

POTRAVINÁŘSKÉ EMULGÁTORY

Mrlinová Žaneta

Bakalářská práce
2010



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav technologie a mikrobiologie potravin
akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Žaneta MRLINOVÁ**
Osobní číslo: **T04284**
Studijní program: **B 2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Chemie a technologie potravin**

Téma práce: **Potravinářské emulgátory**

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

1. Charakterizace povrchově aktivních látek s ohledem na jejich použití
2. Popis základních typů emulzí používaných v potravinářství
3. Popis vlastností základních potravinářských emulgátorů. Zaměření především na neionogenní emulgátory

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

[1] Emulsifiers in food technology. Robert J. Whitwhurst, ed. Blackwell Publishing, Northampton, UK, 2004.

[2] Mc Clements, D.J. Food Emulsions. Principles, Practieces and Techniques, CRC PRESS, Boca Raton, 2005.

[3] Fyzikální chemie povrchů a koloidních soustav, Doc. Ing. Lidmila Bartovská, CSc., Doc. Ing. Marie Šišková, CSc., Praha 2005, VŠCHT PRAHA, ISBN 80-7080-579-X.

[4] Food Additives Handbook, Richard J. Lewis, Richard J.Sr. Lewis, Michael Ed.Renaud, M.Renaud, M.lewis, Sr. Lewis, ed. Van Nostrand Reinhold, 1989, ISBN 044 2205 082.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Jiří Krejčí, CSc.

Ústav technologie tuků, tenzidů a kosmetiky

Datum zadání bakalářské práce:

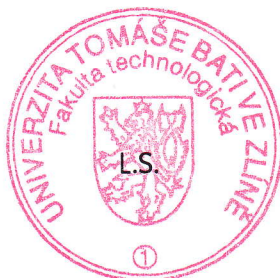
11. února 2010

Termín odevzdání bakalářské práce:

31. května 2010

Ve Zlíně dne 15. dubna 2010

doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan



doc. Ing. Jan Hrabě, Ph.D.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: Mr. Linová Zdenka

Obor: CHTP

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 užít 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 14.5.2010

Mr. Linová

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 nevydělečně 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 pořizovat 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 přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Tato práce je členěna na dvě kapitoly – Emulze a Emulgátory. V první je popsáno dělení emulzí z různých hledisek, dále příprava emulzí a faktory které mají vliv na vznik emulze. Další částí je stabilizování emulze. Ve druhé kapitole jsou podrobněji rozebrány emulgátory. Zde jsou popsány molekulární vlastnosti surfaktantů i amfifilních biopolymerů. Blíže jsou popsány nejběžnější skupiny emulgátorů – lecitiny, MAG, DAG a jejich deriváty, estery polyglycerolů a sacharózové estery.

Klíčová slova: Emulze, emulgátor, lecitin, mono- a diacylglyceroly, polyglycerolové estery, sacharózové estery.

ABSTRACT

This bachelor thesis is divided into two chapters – Emulsions and Emulsifiers. The first is dealing with dividing of emulsions, their formulation and stability. The other part is dealing with emulsifiers, where are defined the molecular peoperties of surfactants and amphiphilic biopolymers. The most common emulsifiers are described in more detail – lecithins, MAG, DAG and their esters, polyglycerol esters and sucrose esters.

Keywords: Emulsions, emulsifiers, lecitin, mono- and diglycerides, polyglycerols esters, sucrose esters.

Děkuji vedoucímu mé bakalářské práce panu Ing. Jiřímu Krejčímu za obětavý přístup a odborné vedení.

Prohlašuji, že jsem na bakalářské/diplomové práci pracoval(a) samostatně a použitou literaturu jsem citoval(a). V případě publikace výsledků, je-li to uvedeno na základě licenční smlouvy, budu uveden(a) jako spoluautor(ka).

Ve Zlíně 14.5.2010

.....*Melincová!*.....

Podpis studenta

OBSAH

1	EMULZE	11
1.1	DĚLENÍ EMULZÍ	11
1.2	PŘÍPRAVA EMULZÍ	12
1.2.1	FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ VELIKOST ČÁSTIC	14
1.2.1.1	Typ emulgátoru a jeho koncentrace	14
1.2.1.2	Dodaná energie.....	15
1.2.1.3	Vlastnosti fází.....	16
1.2.1.4	Teplota.....	16
1.3	STABILITA EMULZÍ	17
1.3.1	STABILIZACE EMULZÍ ELEKTRICKOU DVOJVRSTVOU	17
1.3.2	STABILIZACE POMOCÍ EMULGÁTORŮ	19
1.3.3	STABILIZACE POMOCÍ ADSORPCE POLYMERU	19
1.3.4	ROZPAD EMULZE	20
2	EMULGÁTORY	22
2.1	MOLEKULÁRNÍ CHARAKTERISTIKA SURFAKTANTŮ	22
2.1.1	HYDROFILNĚ-LIPOFILNÍ ROVNOVÁHA	23
2.2	MOLEKULÁRNÍ CHARAKTERISTIKA AMFIFILNÍCH BIOPOLYMERŮ	26
2.3	BĚŽNĚ POUŽÍVANÉ DRUHY POTRAVINÁŘSKÝCH EMULGÁTORŮ	27
2.3.1	FOSFOLIPIDY	27
2.3.1.1	Vlastnosti lecitinů.....	28
2.3.1.2	Použití lecitinů do čokolád, plev a d cukrovinek	29
2.3.1.3	Lecitiny v pekařské výrobě	30
2.3.1.4	Instantní potraviny	31
2.3.2	MONO- A DIACYLGLYCEROLY (MAG A DAG).....	32
2.3.2.1	Příprava a vlastnosti MAG a DAG	32
2.3.2.2	MAG a DAG při výrobě chleba	33
2.3.2.3	Koláče	34
2.3.2.4	Emulgované tuky	34
2.3.3	DERIVÁTY MAG A DAG	34
2.3.4	ESTERY POLYGLYCEROLU	36
2.3.5	ESTERY SACHARÓZY	37
I	ZÁVĚR	40
II	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	41
III	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	44
IV	SEZNAM OBRÁZKŮ	46
	VSEZNAM TABULEK	47

ÚVOD

Přidávání různých látek do pokrmů, za účelem zlepšení chuti, vůně, vzhledu, či trvanlivosti, se datuje od pradávna. Sůl, ocet, kouř a různá koření se používají po tisíciletí. Do začátku tohoto století byl však počet chemických látek používaných v potravinářství, značně omezený. Až vaječný žloutek byl patrně první emulgátor, který byl používán ve "výrobě potravin" již počátkem 19. století. Vzhledem k tomu, že žloutky nezajišťovaly dlouhodobou stabilitu výrobků, výrobci začali používat lecitin získávaný ze sojových bobů, který se ve dvacátých letech 20. století stal důležitým potravinářským produktem. O deset let později došlo v této oblasti k důležitému průlomů zavedením derivátů některých mastných kyselin (mono- a diglyceridy). V roce 1936 bylo patentováno jejich použití při výrobě zmrzliny. V současné době hrají emulgátory důležitou úlohu ve výrobě potravinářských produktů jako jsou rostlinné tuky (margaríny), majonézy, smetanové omáčky, bonbony, balené zpracované potraviny a celá řada pekárenských výrobků [1], [2]. Dále je můžeme najít i např. v pivu a džusech.

Rostoucí znalosti chemických a fyzikálních pochodů, souvisejících s potravinami, pak umožňovaly vycházet této poptávce vstříc. Množství látek (barviv, konzervantů, aromat atd.) používaných v potravinářském průmyslu stále stoupalo a v současné době se odhaduje, že například ve Spojených státech se do potravin přidává přes 2500 různých látek.

Americká státní organizace FDA registruje ročně zhruba 100 žádostí o povolení nových potravinářských aditiv (včetně nepřímých aditiv jako např. obalových materiálů). Američan zkonzumuje průměrně čtyři až pět kilogramů těchto látek ročně a toto množství rok od roku roste. Ve Velké Británii zkonzumuje občan průměrně 3 kilogramy potravinářských aditiv ročně.

V ČSSR byla situace do roku 1989 zcela odlišná. Spotřeba potravinářských aditiv se nezvyšovala díky omezování jejich dovozu a od roku 1985 do roku 1989 dokonce poklesla o zhruba 14 %. Situace se však po roce 1989 radikálně změnila. Zejména příchod velkých potravinářských koncernů zapříčinil prudký nárůst spotřeby těchto látek. Zároveň si domácí výrobci uvědomili, že pokud chtějí konkurovat zahraničním producentům, musí i oni vyrábět levnější, trvanlivější a zároveň vzhledově lákavější a chuťově výraznější potraviny [1].

Jak je uvedeno výše, do potravin se přidává celá řada různých aditiv. Tato práce se nadále bude zabývat pouze potravinářskými emulgátory (kromě všeobecných zasazení do

širších souvislostí). Cílem této práce je vytvořit základní přehled o nejběžnějších potravinářských emulgátorech.

1 EMULZE

Emulze je disperze kapaliny v kapalině. Podmínkou vzniku emulze je, že kapaliny, které ji tvoří, musí být nemísitelné nebo mísitelné jen částečně. V soustavách bývají často přítomny látky, které jsou schopné zabránit slévání dispergovaných kapiček – koalescenci. Pro přípravu emulzí se prakticky ve všech případech používá emulgátor, což je vhodná povrchově aktivní látka - PAL. Filmy disperzního prostředí mohou mít koloidní rozměry, velikost emulzních kapek může tyto rozměry přesahovat. Ve většině potravin se velikosti kapek pohybují mezi 0,1 až 100 μm .

S emulzemi se setkáváme denně. Využívají se v potravinářství, kosmetice, farmacii, ale také v petrochemii a dalších oborech.

1.1 Dělení emulzí [3]

- **Podle polárnosti disperzního podílu a prostředí**
 - a) **Emulze prvního druhu** - také nazývané emulze přímé, jedná se o emulze typu olej ve vodě (O/V). U těchto disperzí tvoří disperzní prostředí polárnější kapalina. Příkladem je například mléko.
 - b) **Emulze druhého druhu** – jinak zvané obrácené emulze. Je to typ voda v oleji (V/O). Tady tvoří disperzní prostředí nepolární kapalina. Např. máslo.
- **Podle koncentrace disperzního podílu**
 - a) **Emulze zředěné** – dispergovaná fáze tvoří max. 2% objemu. Velikost kapiček bývá blízká koloidním rozměrům (10^{-7}m)
 - b) **Emulze koncentrované** – jedná se o emulze s nedeformovanými sférickými kapkami. U monodisperzních emulzí zabírá disperzní podíl max. 74 obj.%, což je nejtěsnější geometrické uspořádání kulovitých částic. Polydisperzní emulze mohou být i koncentrovanější.
 - c) **Emulze vysoce koncentrované** – tzv. gelovité. V těchto emulzích dochází k vzájemné deformaci kapek disperzního podílu. Tyto kapky jsou od sebe odděleny pouze tenkými filmy disperzního prostředí a emulgátoru.

Množství dispergované fáze se nejčastěji vyjadřuje objemovým zlomkem dispergované fáze Φ , který je definován vztahem:

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

kde: V_D – objem emulgované fáze

V_E – celkový objem emulze

V potravinářství se často používají tzv. dvojité nebo také násobné či složené emulze – O/V/O případně V/O/V. Postup přípravy je trochu odlišný od jednoduchých emulzí. Například O/V/O se připravuje tak, že se nejprve udělá emulze O/V pomocí vhodného emulgátoru ve shodě s Bancroftovým pravidlem (disperzní fáze emulze je tvořena vždy tou fází, ke které má emulgátor větší afinitu) a poté, se tato emulze znovu smíchá s další olejovou fází. V tomto kroku se použije druhý emulgátor, který je jiný než první a nová vnější (olejová) fáze je často odlišná (ale nemusí být) od první olejové fáze. Výsledná emulze tedy vypadá tak, že celková vnější fáze je olejová a vnitřní fázi tvoří kapky vodné fáze, v nichž vevnitř jsou drobné kapičky první olejové fáze. Příprava těchto emulzí je mnohem náročnější než příprava jednoduchých, protože je třeba použít dva vhodné emulgátory a zároveň zabránit jejich vzájemnému styku (emulze by se zhroutila) a je třeba zvolit také vhodnou metodu stabilizace [4][4].

1.2 Příprava emulzí

Emulze se nejčastěji připravují mechanickou dispergací disperzního podílu v disperzním prostředí za přítomnosti příslušného emulgátoru. Tento proces se nazývá emulzifikace. Požadované kapaliny se intenzívně protřepávají a promíchávají nebo se užije jiných metod jako koloidních mlýnků, ultrazvuku či membránových zařízení. Po dosažení emulze se často tato směs ještě homogenizuje ve speciálních homogenizátorech. Homogenizovaný systém je mnohem stálejší než polydisperzní. Při emulzifikaci je mechanická práce přeměněna v mezifázovou energii na rozhraní O/V. Emulgátory zde plní funkci nejen stabilizační, ale rovněž snižují mezifázovou energii a tím usnadňují emulzifikaci[4].

Tvorbu emulze můžeme vyjádřit rovnicí:

$$W = \gamma \cdot dA \quad (2)$$

Kde : W - práce potřebná k vytvoření emulze

γ - mezipovrchové napětí (značívá se také σ)

dA - diferenciální změna při tvorbě nového povrchu

Z rovnice vyplývá, že k tvorbě emulze je třeba vykonat práci, která je přímo úměrná mezipovrchovému napětí mezi vnitřní a vnější fází a velikosti změny povrchu při jejím vzniku. Čím méně práce musíme vynaložit, tím snadněji se emulze tvoří. Proto se přidávají emulgátory, které snižují toto mezipovrchové napětí. Práce je ovšem tím větší, čím menší chceme kapky vnitřní fáze (tím je změna povrchu větší) [7].

Tento proces je velmi snadný, poklesne-li mezifázové napětí pod 10mN /m. Některé emulgátory dokonce snižují mezifázovou energii pod 1mN/m. Potom dochází i při malé turbulenci ke vzniku emulze tzv. spontánní emulzifikaci [3].

Příprava může být jednokroková nebo vícestupňová. Záleží to na použitých výchozích kapalinách a na metodě emulzifikace. Nejdříve se do olejové a vodní fáze přimíchají jednotlivé složky podle jejich lipo- nebo hydrofilní povahy. Do olejové např. lipofilní vitamíny a barviva, antioxidanty a surfaktanty s afinitou k olejové fázi. Do vodní vodou rozpustné složky např. cukr, sůl, polysacharidy, puify a surfaktanty s afinitou k vodní fázi.

Emulze můžeme dle způsobu přípravy dělit na klasické a mikroemulze. Obecně lze říci, že velikost částic je od 100 nm do 10 000 nm. Jaká emulze vznikne záleží na typu emulgátoru, koncentraci emulgující fáze a na typu zařízení[5].

- **Klasické emulze** – jednokroková příprava, nejdříve se smíchá emulgátor s částí, ke které má větší afinitu (olejová nebo vodní fáze) a poté se tato směs smíchá s druhou kapalinou.
- **Mikroemulze** – tyto emulze mají mnohem menší částice, což ovlivňuje stabilitu - jsou mnohem stabilnější - a také sensorické vlastnosti. Menší částice umožňují lepší chuťové vjemy. Mikroemulze mají také čím dál větší význam v kosmetice a farmacii. Mikroemulze se nejčastěji připravují dvěma způsoby: teplotní fázovou inverzí (tzv. PIT metoda) a nebo tzv. studenou emulzifikací. PIT metoda je založena na citlivosti hodnoty HLB neionického emulgátoru na teplotě. Původní emulze O/V se při zvýšené teplotě (PIT) změní na V/O. V bodě fázové inverze je rozdíl mezipovrchových napětí mezi olejovou a vodnou fází minimální. Při rychlém ochlazení vzniklé emulze pod PIT vznikne mikroemulze typu O/V. Tento způsob přípravy je energeticky náročný [8].

Studená emulzifikace využívá směsi dvou emulgátorů s různými hodnotami HLB, přičemž jeden emulgátor má hodnotu HLB nižší než je doporučená HLB olejové fáze a druhý má hodnotu HLB vyšší. Jejich vhodnou kombinací lze dosáhnout toho, že mezi-povrchové napětí mezi oběma fázemi je minimální a blízké nule. V tomto okamžiku dochází prakticky s minimální spotřebou energie ke vzniku mikroemulzí. [9], [10].

1.2.1 Faktory ovlivňující velikost částic

Velikost kapek vzniklých při homogenizaci je důležitá, protože determinuje stabilitu, vzhled, texturu a chuť finálního výrobku. Aby bylo možné vytvořit produkt požadovaných vlastností, je nutné zajistit, aby většina kapek přešla do předem definovaných velikostních mezí. Proto je pro potravináře důležité umět kontrolovat faktory, které nejvíce ovlivňují velikost kapek.

1.2.1.1 Typ emulgátoru a jeho koncentrace

Pro dané koncentrace oleje, vody a emulgátoru existuje maximální hodnota povrchu, který může být kompletně pokryt emulgátorem. Čím menší kapky při homogenizaci vzniknou, tím větší je jejich celkový povrch. Jakmile velikost kapek poklesne pod určitou hranici (čímž se překročí maximální povrch, který je schopen daný objem emulgátoru pokrýt), začne docházet ke koalescenci kompletně nepokrytých kapek. Minimální velikost stabilních kapek, která může být teoreticky připravena je určena typem a koncentrací emulgátoru [4],[11].

$$r_{\min} = \frac{3\Gamma_{\text{sat}} \Phi}{c_s} \quad (3)$$

Kde:

Γ_{sat} – množství naadsorbovaného emulgátoru při nasycení celého povrchu kapek

Φ – objem dispergované fáze

c_s – koncentrace emulgátoru

Z uvedeného lze vyvodit, že menších částic můžeme dosáhnout zvýšením koncentrace emulgátoru, snížením koncentrace částic nebo použitím emulgátoru s nižší Γ_{sat} . V reálném systému existuje mnohem více faktorů majících vliv na velikost částic a výsledkem potom je, že částice vzniklé při homogenizaci jsou větší než toto teoretické minimum.

Vliv koncentrace emulgátoru na velikost částic tedy může být rozdělen do dvou kategorií :

- Nedostatek emulgátoru. Pokud je koncentrace emulgátoru nedostatečná, aby pokryl veškerý povrch kapek vzniklý homogenizací, řídí se velikost kapek primárně touto koncentrací než energií dodanou homogenizátorem. Povrch pokrytý emulgátorem je v tomto případě relativně konstantní a je blízký hodnotě Γ_{sat} . Za těchto podmínek se velikost částic řídí rovnicí (3).
- Nadbytek emulgátoru. Pokud je emulgátoru víc, než je potřeba ke kompletnímu pokrytí povrchu kapek, je velikost částic v první řadě závislá na energii dodané homogenizátorem a na koncentraci emulgátoru tolik nezávisí. Za těchto podmínek závisí velikost kapek na převažujících podmínkách toku v homogenizátoru. Pokud emulgátor netvoří násobné vrstvy, bude opět pokrytý povrch při zachování podmínek konstantní ($\Gamma = \Gamma_{\text{sat}}$). V případě, že je emulgátor schopen tvořit násobné vrstvy na fázovém rozhraní, může být obsazený povrch částic zvýšen zvýšením koncentrace emulgátoru ($\Gamma > \Gamma_{\text{sat}}$). Tento jev byl sledován u globulárních proteinů jako proteiny syrovátky, kde se pokrytí povrchu zvyšovalo až k určité úrovni při zvyšování celkové koncentrace emulgátoru [4].

1.2.1.2 *Dodaná energie*

Velikost kapek může být snížena zvýšením intenzity nebo doby působení rozrušujících sil při homogenizaci (pouze tak dlouho, dokud je dostatek emulgátoru k pokrývání povrchu kapek). Množství energie, kterou lze dodat závisí na typu homogenizátoru. Například ve vysokorychlostních mixérech může být energie zvýšena rychlejší rotací nebo prodloužením doby, po kterou se emulguje. Ve vysokotlakých ventilových homogenizátorech pak zvýšením tlaku nebo recirkulací směsi. U koloidních mlýnků se energie zvyšuje použitím těsnější mezery mezi státorem a rotorem, zvýšením rotační rychlosti, nebo opakovaným prohnáním směsi mlýnkem. Při daných homogenizačních podmínkách (intenzita energie, složení emulze, teplota) lze dosáhnout pouze určité minimální velikosti kapek a ani opakovaným homogenizováním nelze dosáhnout jemnější rozptýlení. Dodáním většího množství energie se zvyšují výrobní náklady, což nutí potravináře k nalezení rovnováhy mezi velikostí kapek, časem a cenou [4]. Ve většině případů dochází zvýšením dodané energie ke zmanšení velikosti kapek. Nicméně v některých případech vede zvýšení energie ke zvětšení velikosti částic, protože emulgační schopnost emulgátoru je snížena nadměrným zahříváním nebo vystavením směsi vysokým tlakům. Tuto skutečnost je třeba brát na zřetel pře-

devším u emulzí stabilizovaných pomocí proteinů, protože při vysokých teplotách nebo tlacích dochází k jejich částečné (a postupně i úplné) denaturaci [12].

1.2.1.3 Vlastnosti fází

Složení a fyzikálně-chemické vlastnosti obou fází (olej a voda) ovlivňují velikost kapek vzniklých při homogenizaci [13]. Rozdílné oleje mají rozdílné mezipovrchové tenze při styku s vodou, protože mají jiné molekulární složení, nebo obsahují různě velká množství povrchově aktivních příměsí jako volné mastné kyseliny, mono- a diacylglyceroly. Tyto povrchově aktivní lipidické látky mají tendenci se kumulovat na fázovém rozhraní, čímž snižují mezipovrchové napětí a usnadňují následnou emulgaci.

Vodní fáze emulze může obsahovat široké spektrum složek – minerály, kyseliny, zásady, cukry a různé biopolymery, alkoholy a plynové bublinky. Mnohé z nich mají vliv na výslednou velikost kapek, protože mohou ovlivňovat reologii, mezipovrchové napětí, koalescenční stabilitu nebo adsorpční kinetiku. Přítomnost biopolymerů zvětšuje velikost kapek, protože mají schopnost potlačovat vznik turbulentních vírů při homogenizaci [12]. Emulze stabilizované proteiny nemohou vznikat blízko izoelektrického bodu proteinů protože jsou náchylné k agregaci.

1.2.1.4 Teplota

Teplota ovlivňuje velikost kapek několika způsoby. Viskozita obou fází je závislá na teplotě. Velikost částic může být ovlivněna úpravou vzájemného poměru těchto viskozit η_0/η_v . Se stoupající teplotou obvykle klesá viskozita oleje mnohem rychleji než u vodné fáze a proto η_0/η_v pro O/V emulzi klesá a tímto je usnadněna tvorba emulze při vyšší teplotě (olejovou fází je možné snadněji rozptýlit). Zahřívání emulze obvykle způsobí mírnou redukci mezipovrchového napětí, což by mělo usnadnit tvorbu malých kapek. Některé emulgátory ztrácejí při zahřevu na určitou teplotu svoji schopnost stabilizovat emulzi a bránit koalescenci. Například emulgátory s malými molekulami, když jsou zahřáty až k jejich fázové inverzní teplotě už dále koalescenci nezabraňují. Je třeba poznamenat, že tvorba emulze je blízko PIT mnohem snažší a cíleně se to využívá při některých technologických postupech. Teplota je také důležitá, protože ovlivňuje skupenství tukové fáze. Pokud je tato zcela v pevném stavu, je prakticky nemožné provést homogenizaci, protože nebude protékat homogenizátorem nebo bude muset být energetický vklad příliš vysoký a výroby se stává neekonomickou. [14]

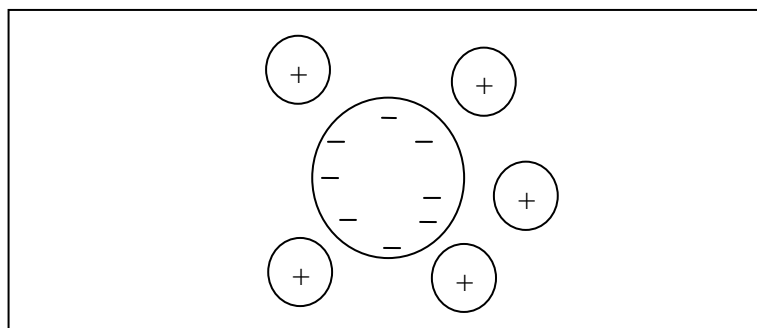
1.3 Stabilita emulzí [3]

Emulze jsou agregátně a termodynamicky nestálé. Jejich stálost z velké části závisí i na vnějších podmínkách (na teplotních změnách, je-li ponechána v klidu, nebo vystavena otřesům aj.) a na HLB (hydrofilně-lipofilní rovnováha, viz kapitola 2) použitého emulgátoru (emulgátorů). Při změnách vnějších podmínek (v praxi jde nejčastěji o změny teploty) může dojít zániku emulze (tj. rozdělení fází).

Vhodná forma stabilizace se často volí na základě koncentrace emulze. Ve vztahu k praktickému použití emulzí je jejich stabilita nejdůležitější vlastností. Můžeme ji posuzovat z pohledu termodynamiky a kinetiky. Kinetická stabilita je vyjádřena rychlostí rozpadu dané emulze a termodynamická stabilita je v přímé souvislosti s pravděpodobností, že proběhne rozpad emulze. Proto je třeba najít vhodný způsob stabilizace.

1.3.1 Stabilizace emulzí elektrickou dvojrstvou

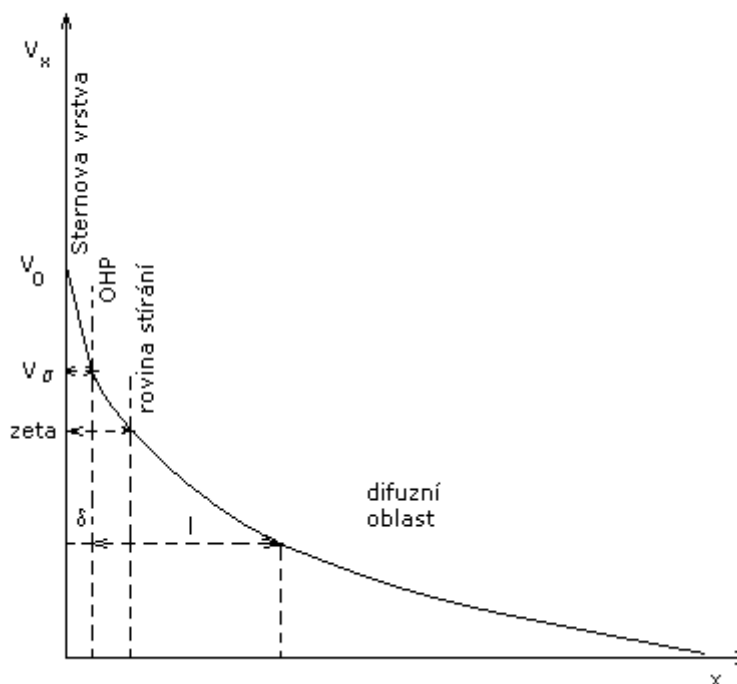
Tato forma stabilizace se může uplatnit jen ve žředěných emulzích. Každá kapka vnitřní fáze má svůj náboj, který přitahuje opačně nabitě částice vnější fáze, čímž se výsledný náboj vynuluje.



Obr.1 Znázornění nábojů při vzniku elektrické dvojrstvy

Bez přítomnosti elektrolytů může elektrická dvojrstva vzniknout důsledkem adsorpce hydroxoniových nebo hydroxidových iontů z vody na fázovém rozhraní. Koalescenci brání odpudivé síly mezi kapičkami a to tím účinněji, čím větší je tloušťka dvojrstvy a čím větší je náboj kapky. Vliv elektrolytové koncentrace na tyto dvě veličiny je: s rostoucí koncentrací elektrolytu roste i náboj kapky a klesá tloušťka elektrické dvojrstvy. Čím je tloušťka elektrické dvojrstvy tenší, tím je emulze méně stabilní. V potravinářství se často přidává elektrolyt (např. NaCl), aby došlo k úplnému obalení vnitřní fáze opačným nábojem [3].

Distribuci nábojů v těsné blízkosti nabitého povrchu byla popsána Helmholtzem a později Gouy a Chapmanem doplněna o model difúzní vrstvy. V současnosti je všeobecně akceptován Gouy-Chapman-Sternův model elektrické dvojvrstvy, jehož schéma je uvedeno na obr. 2 [6]:



Obr. 2 Model elektrické dvojvrstvy

První část závislosti je dána prudkým poklesem potenciálu a je označována jako Sternova vrstva. V této vrstvě dochází k elektrostatické interakci mezi nábojem kapky a opačně nabitým iontem. Předpokládá se interakce v monomolekulárních vrstvách, což znamená velký úbytek náboje na malou vzdálenost. Naadsorbované protionty jsou prakticky nepohyblivé. Prudký pokles končí v určité vzdálenosti od povrchu, která se označuje jako vnější Helmholtzova rovina. Další část křivky je charakterizována postupným poklesem potenciálu až k nulové hodnotě. Při pohybu kapky v prostředí elektrolytu se část vrstvy pohybuje s kapkou. Jedná se jednak o pevně vázané protionty (tzv. vnitřní vrstva), jednak o část vnější vrstvy vázané adsorpčními silami. Zbytek iontů se potom pohybuje s kapalinou a tvoří difúzní vrstvu. [6]

1.3.2 Stabilizace pomocí emulgátorů

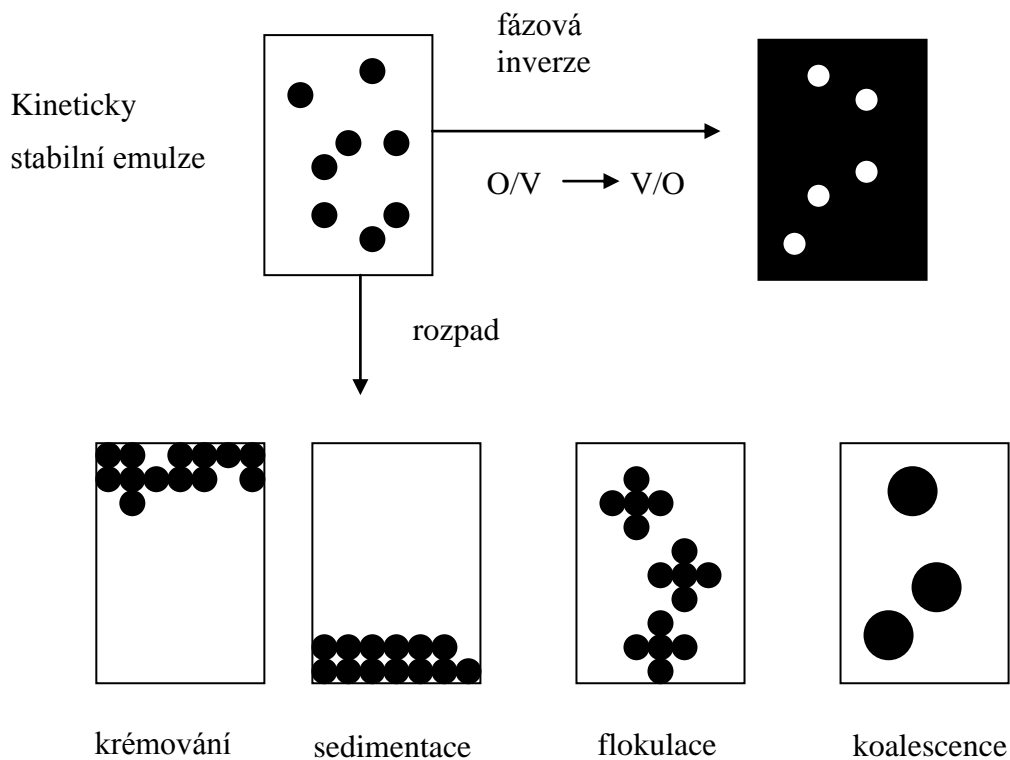
V koncentrovanějších emulzích již pouhý elektrický náboj nestačí ke stabilizaci a proto je životnost emulzí zajišťována přidavkem další složky – emulgátoru. Emulgátor má za úkol vytvořit na povrchu kapének adsorpční film, který při tepelné nebo sedimentační srážce dvou kapiček zabrání jejich koalescenci. Z toho vyplývá, že se emulgátor hromadí na rozhraní dvou fází a je tudíž povrchově aktivní látkou. Podle Bancroftovy teorie mezifázového napětí je disperzní fáze emulze tvořena vždy tou fází, ke které má emulgátor větší afinitu. Emulgátor navíc tvoří na stykové ploše obou fází další novou fázi. V emulzi jsou tedy dvě fázová rozhraní s odpovídajícími mezipovrchovými napětími $\gamma_{V,E}$ a $\gamma_{O,E}$. Jako emulgátory jsou vhodné látky schopné gelace nebo asociace ve velké micely. Podrobnější členění a popis emulgátorů je v kapitole 2.

1.3.3 Stabilizace pomocí adsorpce polymeru

Tato forma stabilizace se často používá právě v potravinářství. Aby byla tato stabilizace realizovatelná, musí být daný polymer (bílkoviny, sacharidy) rozpustný ve vnější fázi, přičemž může nebo nemusí být nabitý. Nenabitý polymer je např. škrob, polyelektrolytem jsou např. právě bílkoviny. Polymer má tendenci se vázat na fázové rozhraní, v podstatě obalí dispergovanou kapku, přičemž řada potravinářských polymerů je hydratovaná a mají tak větší objem. Jedná se o přirozenou stabilizaci potravin. Polymery zvyšují viskozitu vnější fáze – brání tak pohybu vnitřní fáze. Více je tato problematika rozebrána v kap. 2.

1.3.4 Rozpad emulze

V praxi se více sleduje kinetická stabilita. Nestabilitu je snadné rozpoznat podle postupné separace vodné a olejové fáze. Různé fyzikální mechanismy rozpadu emulze jsou uvedeny na Obr.3 [13]:



Obr.3 Rozpady emulze

Krémování a sedimentace jsou formy gravitační separace. Která z nich nastane, závisí na hustotě dispergované části oproti disperznímu prostředí. Pokud je tato hustota větší, jsou dispergované částice těžší než částice vnější fáze a dochází k sedimentaci a naopak.

Flokulace a koalescence jsou typy kapkové agregace. Při flokulaci dochází k integraci jednotlivých kapek se zachováním individuálních vlastností a při koalescenci dochází ke shlukování a tvorbě nových, větších kapek. Při fázové inverzi dojde k výměně fází a emulze O/V se přemění na V/O a naopak[4].

V potravinách bývá do emulze přidávána řada dalších složek (cukry, soli, bílkoviny, polysacharidy aj.). Tyto jsou v tuhé fázi a tak ve vzniklé emulzi vzniká suspenze. V každé sus-

penzi doyhází k sedimentaci pevných částic. Rychlost této sedimentace se řídí Stokesovým zákonem:

$$v = \frac{2r^2 \cdot (\rho_1 - \rho_2) \cdot g}{9 \cdot \eta} \quad (4)$$

kde:

r – poloměr kulovitých částic dispergované fáze

ρ_1, ρ_2 – hustoty vnitřní a vnější fáze

g – gravitační konstanta

η - viskozita vnější (kontinuální) fáze

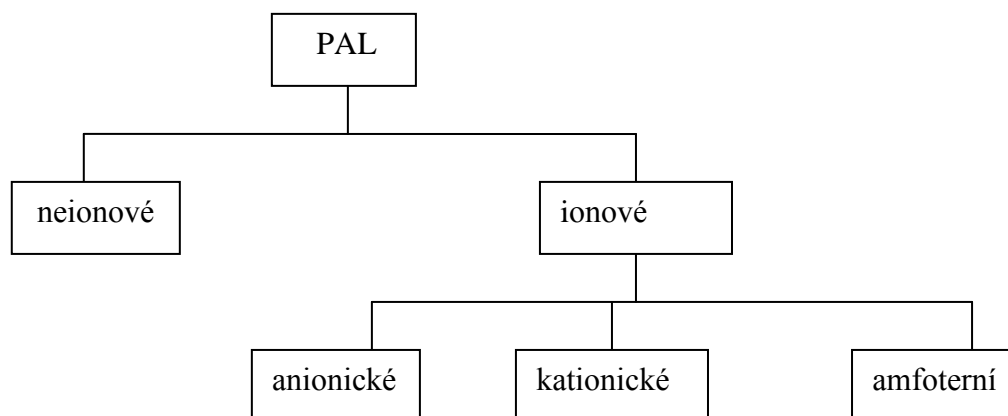
Aby byla soustava stabilní, musí být rychlost sedimentace co nejnižší. Ze vzorce tedy vyplývá, že rychlost sedimentace je přímo úměrná druhé mocnině poloměru suspendovaných částic a rozdílu hustot a nepřímo úměrná viskozitě. To znamená, že pro stabilní soustavy je žádoucí, aby čitatel byl co nejmenší – hustota vnitřní a vnější fáze sobě co nejbližší a rozptýlené částice co nejmenší, nebo velký jmenovatel – vysoká viskozita emulze. Viskozitu i hustotu můžeme ovlivňovat např. přidávkem polymerních stabilizátorů. Je dlužno podotknout, že viskozita i hustota závisí na teplotě. V reálných soustavách se rychlost sedimentace neřídí přesně podle Stokesova zákona a to hlavně proto, že částice nebývají kulovité, ale jsou nesymetrické a může docházet i k jejich vzájemným interakcím.

2 EMULGÁTORY

Emulgátor je v tomto textu myšlen jako povrchově aktivní látka, která je schopna adsorpce na fázové rozhraní olej-voda a je schopna chránit emulze proti rozpadu. Jak již bylo popsáno výše, emulgátory se v potravinářství používají při výrobě řady druhů potravin. Používají se jednak jako stabilizátory emulzí (mražené krémy, majonézy, různé druhy margarínů a jiných tuků atd.) ale často mají i jiné funkce než jen stabilizační. Běžnou praxí je jejich použití v pekárenské výrobě. U pečiva jednak zvětšují objem, ale tím, že pomáhají vázat vodu (např. mléčnan sodný), prodlužují „čerstvost“ pečiva. V mražených krémech se používají jako stabilizátory pěny, což znamená, že emulgátor udrží v této směsi více vzduchu (např. guma guar). Schopnost emulgátorů stabilizovat pěnu se dále využívá také v různých sypkých směsích např. pro výrobu dezertů. Jiné emulgátory naopak tvorbu pěny potlačují a proto jsou vhodné při zpracování vajec a mléka. Další využití je pro změkčení cukrovinek, emulgátory také kontrolují viskozitu tekuté čokolády, zlepšují i rozpustnost instantních nápojů a mohou ovlivňovat krystalizaci tuků [15]. V potravinářském průmyslu se nejčastěji používají surfaktanty (= povrchově aktivní látka, v našem případě emulgátor) s malými molekulami a amfifilní biopolymery. Emulgátory se velmi liší v jejich schopnosti tvořit a stabilizovat emulze v závislosti na jejich molekulárních a fyzikálně-chemických vlastnostech. Jsou vybírány podle svých schopností rychle se adsorbovat na fázové rozhraní, snížit mezipovrchové napětí a zabránit koalescenci v průběhu homogenizace. Navíc je velmi důležité, aby byla směs stabilní za běžných změn prostředí jak během výroby, tak při přepravě, skladování a po dobu používání spotřebitelem [4].

2.1 Molekulární charakteristika surfaktantů

Povrchově aktivní látka se skládá z hydrofilní „hlavy“ a lipofilního „konce“. Hlavní úlohou PAL v potravinářské emulzi je zlepšit texturu emulze a její stabilitu. Nicméně, mohou měnit vlastnosti emulze mnoha způsoby jako tvorba surfaktantových micel, interakce s biopolymery nebo modifikace tvorby, růstu a struktury tukových krystalů [16], [17]. Vlastnosti daného emulgátoru závisí na povaze obou částí (hlavy a konce). Podle hydrofilní části můžeme povrchově aktivní látky dělit podle obrázku 4[17]:



Obr. 4 Dělení povrchově aktivních látek

Polární skupiny u ionových PAL jsou disociovatelné. Anionaktivní vykazují ve vodném prostředí záporný náboj, kationické kladný a amfoterní mají náboj v závislosti na pH prostředí. Neionické nemají v molekule náboj, ve vodném prostředí tedy neionizují a rozpustnost ve vodě je dána přítomností hydrofilních skupin (skupiny $-OH$, $-NH_2$, $-(CH_2-CH_2-O)_n-$, atd.) [18]. Nejvíce používané surfaktanty v potravinářství jsou hlavně neionické (monoglyceroly a diglyceroly i jejich deriváty, polysorbáty a estery kyseliny mléčné), anionické (soli mastných kyselin, DATEM, CITREM) nebo zwitterionické (lecitin). Lipofilní část se obvykle skládá z jednoho nebo více uhlíkových řetězců (asi 10 – 20 uhlíků). Tyto řetězce mohou být nasycené i nenasycené, lineární či rozvětvené, alifatické nebo aromatické, ale většina potravinářských emulgátorů má jeden až dva lineární alifatické (ne)nasycené řetězce. Při využití v potravinářství je třeba mít také na zřeteli zdravotní hledisko používaného emulgátoru. [4],[19].

2.1.1 Hydrofilně-lipofilní rovnováha

Používá se zkratka HLB a jedná se o semiempirickou velmi rozšířenou metodu pro klasifikaci surfaktantů. Jako první toto hodnocení navrhl Griffin a přezkoumal ho Friberg. Jedná se o číselné vyjádření poměru mezi lipofilní a hydrofilní částí molekuly v rozmezí 0-20. Podle výsledné hodnoty se dá určit, k čemu je možné daný surfaktant použít. Pro výpočet je možné použít několika vztahů. Původní Griffinův vztah:

$$HLB = \Sigma (HLB \text{ hydrofil}) - \Sigma (HLB \text{ hydrofob}) + 7 \quad (5)$$

Další možností je:

$$HLB = 20 * M_h / M \quad (6)$$

Kde:

M_h – molární hmotnost hydrofilní části

M – molární hmotnost celé molekuly

Řada dalších vztahů je využívána jen pro určité skupiny neionických tenzidů jako jsou například estery vícesytných alkoholů. Aby byly tyto výpočty co nejvíce usnadněny, běžně se používají HLB nejvyskytovanějších skupin. Několik je jich uvedeno v tabulce 1 [4]:

Tab.1 Hodnoty HLB vybraných skupin

Skupina	HLB	Skupina	HLB
-SO ₄ Na	38,7	-CH-	0,475
-COOK	21,1	-CH ₂ -	0,475
-COONa	19,1	-CH ₃	0,475
-O-SO ₃ ⁻	11,0	-CH=	0,475
terciární amin	9,4	-(CH ₂ -CH ₂ -O)-	0,33
-COO-R (sorbitan)	6,8		
-COO-R	2,4		
-COOH	2,1		
-OH	1,9		
-O-	1,3		

Jestliže není známo složení tenzidů, je možné hodnotu HLB stanovit experimentálně. Všechny tyto metody jsou založeny na srovnávání měřené veličiny neznámého tenzidu s tenzidem, u něhož známe HLB. Známé jsou metody využívající sledování tenzidů jako zakotvené fáze při plynové chromatografii. Důležitou podmínkou zjištění správné hodnoty HLB je podobnost zkoušeného tenzidu a standardů.

Málokdy je pro daný výrobek dostačující pouze jeden emulgátor tak, aby bylo dosaženo všech požadovaných vlastností. V praxi se běžně užívají směsi více emulgátorů. Některé jsou ve formě prefabrikantů, ale mnohdy je třeba si připravit vlastní směs. Pro výpočet směsi emulgátorů se užívá vzorec:

$$HLB_s = \frac{w_1 \cdot \overline{HLB}_1 + w_2 \cdot \overline{HLB}_2}{w_1 + w_2} \quad (7)$$

Kde:

w_1 a w_2 - množství obou tenzidů v % hm

Vztah hodnot HLB a vhodnosti použití je uvedeno v tab. 2 [20]:

Tab.2 Přehled použití emulgátorů podle hodnoty HLB

Vzhled disperze	HLB	Použití	
netvoří disperzi ve vodě	$\left. \begin{array}{c} 0 \\ 2 \\ 4 \end{array} \right\}$	emulgátory V/O	
			6
			8
mlékovitá nestabilní disperze	10	$\left. \begin{array}{c} \text{smáčedla} \\ \text{detergenty} \\ \text{solubilizátory} \end{array} \right\}$ emulgátory O/V	
mlékovitá stabilní disperze	12		
čiré disperze	14		
	16		
	18		

Hodnota HLB je u ionických surfaktantů větší než 20, čímž je určeno i jejich použití. Proto je hodnota HLB důležitá zejména u neionických. Surfaktanty s nízkou hodnotou HLB (3-6) jsou převážně hydrofóbní, takže stabilizují emulze V/O. Naopak surfaktanty s vysokou HLB (10-18) jsou převážně hydrofilní a stabilizují emulze O/V. Emulgátory s hodnotami HLB (7-9) nemají větší afinitu ani k jedné fázi a jsou dobrými smáčedly. Molekuly s hodnotami HLB menšími než 3 a většími než 18 většinou nejsou povrchově aktivní. Některé neionické emulgátory tedy mohou být využity pro oba typy emulzí. Stabilita emulzí není ovšem dána jen typem emulgátoru ale i druhem olejové fáze. Pro vybrané emulze je sestavován systém emulgátorů s tzv. požadovanou hodnotou HLB. Některé příklady jsou uvedeny v následující tabulce:

Tab.3 Optimální hodnoty HLB pro vybrané systémy:

Olejevá fáze	Požadované HLB pro emulzi	
	V/O	O/V
kyselina stearová	6	15
cetylalkohol	-	15
stearylalkohol	-	14
lanolin	8	10
bavlníkový olej	5	10
minerální olej	5	12
včelí vosk	4	12

Hlavní nevýhodou HLB konceptu je, že zde není zohledněna okolnost, že funkční hodnoty PAL se významně mění s telotou nebo vlastnostmi roztoku. Z toho vyplývá, že konkrétní emulgátor může být schopný stabilizovat O/V při jedné teplotě a V/O při úplně jiné [4], [6], [20],[21],[22].

2.2 Molekulární charakteristika amfifilních biopolymerů

Proteiny a polysacharidy jsou přirozeně se vyskytující polymery, v případě proteinů se jedná o aminokyseliny a v případě polysacharidů o monosacharidy. Funkční vlastnosti těchto látek v potravinách (povrchová aktivita, houstnutí, gelace atd.) jsou určeny jejich molekulárními vlastnostmi (molekulová hmotnost, konformace, polarita, interakce a další). Tyto vlastnosti jsou determinovány typem, počtem a sekvencí monomerů v polymerním řetězci[4]. Biopolymery se dělí na homopolymery (všechny monomery jsou stejné) a heteropolymery (obsahují různé monomery). Monomery jsou vázány kovalentně, což umožňuje rotaci řetězu kolem těchto vazeb. Protože jsou tyto polymery tvořeny velkým množstvím monomerů (cca 20 – 20 000), umožňuje to vznik velkého množství konfigurací v roztoku. V praxi se ovšem setkáváme pouze s několika nejběžnějšími konformacemi, které mají co nejnižší energetický stav. Tyto konformace můžeme rozdělit do tří kategorií: globulární, fibrilární a náhodně svinuté tvary. Konformace biopolymerů mají hlavní podíl na výsledných funkčních vlastnostech. Ve většině případů musí být biopolymery plně dispergované a rozpuštěné ve vodní fázi, aby se mohly projevit jejich emulgační vlastnosti. Jejich solvatace je proto důležitým krokem před homogenizací. Tento proces obvykle zahrnuje více stupňů – disperzi, vlhčení, bobtnání a rozpuštění. Při stabilizaci emulzí pomocí biopolyme-

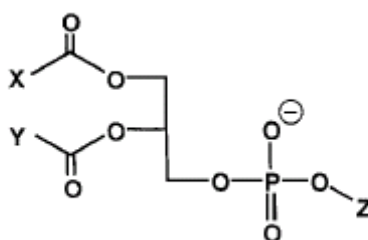
rů je třeba zajistit takové prostředí roztoku, aby nedocházelo k agregaci během homogenizace. Hlavní silou při adsorpci biopolymerů na O/V rozhraní je hydrofóbní efekt. Když je polymer dispergován ve vodní fázi, jsou nepolární skupiny též v kontaktu s vodou, což je termodynamicky nevýhodné. Při adsorpci na fázovém rozhraní může taková molekula zaujmout konformaci umožňující, aby nepolární skupiny byly v olejové fázi a polární ve vodné. Aby byly biopolymery účinné jako emulgátory, musí se rychle adsorbovat na povrch kapek vzniklých homogenizací a vytvořit povrchovou membránu, aby nemohly agregovat[23].

2.3 Běžně používané druhy potravinářských emulgátorů

2.3.1 Fosfolipidy

Lecitiny jsou nejvíce používanými emulgátory v potravinářství. V současné době se nejvíce používají lecitiny získané ze sóji. Přestože jsou používány v obrovském množství aplikací, neexistuje žádný systematický přehled o jejich emulgačních a aplikačních vlastnostech. Lecitin chemicky není pouze jedna látka, ale jedná se o směs několika skupin povrchově aktivních látek, které přispívají k emulgaci. Navíc existuje široká paleta materiálů, podle legislativy nazývané lecitin, které ale mají velmi rozdílné složení i funkce. Také je rozdíl mezi legislativou pro komerční potravinářské využití a chemickou literaturou. Zde nám půjde především o průmyslově využívané lecitiny.

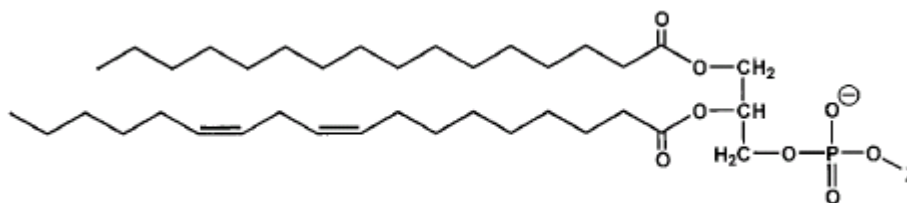
Fosfolipidy jsou skupinou látek odvozených ze společného základu glycerol-3-fosfátu, do této skupiny patří všechny lecitiny [24]:



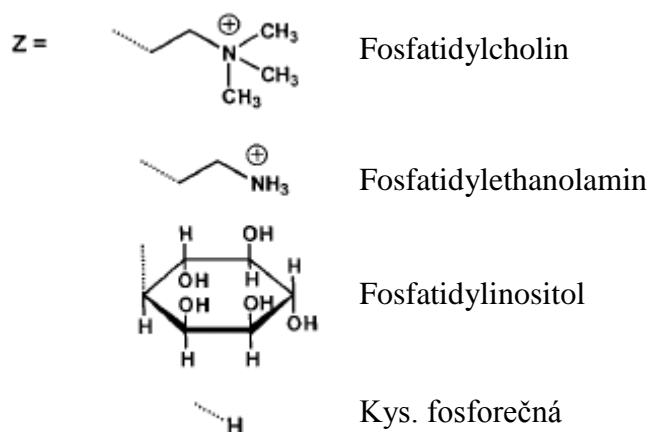
Obr.5 glycerol-3-fosfát

Pokud jsou X i Y mastné kyseliny, jedná se o diacyl-glycerofosfolipidy, pokud se zde vyskytuje pouze jeden zbytek MK, jedná se o monoacyl-glycerolfosfolipidy. Zbytky MK mohou být totožné, ale mohou se lišit co do délky řetězce i nasycenosti. V přírodních látkách se setkáváme pouze výjimečně s případy, kdy jsou X i Y stejné. Dále většinou platí,

že zbytek na C_2 bývá více nenasycený než zbytek na C_1 . Jednotlivé druhy glycerofosfolipidů se liší alkoholem v poloze Z, který je esterifikován fosfátem viz Obr 6 a 7 [24]. Může být ve formě amino alkoholu (ethanolamin), polyvalentního alkoholu (inositol) nebo hydroxyaminokyselina (serin) [24], [25].



Obr. 6 Možná podoba lecitinu



Obr.7 Nomenklatura lecitinů podle substituentu Z

Pro průmyslové využití se používají fosfolipidy olejnatých semen a vaječného žloutku. Lavnější je získat lecitin z rostlinných materiálů (ze sojového oleje). Vždy se získá několik různých frakcí fosfolipidů a lipofilních frakcí. Lecitiny je možno získat dalšími úpravami [25].

2.3.1.1 Vlastnosti lecitinů

- Rozpustnost v organických rozpouštědlech
 - závisí na povaze polárních skupin. Např. rozpustnost fosfatidylcholinu v ethanolu klesá s rostoucí délkou řetězce a fosfolipidy většinou nejsou rozpustné vůbec.
- Rozpustnost ve vodě

- lecitiny a fosfolipidy jsou látky, které se ve vodě rozpouští za vzniku mnoha vysoce uspořádaných tekutých krystalů jako mezifází. Tento fenomén se nazývá lyotropický polymorfismus. Jsou známy struktury jako inverzní micely, jednoduché a multilamelární systémy, jednoduché a vícevrstevné lipozomy. Tímto chováním fosfolipidů (lecitinů) se zabývalo mnoho výzkumů [26],[27].
- Povrchová aktivita
 - protože fosfolipidy (lecitiny) jsou amfifilní, vykazují povrchovou aktivitu. Povrchová aktivita může být spočítána pomocí měření povrchového napětí. Důležité je, že hydrolizované lecitiny snižují mezifázové napětí více. Jednak při hydrolýze ztrácejí některý acyl z MK a stávají se tak více hydrofilními, ale je rychlejší i kinetika při pokrývání povrchu kapek.
- Lecitiny a HLB systém
 - často je řešena hodnota HLB u lecitinů. Přírodní lecitiny mají hodnotu přibližně 8, takže jsou vhodné pro použití pro O/V i V/O emulze[27].

2.3.1.2 *Použití lecitinů do čokolád, polev a d cukrovinek*

- Čokoláda

Tradiční využití. Čokolády jsou reologicky velmi komplikované produkty, přičemž reologie hraje klíčovou roli nejen při výrobě, ale hlavně při výsledných organoleptických vlastnostech. Lecitin se přidává také proto, že poté už nemusí být přídavek kakaového másla (jakožto nejdražší suroviny) tak vysoký. Přídavek činí běžně do 0,3%, protože pokud se přidá více, inverzní efekt způsobí růst viskozity, protože fosfolipidy mají tendenci tvořit lamelární struktury namísto kompletního pokrytí celého povrchu sacharózy. Jednotlivé fosfolipidy ovlivňují viskozitu a mez tečení různě. Použitím lecitinů se standardizovaným fosfolipidovým složením pomáhá dosáhnout vyrovnaných výrobních výsledků. Kombinováním rostlinných lecitinů a koemulgátorů umožňuje dosáhnout synergistického efektu. Koemulgátory mohou mít silnější efekt na mez tečení než lecitin, ale je třeba dbát na dosažení snížení viskozity. Obého se dosahuje vhodnou úpravou poměru lecitinu a koemulgátorů. Důležité také je, aby byl lecitin přidán ve správnou dobu. Pokud je přidán příliš brzo, může dojít k negativnímu ovlivnění chuti a pokud příliš pozdě, nedojde k úplnému pokrytí sacharózových krystalů a tím je finální podoba úplně změněna. Většinou se lecitin přidává tak, aby byl ještě konšován minimálně 60 minut[29].

- Polevy

Polevy se často používají namísto skutečné čokolády. Mohou ovšem obsahovat určitý podíl čokoládového másla nebo pouze jeho náhražky. Mnohé z nich mají nižší sušinu než čokoláda, tím mají nižší viskozitu a nevyžadují přídavek lecitinů. Zvláštním případem jsou polevy na zmrzlinu, protože je zde hodně problémů, které je třeba vyřešit, např. vlhkost. Při kontaktu polevy se zmrzlinou, přijme poleva určitou část vody, což má značný vliv na její viskozitu a tím také na výsledný vzhled. Z tohoto důvodu se přidávají lecitiny, které jsou schopné tuto vodu absorbovat a udržet tak viskozitu nezměněnou. Nejlepší výsledky dává fosfatidylcholin [24].

- Čokoládové produkty s tukovými náplněmi

V sortimentu cukrovinek se často setkáváme s výrobky, které mají krémové náplně. Tyto náplně jsou často čokoládové nebo obsahují ořechy, mandle nebo jiné ingredience s obsahem tuku. Největším problémem je zde tzv. tukový výkvět. Tyto náplně jsou při běžné teplotě tekuté a tudíž jsou tukové částice pohyblivé. Jedná-li se o cukrovinky na povrchu s čokoládou, může tuk z náplně prostupovat na povrch a způsobovat tak „ojínění“ tukem. Tento proces se projevuje až při skladování, přičemž s rostoucí teplotou probíhá rychleji. Možností, jak tomuto jevu zabránit, je přidání látky, která imobilizuje tekuté části tuku a zabrání tak jeho migraci. Toto je schopen zajistit třeba bezolejnatý lecitin. Přídavek 0,3-0,6% může velmi znatelně redukovat tento problém. Naopak může být situace zhoršena, pokud se s lecitinem přidá i nějaký nedostatečně odstraněný olej [28].

2.3.1.3 Lecitiny v pekařské výrobě

Druhé tradiční odvětví, kde se často používají lecitiny, je pekárenská výroba. Technologický efekt lecitinu závisí na typu výrobku. V pšeničných kvasnicových těstech zlepšuje tažnost glutenu, což vede ke zlepšení vlastností těsta, usnadňuje kvašení, zvětšuje objem finálního výrobku a zlepšuje strukturu. U koláčů, sladkého pečiva a sušenek lecitiny zajišťují lepší rozložení základních složek, což opět pozitivně ovlivňuje hmotu a zajišťuje rovnoměrné zbarvení. U oplatek usnadňuje oddělování od forem, zajišťuje lepší zbarvení a jemnější strukturu. Z tohoto všeho vyplývá, že se v pekárenství používá široká paleta lecitinových produktů.

- Kvasnicový chleba a role fosfolipidů

Bylo navrženo několik modelů k vysvětlení role fosfolipidových interakcí s proteiny při výrobě chleba. Běžně se v chlebu vyskytují vazby mezi proteiny a škroby nebo mezi různými proteinovými frakcemi mouky. S použitím fosfolipidů vznikají vazby mezi různými složkami [29], [30]. Každopádně viditelné výsledky jsou: vyšší elasticita těsta a homogenita jsou znatelně zlepšeny. Těsto lépe zadržuje plyny a finální výsledek vypadá lépe. Pečivo je déle „čerstvé“ a to také díky tomu, že díky lecitinům těsto méně vysychá.

- Mražená těsta

S rostoucími nároky zákazníků roste i nabízený sortiment. Čím dál více spotřebitelů preferuje čerstvě upečené pečivo, ale nechtějí se příliš namáhat. Současný průmysl je schopen přerušit fermentaci hlubokým zmražením. Při mražení je třeba se vyhnout vzniku velkých krystalů, protože čím větší krystaly, tím větší je poškození kvasnicových buněk. Čím rychleji je těsto zmrazeno, tím menší krystaly vzniknou. Mnohem větší vliv na tvorbu velkých krystalů mají skladovací podmínky, kdy při výkyvech teploty může dojít k rekrystalizaci. Řešení opět nabízí hydrolyzované lecitiny, které zajistí rovnoměrnější rozložení vody a ovlivňují i rekrystalizaci. Optimálně chrání i gluten a kvasnicové buňky.

2.3.1.4 *Instantní potraviny*

Jedná se o další významné odvětví, které si vyžaduje použití emulgátorů. Typické produkty jsou sušené mléko, sušená smetana, kojenecká strava, proteinové drinky, kakaové a čokoládové nápoje, polévky atd. Zajistit, aby se tyto instantní přípravky rychle rehydratovaly a vytvořily homogenní směs není vůbec snadné. Dva hlavní problémy rekonstituce jsou: povrch práškových částic obsahuje hodně snadno se hydratujících složek a při styku s tekutinou se rychle vytvoří gelovitá vrstva a voda se nedostane dovnitř. Tvoří se žmolky, které plavou na hladině. Druhý problém nastává, když je povrch naopak bohatý na hydrofóbní komponenty. Voda se opět nedostane dovnitř a prášek opět plave na povrchu. Procesy k dosažení požadovaného efektu můžeme rozdělit do dvou skupin:

1. Aglomerace

Tvorby hrubé struktury s porézní strukturou, která umožňuje průnik kapalin.

2. Lecitinace

Znamená to obalení částic v povrchově aktivní látce. Typ PAL závisí na tom, jaký je povrch částic, jestli hydrofilní (proteinové prášky) nebo hydrofóbní (sušené mléko).

V praxi se tyto možnosti kombinují.

Ad.2: lecitinace může probíhat kontinuálně nebo diskontinuálně. Příkladem kontinuálního procesu je lecitinace sušeného mléka, kdy hned po výstupu prášku ze sušící věže následuje nástřik lecitinem a současně probíhá aglomerace. Pokud se připravuje instantní výrobek z předsušeného materiálu, jedná se o diskontinuální lecitinaci.

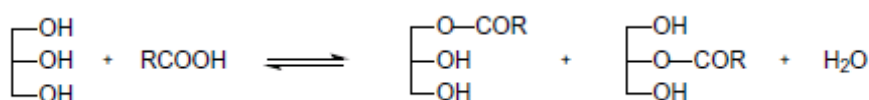
Výběr vhodného emulgátoru je důležitý zejména pro údržnost finálního výrobku. Nevhodný emulgátor způsobuje snadnější vlhnutí [24].

2.3.2 Mono- a diacylglyceroly (MAG a DAG)

Odhaduje se, že v současné době je celosvětová produkce emulgátorů asi 300 000 tun, což zahrnuje asi 20 různých emulgátorů. Mono- a diacylglyceroly a jejich deriváty tvoří kolem 70% této produkce, takže je tato skupina považována za nejdůležitější [31]. Hlavní aplikace jsou při výrobě chleba, piškotových řezů, koláčů, margarínů, zmrzlin, žvýkaček. Až 60% všech monoacylglycerolů se používá v pekárenské výrobě.

2.3.2.1 Příprava a vlastnosti MAG a DAG

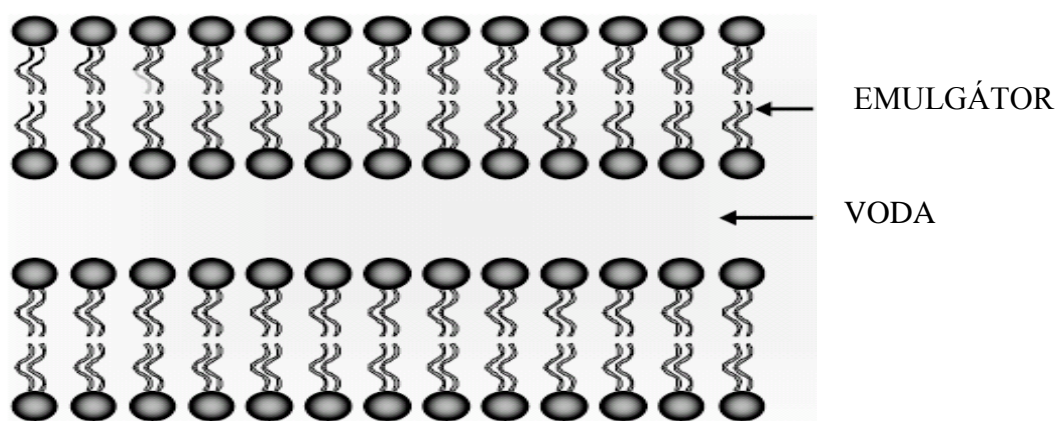
Většinou se vyrábí interesterifikací triacylglycerolů s glycerolem. Reakce probíhá při 200-250°C za přítomnosti alkalického katalyzátoru. Výtežkem je pak směs MAG, DAG a nereagovaného glycerolu. Procentuální zastoupení jednotlivých skupin záleží na poměru glycerolu a tuku. Průmyslové MAG a DAG většinou obsahují 45-55% MAG, 38-45% DAG, 8-12% TAG a 1-7% volného glycerolu[32]. Mohou se vyrábět kontinuálně (míň než 12 hodin) nebo diskontinuálně (1-4 hodiny) [33]. MAG a DAG mohou být připraveny i přímou esterifikací glycerolu s mastnými kyselinami (viz Obr.8[31]). Reakce také probíhá při 200-250°C většinou za přítomnosti NaOH.



Obr.8 Esterifikace glycerolu s mastnými kyselinami

MAG mohou být separovány z DAG, TAG a glycerolu cestou molekulární destilace. Výťažnost je až 95% MAG[33]. MAG vykazují spíše lipofilní charakter a proto je jejich HLB nízké (3-6). Stabilizují tedy V/O emulze. MAG a DAG, které obsahují nenasycené MK, musí být chráněny proti oxidativnímu žluknutí. To je řešeno přidavkem různých antioxidantů k MAG [34].

Pokud jsou destilované MAG zahřívány ve vodném prostředí, vzniká gel. Struktura gelu je podobná lamelární fázi s vodní vrstvou střídající lipidovou dvouvrstvou (viz Obr.9 [35]). přesná gelotvorná teplota závisí na délce řetězce zbytků MK a na čistotě MAG. Pokud je přidán koemulgátor (ionizované amfifilní molekuly) elektrický odpor mezi vrstevami způsobí nabobtnání a vrstva vody je silnější. Efektivní koemulgátory jsou silně hydrofilní a mohou být anionické, kationické nebo neionické. Efekt je různý, ionické zvyšují stabilitu MAG gelů, zatímco neionické ne[36].



Obr. 9 Lamelární fáze lipidů

2.3.2.2 MAG a DAG při výrobě chleba

Nejvíce MAG se využívá při výrobě chleba. Funkčnost MAG a jiných emulgátorů využívaných v pekařství závisí na jejich disperzibilitě během míchání těsta. Tato schopnost je ovlivněna rovnováhou mezi velikostí částic a teplotou tání MAG. Do těsta se MAG přidávají z několika důvodů. Především ale proto, že zvyšují fermentační stabilitu, což znamená, že se stavba vykvašeného těsta nezhroutí během manipulace. Vedle fermentační stability jsou nejdůležitějším faktorem vzniklé komplexy MAG se škrobem (konkrétně amylozou), které umožňují prodloužení doby skladování (čas, po který je střídka měkká). Tyto interakce byly velmi důkladně studovány[35].

2.3.2.3 Koláče

MAG se do koláčů používají hlavně ze dvou důvodů: udržení více vzduchu v těstě a zpomalení tvrdnutí. Podobně jako u chleba je kritickým krokem aktivace emulgátorů při zpracování těsta. MAG mohou být přidány třemi různými způsoby. Nejčastěji používaný způsob je přidání emulgátorového gelu. V této formě jsou MAG nejúčinnější pro udržení většího množství vzduchu, ale je potřeba stabilizovat tento gel. To se dělá přidávkou vhodného koemulgátoru, např. propylenglykolových esterů MK a polyglycerolových esterů MK. Přídavek gelu bývá cca 2-2,5% celkové hmotnosti těsta. Pro použití v menších provozech či domácnostech je přidávání gelu nepraktické, proto je možno použít sušených emulgátorů, což je druhá forma, v jaké mohou být emulgátory přidány. Tyto sušené produkty musí obsahovat (kromě MAG) další emulgátory jako propylenglykolové estery MK a polyglycerolové estery MK (PGMS a PGE). Přídavek těchto směsí je 3-4% hmotnosti těsta. Třetí možností je rozpuštění MAG a dalších emulgátorů (PGMS, PGE) ve speciálních pekařských tucích a z těch je teprve potom připraveno těsto. Tento způsob se využívá hlavně při průmyslové velkovýrobě [35].

2.3.2.4 Emulgované tuky

Emulgované tuky ve formě margarínu (80-90% tuku), popřípadě halvarínu (60% tuku), minarínu (39-41% tuku) případně roztíratelných tuků jsou nejpoužívanější při následné potravinářské výrobě. Všechny výše uvedené výrobky jsou emulze V/O. Emulgované tuky s vyšším obsahem tuku jsou stabilizovány plně nasycenými MAG. Přídavky jsou 0,2-0,5% MAG nebo 0,25-0,60% směsí MAG a DAG.

Nízkotučné pomazánkové tuky jsou stabilizovány nenasycenými MAG, protože množství vody, které musí být u těchto výrobků stabilizováno, je třikrát až čtyřikrát vyšší než u emulgovaných tuků, používají se procentuální přídavky stejné jako u margarínů [3].

2.3.3 Deriváty MAG a DAG

Tyto deriváty vznikají navázáním další kyseliny na volnou –OH skupinu glycerolu. Nejčastěji jde o kyselinu octovou, mléčnou, citronovou nebo vinnou. V tabulce 4 jsou uvedeny nejběžnější deriváty a jejich mezinárodní zkratky [37]:

Tab.4 Běžně používané deriváty MAG a DAG

Název derivátu MAG a DAG	Zkratka
Estery mono- a diglyceridů mastných kyselin s kys. octovou	ACETEM
Estery mono- a diglyceridů mastných kyselin s kys. mléčnou	LACTEM
Estery mono- a diglyceridů mastných kyselin s kys. citronovou	CITREM
Estery mono- a diglyceridů mastných kyselin s kys.vinnou	TATEM
Estery mono- a diglyceridů mastných kyselin s kyselinou mono- a diacetylvinnou	DATEM
Směsné estery mono- a diglyceridů mastných kyselin s kyselinami octovou a vinnou	MATEM

Tyto deriváty můžeme rozdělit do dvou skupin podle toho, jaký typ kyseliny je navázán na glycerol. První skupinu tvoří deriváty s navázanou monokarboxylovou skupinou (ACETEM, LACTEM). Tyto emulgátory zůstávají neionické. Do druhé skupiny se řadí deriváty s di- a více karboxylovými skupinami v navázané kyselině (CITREM, TATEM, DATEM a MATEM). Tyto emulgátory jsou v závislosti na vlastnostech prostředí podmíněně anionické.

- ACETEM

Jedna nebo obě –OH skupiny glycerolu jsou esterifikovány kys.octovou. Hodnota HLB bude vždy nižší než u stejného MAG či DAG bez kys. octové. Pokud obsahuje nasycené zbytky MK, má ACETEM schopnost tvořit poměrně odolné průhledné filmy, které se používají při ochraně povrchu potravin proti vysychání a mikrobiální nákaze (ovoce, sýry). S kratšími nasycenými zbytky MK jsou ACETEM kapalné při pokojové teplotě a užívají se jako lubrikanty. Nejdůležitější vlastností je ale schopnost stabilizovat alfa-krystalickou konformaci tuků. Často se proto používají jako synergistické komponenty při výrobě šlehaných plev a pokrmových tuků [38][3].

- LACTEM

Hodnota HLB je opět nižší než u MAG a DAG. Jsou také schopny stabilizovat alfa-konformaci jiných triacylglycerolů. Používají se též jako synergenty při výrobě šlehaných plev [37].

- CITREM, TATEM, DATEM, MATEM

Jsou to ionické emulgátory pro emulze typu O/V. Ale v závislosti na podmínkách prostředí jsou schopny stabilizovat i emulze V/O. U CITREMu jsou volné hydroxylové skupiny MAG a DAG parciálně nahrazeny volnými hydroxylovými skupinami kyseliny citronové. V průběhu parciální nebo úplné neutralizace karboxylových skupin se hydrofilní část nijak významně nezvětší, ale při transformaci na sůl vzroste hydrofilita velmi výrazně. Tato schopnost dává CITREMU řadu speciálních využití. HLB hodnota oproti MAG a DAG je mnohem vyšší. CITREM je schopen vázat těžké kovy ve formě komplexů s kys. citronovou. Toho se využívá při výrobě v tuku rozpustných antioxidačních směsí. TATEM jsou běžně používané emulgátory a nemají žádné zvláštní vlastnosti. MATEM mají široké využití v pekárenství, v cukrovinkách a např. jako nosiče barviv ve výrobcích. DATEM se používají hlavně v pečárenské výrobě. Slouží také jako zlepšovače mouky a jejich největším přínosem je opět schopnost tvořit vazby jak s amylozou (prodloužení účinnosti pečiva) tak i s proteiny a lipidy. Jsou samozřejmě výhodné i z ekonomického hlediska, proto jsou často součástí komerčních směsí na bázi MAG [39].

2.3.4 Estery polyglycerolu

Díky své amfifilní povaze jsou estery polyglycerolu používány v mnoha typech potravin. Vyrábí se přímou esterifikací polyglycerolu s mastnými kyselinami, případně interesterifikací TAG a polyglycerolu. Jedná se o neionické emulgátory a jejich HLB hodnoty se pohybují od 6 do 11[40]. Rozsah je tak široký, protože závisí na stupni polymerizace glycerolu, typu esterifikovaných MK a stupni esterifikace, což se potom odráží ve způsobu použití.

- Emulgované tuky

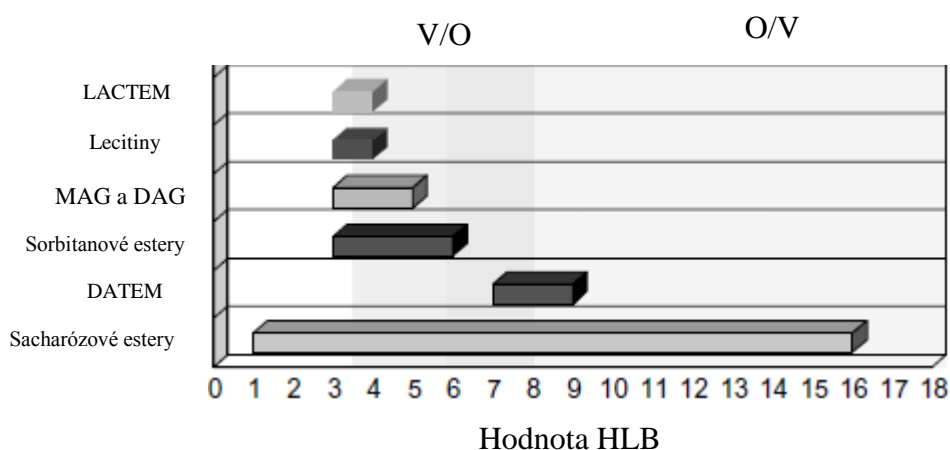
Používají se do speciálních druhů emulgovaných tuků pro zlepšení organoleptických vlastností při roztírání, nebo při další výrobě pro stabilizaci a aeraci produktů. U margarínů a nízkotučných tukových pomazánek snižují zrnitost lipidové fáze a dále zlepšují organoleptické vlastnosti margarínů, že je lze snadno zaměnit za máslo [42].

Estery polyglycerolů mají podobné vlastnosti jako MAG a DAG a mohou tvořit vazby s amylozou, čímž prodlužují čerstvost pečiva. Dále se estery polyglycerolu používají při výrobě sladkých koláčů, krémů a plev a spolu s lecitinem například i do čokolád [41].

Zvláštností této skupiny emulgátorů je, že mají nasládlou chuť, takže je možné jich přidat více.

2.3.5 Estery sacharózy

Sacharózové estery jsou neionické sloučeniny vyráběné esterifikací MK se sacharózou. Nejreaktivnější jsou C6, C₁' a C₆' sacharózy, takže v praxi se nejčastěji setkáváme s mono-, di-, a triestery, může se navázat až osm zbytků MK. Typy použitých MK do jisté míry ovlivňují vlastnosti vzniklých emulgátorů. V současné době je v Evropě povoleno používat jen estery sacharózy vyrobené za použití nasycených kyselin (palmitové, laurové a stearové) [43]. Mono-, di-, a triestery se používají do O/V i V/O emulzí, protože sacharózové estery mohou mít HLB hodnoty v rozmezí 1-18. Tuto hodnotu ovlivňuje stupeň esterifikace, přičemž platí, že čím více zbytků MK je navázáno, tím je HLB hodnota nižší. Porovnání s jinými typy emulgátorů zobrazuje Obr. 10 [43]:



Obr.10 Hodnoty HLB různých typů emulgátorů

Jak již bylo napsáno, využití sacharózových esterů je velmi široké, proto se tato kapitola omezí pouze na ty nejdůležitější.

- Řízení krystalizace cukrů

Surfaktanty nemají skutečný efekt na růst krystalů cukru přítomného ve výrobku. Sacharidická složka emulgátoru má tendenci vstupovat do elementární krystalické mřížky přítomné sacharózy, tím dochází k podstatnému omezení tvorby klasických sacharózových krystalů

[44][3]. Nepochární MK sacharózových esterů se přesunou z polárního cukrového roztoku na méně polární cukerné krystaly, které se pokryjí vrstvou zbytků MK, které jsou částečně na cukerných krystalech a částečně směřují do vodní fáze. Tato vrstva esterů chrání krystaly před dalším růstem.

- Tvorba a stabilizace pěn

Hodně potravin obsahuje pěnu, kterou je potřeba stabilizovat. Aby vůbec vznikla, je nutno dostat dovnitř dostatek vzduchu, přičemž produkt může být složen z vody, tuků, proteinů a dalších ingrediencí. Emulgátory mohou snížit mezifázové napětí tak, že je snadné vytvořit pěnu [45],[46]. Nejefektivnější při stabilizaci pěny jsou emulgátory s vysokou HLB. Přítomnost tuků působí destruktivně na stabilitu vodních pěn vzhledem k malé smáčivosti tuků vodou. Dochází k destrukci vodního filmu udržujícího vzduchové bubliny ve směsi [46]. Pokud je přidán emulgátor, k tomuto jevu nedochází. Sacharózové estery jsou při stabilizaci pěn s obsahem tuku účinnější než jiné emulgátory [47].

Pro přehlednost uvádí tabulka 5 přehled zde zmiňovaných emulgátorů a jejich nejběžnější použití. Emulgátory se často označují kódem ve tvaru E a číslem, tyto jsou zde také doplněny [48].

Tab. 5 Přehled emulgátorů a jejich použití

Název emulgátoru	E - kód	Použití
Lecitiny	E 322	Pekárenství, cukrovinky, žvýkačky, čokolády, synergenty pro antioxidanty, emulgované tuky, výrobky s vyšším obsahem škrobu (těstoviny, předvařená rýže...), emulgované omáčky a instantní nápoje.
MAG a DAG	E 471	Pekárenství, cukrovinky, žvýkačky, emulgované tuky, výrobky s vyšším obsahem škrobu (těstoviny, předvařená rýže...)
ACETEM	E 472a	Pekárenství, polevy i v předpřipravené v sušené formě
LACTEM	E 472b	Jemné pečivo, čokoláda, emulgované tuky, výrobky s vyšším obsahem škrobu (těstoviny, předvařená rýže...), instantní polevy

CITREM	E 472c	Pekárenství, synergenty pro antioxidanty, nízkotučné roztíratelné tuky, emulgované tuky, klobásy a masné výrobky.
DATEM	E 472e	Pekárenství, nosiče barviv, emulgované omáčky, víno, káva v plechovce, klobásy a masné výrobky.
MATEM	E 472f	Pekárenství, synergenty pro antioxidanty, emulgované omáčky, víno, káva v plechovce, klobásy a masné výrobky.
Estery sacharózy	E 473	Jemné pečivo, polevy pro pekařské výrobky, emulgátory tuků pro pekárenství, cukrovinky, žvýkačky, nosiče barviv, emulgované omáčky, alkoholické nápoje (kromě piva a vína), nealkoholické anýzové nápoje, káva v plechovce, dietní pokrmy, dietní pokrmy pro medicínské použití, polévky a bujóny, klobásy a masné výrobky, ošetření povrchů ovoce.
Estery polyglycerolu	E 475	Jemné pečivo, cukrovinky, žvýkačky, nosiče barviv, tukové emulze, modifikátory krystalizace tuků.

ZÁVĚR

Tato práce se zabývá potravinářskými emulgátory a jejich aplikacemi. Emulgátory mají mnoho různých funkcí ve finálním výrobku, jejich primární funkcí je vytvářet stabilní emulze.

První kapitola se zabývá základním popisem emulzí, jejich dělením, přípravou a stabilitou. V první části kapitoly jsou uvedeny především faktory ovlivňující velikost částic, protože ta má největší vliv na konečné sensorické vlastnosti výrobku. V druhé části jsou popsány nejčastější způsoby stabilizace emulzí (nejen za použití emulgátorů, ale i další).

Ve druhé kapitole je soustředěna pozornost na detailnější popis emulgátorů. Jsou popsány molekulové charakteristiky surfaktantů i biopolymerů jako stabilizátorů. Dále jsou popsány jednotlivé skupiny nejčastěji používaných emulgátorů. Zvláštní zřetel byl kladen na využití lecitinů, mono- a diacylglycerolů a jejich derivátů, polyglycerolové estery a estery sacharózy. V závěru kapitoly je přehledně shrnuto nejdůležitější využití těchto emulgátorů.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Dr. Tereza Vrbová : Víme, co jíme?, EcoHouse 2001.
- [2] Eufic, <http://www.eufic.org/article/cs/food-safety-quality/food-additives/artid/emulgatory-vyroba-potravin/>; online k 12.2.2010
- [3] Bartovská, L.; Šišková, M. *Fyzikální chemie povrchů a koloidních soustav*, 5th ed.; Vysoká škola chemicko-technologická v Praze: Praha, 2005.
- [4] McClements, D. J. *Food Emulsions, Principles, Practices, and Techniques*, 2nd ed.; CRC Press: USA, 2005.
- [5] Meyers, D. *Surfactants science and technology*, 3rd ed.; John WILFY & sons: USA, 2006.
- [6] Utb.cepac.cz, <http://utb.cepac.cz/Screens/Explorerer.aspx?id=3>
- [7] Pieter Walstra, *Fundamentals of Interface and Colloid Science*, J. Lyklema ed.; Elsevier: 2005.
- [8] Shinoda, K.; Hiroshi, S.; The Stability of O/V type Emulsions as Functions of Temperature and the HLB of Emulsifiers: The Emulsifications by PIT – method. *Journal of Colloid and Interface Science*, 30, (1969).
- [9] Tardos, T.; Izquierdo, P.; Esquena, J.; Solans, C.; Formation and stability of nano-emulsion. *Advances in Colloid and Interface Science*, (2004).
- [10] Forgiarini, A.; Esquena, J.; Gonzáles, C.; Solans, C.; Formation of Nano-emulsions by Low-Energy Emulsification Methods at Constant Teperature. *Langmuir*, 17, (2001).
- [11] Matthew Joseph Yurgec, *A Rheological Analysis of Shear on a Model Emulsion System*, Raleigh: NC, 2009.
- [12] Tcholakova S., Denkov N. D., Sidzhakova D., Ivanov I. B., Campbell B.; *Interrelation between Drop Size and Protein Adsorption at Various Emulsification Conditions*, *Langmuir* 19 (2003)
- [13] Walstra P., *Encyclopedia of Emulsion Technology*, P. Becher ed.; Marcel Dekker: New York, 1983.
- [14] Walstra P.; Smulders P.E.A., *Modern Aspects of Emulsion Science*, Bernard P. Binks ed.; University of Hull: UK, 1998.

- [15] Faergemand, M.; Krog, N. Using emulsifiers to improve food texture. *Texture in Food*; CRC Press: Cambridge, 2000; Vol. 1,
- [16] Charalambous, G.; Doxastakis, G.; *Food emulsifiers: chemistry, technology, functional properties and applications*, Elsevier: 1989.
- [17] Junqueira, L.C.; Carneiro, J. *Basic Histology text and atlas*. 11. ed.; McGraw Hill: 2005.
- [18] Stauffer, C. E.; *Emulsifiers: Practical Guides for the Food Industry*, Eagan Press: St. Paul, USA, 1999.
- [19] Friberg, S.E.; *Emulsion Stability in Food Emulsions*, 3rd ed.; Marcel Dekker: New York, 1990.
- [20] Griffin, W.C.; *Classification of Surface-Active Agents by HLB*, Journal of the Society of Cosmetic Chemists 1 (1949)
- [21] Griffin, W.C.; *Calculation of HLB Values of Non-Ionic Surfactants*, Journal of the Society of Cosmetic Chemists 5 (1954)
- [22] Binks, B.P.; *Modern aspects of emulsion science*, Royal Society of Chemistry, 1998
- [23] Bergethon, P.R.; *The physical basis of biochemistry: the foundations of molecular biophysics*, Springer: 1998.
- [24] Bueschelberger, H. G.; Lecithins. *Emulsifiers in Food Technology*; Blackwell Publishing; Northampton, UK, 2004.
- [25] Heinz, E.; Structure, isolation and analysis. *Advances in Lipid Methodology*; The Oily Press: Dundee, 1996; Vol.3,
- [26] Nyberg, L.; Sphingomyelin from bovine milk. *Phospholipids : Characterization, Metabolism and Novel Biological Applications*; AOCS Press: Champaign, 1995.
- [27] Small, D.M.; The physical chemistry of lipids. *Handbook of Lipid Research*; Plenum Press: New York/London, 1986; Vol.3,
- [28] Larsson, K.; *Lipids – Molecular Organization, Physical Functions and Technical Applications*; The Oily Press: Dundee, 1994.
- [29] Knightly, W.H.; Lecithin in baking. *Lecithins : Sources, Manufacture and Uses*; American Oil Chemists Society: Chicago, 1989.
- [30] Pomeranz, Y.; Lecithin in baking. *Lecithins*; American Oil Chemists Society: Chicago, 1985.

- [31] Krog, N.J. ; *Food Emulsions*, Marcel Dekker: New York, 1997.
- [32] Flack, E.A.; *Flavours*, Aspen Publishers: Gaithersburg, 1976.
- [33] Birnbaum, H.; *Bakers Digest. Encyclopedia of food science and technology*; John Wiley & Sons: New York, 1981.
- [34] Ullmann, F.; Gerhartz, W.; Elvers B.; *Ullmann's encyclopedia of industrial chemistry*; VCH: 1989.
- [35] Moonen, H.; Bas, H.; Mono- and diglycerides. *Emulsifiers in Food Technology*; Blackwell Publishing; Northampton, UK, 2004.
- [36] Schuster, G.; Adams, W.F.; *Adv. Cereals Sci.*; Technol. 6 (1968).
- [37] Gaupp, R.; Adams, W.; Acid esters of mono- and diglycerides. *Emulsifiers in Food Technology*; Blackwell Publishing; Northampton, UK, 2004.
- [38] Flack, A.; Krog, N.; *Food trade review*, 1970.
- [39] Schuster, G.; *Emulgatoren für Lebensmittel*, Springer-Verlag: Berlin, 1985.
- [40] Van Heteren, J.; Carnelis, P.; Reckweg, F.; Stewart, M.F.; *Eur Pat*, 1983.
- [41] Norn, V.; Polyglycerol esters. *Emulsifiers in Food Technology*; Blackwell Publishing; Northampton, UK, 2004.
- [42] Breene, W.M.; Harrigan, K.A.; Sucrose esters: their impact on soybean utilization. *Soybean Utilization Alternatives*, The Center for Alternative Crops and Products, University of Minnesota: St. Paul, 1998.
- [43] Bianca, A.P.; Cooper, N.M.; Cooper J.M.; Sucrose esters. *Emulsifiers in Food Technology*; Blackwell Publishing; Northampton, UK, 2004.
- [44] Van Hook, A.; Events in sugar crystallization, *Zuckerind*, 7 (1988).
- [45] Schuster, G.; Grenzflächenaktivität der Emulgatoren im System Luft-Wasser. *Schaum Emulgatoren für Lebensmittel*, 1985.
- [46] Bee, R.D.; Clement, A.; Prins, A.; Behaviour of an aerated food model. *Food Emulsions and Foams*, Royal Society of Chemistry: London, 1986.
- [47] Prins, A.; Theory and practise of formation and stability of food foams. *Food Emulsions and Foams*, Royal Society of Chemistry : London, 1986.
- [48] Whitehurst, R. J., Ed. *Emulsifiers in Food Technology*; Blackwell Publishing: Northampton, 2004.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

PAL	Povrchově aktivní látka
Φ	Objemový zlomek dispergované fáze
V_D	Objem emulgované fáze
V_E	Celkový objem emulze
O	olej
V	voda
W	práce potřebná k vytvoření emulze
γ	mezipovrchové napětí
dA	diferenciální změna při tvorbě nového povrchu
PIT	fázová inverzní teplota
HLB	hydrofilně-lipofilní rovnováha
Γ_{sat}	množství naadsorbovaného emulgátoru při nasycení celého povrchu kapek
Φ	objem dispergované fáze
c_s	koncentrace emulgátoru
r_{min}	minimální poloměr
Γ	Množství neadsorbovaného emulgátoru
r	poloměr kulovitých částic dispergované fáze
ρ_1, ρ_2	hustoty vnitřní a vnější fáze
g	gravitační konstanta
η	viskozita vnější (kontinuální) fáze
M_h	molární hmotnost hydrofilní části
M	molární hmotnost celé molekuly
w_1 a w_2	množství tenzidů v % hm
MK	mastná kyselina
X, Y	zbytky mastných kyselin v lecitinu
Z	substituent u lecitinu
MAG	monoacylglycerol
DAG	diacylglycerol
TAG	triacylglycerol
PGMS	polyglycerolové estery MK
PGE	propylenglykolové estery MK
ACETEM	Estery mono- a diglyceridů mastných kyselin s kys. octovou

LACTEM	Estery mono- a diglyceridů mastných kyselin s kys. mléčnou
CITREM	Estery mono- a diglyceridů mastných kyselin s kys. citronovou
TATEM	Estery mono- a diglyceridů mastných kyselin s kys.vinnou
DATEM	Estery mono- a diglyceridů mastných kyselin s kyselinou mono- a diacetylvinou
MATEM	Směsné estery mono- a diglyceridů mastných kyselin s kyselinami octovou a vinnou

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr.1 Znázornění nábojů při vzniku elektrické dvojvrstvy.....	17
Obr. 2 Model elektrické dvojvrstvy	18
Obr.3 Rozpady emulze.....	20
Obr. 4 Dělení povrchově aktivních látek.....	23
Obr.5 glycerol-3-fosfát.....	27
Obr. 6 Možná podoba lecitinu.....	28
Obr.7 Nomenklatura lecitinů podle substituentu Z.....	28
Obr.8 Esterifikace glycerolu s mastnými kyselinami.....	33
Obr. 9 Lamelární fáze lipidů.....	33
Obr.10 Hodnoty HLB různých typů emulgátorů.....	38

SEZNAM TABULEK

Tab.1 Hodnoty HLB vybraných skupin	24
Tab.2 Přehled použití emulgátorů podle hodnoty HLB.....	25
Tab.3 Optimální hodnoty HLB pro vybrané systémy.....	26
Tab.4 Běžně používané deriváty MAG a DAG	35
Tab. 5 Přehled emulgátorů a jejich použití.....	38