Using Methylcellulose to Thicken Your Formulations. In: *Chemistry store* [online]. 2009. [cit. 2012-03-12]. Dostupné z: www.chemistrystore.com/methylcellulose2.pdf
- [56] Cellulose derivatives. In: *Answers* [online]. 2003. [cit. 2012-03-07]. Dostupné z: <http://www.answers.com/topic/cellulose-derivatives>
- [57] Ronas Chemicals. [on-line]. [cit. 2012-03-12]. Dostupné z: <http://www.ronasgroup.com/>
- [58] Aqualon Ethylcelullose. *Ashant: With good chemistry great things happen* [online]. [cit. 2012-03-07]. Dostupné z: ashland.com
- [59] Hydroxyethylcellulose (HEC). *Lotioncrafter* [online]. 2010 [cit. 2012-03-07]. Dostupné z: <http://www.lotioncrafter.com/hydroxyethylcellulose-hec.html>
- [60] *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. [cit. 2012-03-07]. Dostupné z: <http://en.wikipedia.org/>
- [61] Hdroxypropylcellulose – definition. In: *The free dictionary* [onlin]. [2012-03-07]. Dostupné z: <http://medical-dictionary.thefreedictionary.com/Hydroxypropylcellulose>
- [62] ZATLOUKAL, Tomáš. *Vliv procesních parametrů na přípravu emulzí*. Zlín, 2011. Diplomová práce. UNIVERZITA TOMÁŠE BATI VE ZLÍNĚ. Fakulta technologická.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

AgI	jodid stříbrný
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{CO} - \text{Na}^+$	sodná sůl kyseliny stearové
CMC	karboxymethylcelulóza
-COOH	karboxylová skupina
EC	ethylcelulóza
HgI ₂	jodid rtuťnatý
HgS	sulfid rtuťnatý
HLB	hydrophile-lipophile balance (hydrofilně-lipofilní rovnováha)
HP	hydroxypropylcelulóza
MC	methylcelulóza
PAL	povrchově aktivní látka
PbS	sulfid olovnatý
PEG	polyethylenglykol
O/V	emulze typu olej ve vodě
O/V/O	emulze typu olej/voda/olej
RNH ₂	alkylamin
SD	směrodatná odchylka
V/O	emulze typu voda/olej
V/O/V	emulze typu voda/olej/voda

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1. Zředěná emulze [3]</i>	14
<i>Obr. 2. Koncentrovaná emulze [3]</i>	14
<i>Obr. 3. Gelovitá emulze [3]</i>	14
<i>Obr. 4. Schéma složené emulze [3]</i>	15
<i>Obr. 5. Struktura a chování PAL [9]</i>	16
<i>Obr. 6. Chování amfoterních a zwitterionických tenzidů v závislosti na pH [2]</i>	19
<i>Obr. 7. Schéma fázového rozhraní emulgátoru [3]</i>	21
<i>Obr. 8. Stabilizace emulze povrchově aktivní látkou [23].....</i>	28
<i>Obr. 9. Možnosti rozpadu emulzí [29]</i>	29
<i>Obr. 10. Strukturní vzorec celulózy [42]</i>	35
<i>Obr. 11. Strukturní vzorec methylcelulózy [53]</i>	39
<i>Obr. 12. Strukturní vzorec karboxymethylcelulózy [4]</i>	41
<i>Obr. 13. Strukturní vzorec ethylcelulózy [58]</i>	42
<i>Obr. 14. Velikost částic emulze s HLB = 11, 3 % emulgátorů, rychlost míchání 3 400 a 13 400 ot./min., O/V = 30/70.....</i>	54
<i>Obr. 15. Velikost částic emulze s HLB = 11, 3 % emulgátorů, O/V = 30/70, rychlost míchání 13 400 ot./min. po dobu 1, 3, 5, 10, 15, 20 a 30 min.</i>	55
<i>Obr. 16. Velikost částic emulze s HLB = 10,5, 5 % emulgátorů, rychlost míchání 3400 a 13 400 ot./min., O/V = 10/90.....</i>	56
<i>Obr. 17. Velikost částic obsažených v emulzi s HLB = 10,5, O/V = 10/90, 5 % emulgátorů, rychlosti míchání 3 400 ot./min. po dobu 1, 3, 5, 10, 15, 20 a 30 min.</i>	56
<i>Obr. 18. Velikost částic obsažených v emulzi s HLB = 10,5, O/V = 10/90, 5 % emulgátorů, rychlosti míchání 13 400 ot./min. po dobu 1, 3, 5, 10, 15, 20 a 30 min.</i>	57
<i>Obr. 19. Velikost částic emulze s HLB = 11, 5 % emulgátorů, rychlostí míchání 3400 a 13 400 ot./min., O/V=5/95.....</i>	58
<i>Obr. 20. Emulze připravovaná rychlostí 13 400 ot./min., 3 % emulgátorů, HLB = 11,5, O/V = 10/90, skladovaná při teplotě 4 °C, 8. den měření</i>	73
<i>Obr. 21. Velikost částic emulze se 3 % emulgátorů, HLB = 11,5, O/V = 10/90, skladovaná při teplotě 4 °C, měřená 8. den po přípravě</i>	73

- Obr. 22. Emulze připravovaná rychlostí 13 400 ot./min., obsahující 3 % emulgátorů, $HLB = 11,5$, $O/V = 5/95$, skladovaná při teplotě 25 °C, 8. den měření..... 75
- Obr. 23. Emulze připravovaná rychlostí 13 400 ot./min. 5 % emulgátorů, $HLB = 10,5$, $O/V = 5/95$, skladovaná při teplotě 25 °C, 15. den měření..... 76

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1. Aplikace tenzidů v závislosti na hodnotě HLB [1]</i>	24
<i>Tab. 2. Obsah MC ve vybraných kosmetických produktech [68]</i>	40
<i>Tab. 3. Vypočtená množství olejové a vodné fáze, emulgátorů a 1% roztoku methylcelulózy pro emulzi o hodnotě HLB 10,5 a celkovém množství 3 % emulgátorů.....</i>	48
<i>Tab. 4. Vypočtená množství olejové a vodné fáze, emulgátorů a 1% roztoku methylcelulózy pro emulzi o hodnotě HLB 10,5 a celkovém množství 5 % emulgátorů.....</i>	48
<i>Tab. 5. Vypočtená množství olejové a vodné fáze, emulgátorů a 1% roztoku methylcelulózy pro emulzi o hodnotě HLB 11 a celkovém množství 3 % emulgátorů.....</i>	49
<i>Tab. 6. Vypočtená množství olejové a vodné fáze, emulgátorů a 1% roztoku methylcelulózy pro emulzi o hodnotě HLB 11 a celkovém množství 5 % emulgátorů.....</i>	49
<i>Tab. 7. Vypočtená množství olejové a vodné fáze, emulgátorů a 1% roztoku methylcelulózy pro emulzi o hodnotě HLB 11,5 a celkovém množství 3 % emulgátorů.....</i>	50
<i>Tab. 8. Vypočtená množství olejové a vodné fáze, emulgátorů a 1% roztoku methylcelulózy pro emulzi o hodnotě HLB 11,5 a celkovém množství 5 % emulgátorů.....</i>	50
<i>Tab. 9. Velikost částic u vzorků s HLB 10,5 a 3 % emulgátorů</i>	59
<i>Tab. 10. Velikost částic u vzorků s HLB 10,5 a 5 % emulgátorů</i>	59
<i>Tab. 11. Velikost částic u vzorků s HLB 11 a 3 % emulgátorů</i>	60
<i>Tab. 12. Velikost částic u vzorků s HLB 11 a 5 % emulgátorů</i>	60
<i>Tab. 13. Velikost částic u vzorků s HLB 11,5 a 3 % emulgátorů</i>	61
<i>Tab. 14. Velikost částic u vzorku s HLB 11,5 a 5 % emulgátorů</i>	61
<i>Tab. 15. Vizuální pozorování emulze s hodnotou HLB 11,5, 3 % emulgátorů, poměr O/V = 5/95, míchané rychlostí 13 400 ot./min., skladované při teplotě 4 °C.....</i>	63

<i>Tab. 16. Vizualní pozorování emulze s hodnotou HLB 11, 5 % emulgátorů, poměr O/V = 5/95, míchané rychlostí 13 400 ot./min., skladované při teplotě 4 °C.....</i>	<i>63</i>
<i>Tab. 17. Vizualní pozorování emulze s hodnotou HLB 11,5, 3 % emulgátorů, poměr O/V = 10/90 a 15/85, míchané rychlostí 13 400 ot./min., skladované při teplotě 4 °C</i>	<i>64</i>
<i>Tab. 18. Vizualní pozorování emulze s hodnotou HLB 11,5, 5 % emulgátorů, poměru O/V = 10/90 až 30/70, míchané rychlostí 13 400 ot./min., skladované při teplotě 4 °C</i>	<i>64</i>
<i>Tab. 19. Krémování u vzorků s HLB 10,5, skladovaných při 4 °C</i>	<i>65</i>
<i>Tab. 20. Krémování u vzorků s HLB 11, skladovaných při 4 °C</i>	<i>66</i>
<i>Tab. 21. Krémování u vzorků s HLB 11,5, skladovaných při 4 °C</i>	<i>67</i>
<i>Tab. 22. Stabilita emulzí skladovaných při 4 °C</i>	<i>67</i>
<i>Tab. 23. Krémování vzorků s HLB = 10,5, skladovaných při teplotě 25 °C</i>	<i>68</i>
<i>Tab. 24. Krémování vzorků s HLB = 11, skladovaných při teplotě 25 °C</i>	<i>69</i>
<i>Tab. 25. Krémování vzorků s HLB = 11,5, skladovaných při teplotě 25 °C</i>	<i>70</i>
<i>Tab. 26. Stabilita emulzí uchovávaných při 25 °C</i>	<i>71</i>
<i>Tab. 27. Stabilita emulzí uchovávaných při 37 °C</i>	<i>72</i>
<i>Tab. 28. Hodnoty velikosti částic emulze připravované rychlostí 13 400 ot./min., 3 % emulgátorů, HLB = 11,5, O/V = 10/90, skladovaná při teplotě 4 °C, 8. den po přípravě</i>	<i>74</i>
<i>Tab. 29. Hodnoty velikosti částic emulze připravované rychlostí 13 400 ot./min., 3 % emulgátorů, HLB = 11,5, O/V = 5/95, skladovaná při teplotě 25 °C, 8. den po přípravě</i>	<i>75</i>
<i>Tab. 30. Hodnoty velikosti částic emulze míchaná rychlostí 13 400 ot./min. obsahující 5 % emulgátorů, o hodnotě HLB 10,5, poměru O/V = 5/95, skladovaná při teplotě 25 °C, 15. den měření</i>	<i>76</i>