

Potravinářské emulze

Petr Kysučan

Bakalářská práce
2011



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav biochemie a analýzy potravin
akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Petr KYSUČAN
Osobní číslo: T08157
Studijní program: B 2901 Chemie a technologie potravin
Studijní obor: Technologie a řízení v gastronomii

Téma práce: Potravinářské emulze

Zásady pro vypracování:

1. Emulze jako disperzní systém.
2. Příprava a fyzikální vlastnosti emulzí.
3. Zvláštnosti potravinářských emulzí.
4. Nejdůležitější druhy potravinářských emulzí.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

[1] McCLEMENTS, D. J. Food emulsions. 2nd ed. USA: CRC Press, 2005. ISBN 0-8493-2023-2.

[2] BARTOVSKÁ, L., ŠIŠKOVÁ, M. Fyzikální chemie povrchů a koloidních soustav. 5th ed. Praha: VŠCHT, 2005. ISBN 80-7080-579-X.

[3] FRIBERG, S. E., LARSSON, K., SJOBLOM, J. Food emulsions. 4th ed. New York: Marcel Dekker, 2004. ISBN 0-8247-4696-1.

[4] BECHER, P. Encyclopedia of emulsion technology. 1st ed. New York: Marcel Dekker, 1983. ISBN 0-8247-1876-3.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Jiří Krejčí, CSc.

Ústav technologie tuků, tenzidů a kosmetiky

Datum zadání bakalářské práce:

25. února 2011

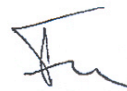
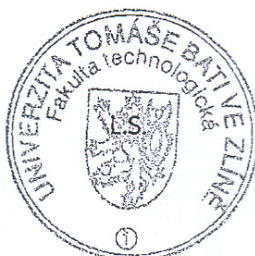
Termín odevzdání bakalářské práce:

30. května 2011

Ve Zlíně dne 23. března 2011



doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan



doc. Ing. Miroslav Fišera, CSc.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: PETR LYSUČAN

Obor: KB TRG

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 24. 5. 2011

Petr Lysučan

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). Odpirá-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 přihlídně k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Tato práce pojednává o potravinářských emulzích. V jednotlivých kapitolách jsou popsány základní pojmy emulzí, jejich klasifikace a charakteristika, fyzikální příprava a stabilita emulzí. V poslední kapitole jsou rozebrány nejdůležitější druhy potravinářských emulzí.

Klíčová slova:

Emulze, emulgátor, dispergovaná částice, disperzní prostředí, emulze typu O/V, emulze typu V/O.

ABSTRACT

This bachelor thesis is dealing with food emulsions. In individual chapters are described basic terms of food emulsions, their classification and characteristic, physical preparation and stability of food emulsions. In the last chapter are described the most common types of food emulsions.

Keywords:

Emulsion, emulsifier, dispersed droplets, continuous phase, emulsion O/W, emulsion W/O.

Děkuji panu Ing. Jiřímu Krejčímu, CSc. ze velmi cenné a odborné rady při zpracování textu této bakalářské práce.

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

OBSAH

ÚVOD	10
1 EMULZE	11
1.1 ZÁKLADNÍ POJMY	11
1.1.1 Základní vlastnosti emulgátorů	12
1.2 KLASIFIKACE EMULZÍ.....	13
1.3 PŘÍPRAVA EMULZÍ	14
1.3.1 Fyzikální principy přípravy emulzí	15
1.3.1.1 Rozpad kapek.....	15
1.3.2 PIT metoda a studená emulzifikace	19
1.4 CHARAKTERISTIKA EMULZÍ.....	20
1.4.1 Objem dispergované fáze	20
1.4.2 Distribuce částic	21
1.4.3 Povrchové vlastnosti	22
1.4.4 Povrchový náboj kapek.....	22
1.4.5 Krystalizace kapek	23
1.4.6 Interakce mezi složkami emulzí.....	23
1.5 STABILITA EMULZÍ	23
1.5.1 Rozpad emulze	24
1.5.2 Stabilizace emulze.....	25
1.5.2.1 Stabilizace elektrickou dvojrivrstvou.....	25
1.5.2.2 Stabilizace pomocí emulgátoru.....	26
1.5.2.3 Stabilizace pomocí biopolymeru	26
2 EMULGÁTORY	27
2.1 BĚŽNĚ POUŽÍVANÉ SKUPINY EMULGÁTORŮ.....	27
2.1.1 Fosfolipidy	27
2.1.2 Monoacylglyceroly a diacylglyceroly.....	27
2.1.3 Deriváty MAG a DAG	27
2.1.4 Estery polyglycerolu	28
2.1.5 Estery sacharózy.....	28
3 NEJDŮLEŽITĚJŠÍ DRUHY POTRAVINÁŘSKÝCH EMULZÍ	29
3.1 NÁPOJE	29
3.2 DRESINKY A OMÁČKY	30
3.3 MLÉKO A MLÉČNÉ VÝROBKY.....	30
3.3.1 Mléko	30
3.3.1.1 Dispergovaná fáze.....	31
3.3.1.2 Kontinuální fáze.....	31
3.3.2 Šlehačka	32
3.3.3 Máslo.....	32
3.3.4 Jogurty.....	32
3.3.5 Sýry	33
3.3.6 Mražené krémy.....	33

3.4	EMULGOVANÉ TUKY	34
3.4.1	Tuková fáze	35
3.4.1.1	Příspěvy rozpustné v tukové fázi	35
3.4.2	Vodná fáze emulgovaných tuků	36
	ZÁVĚR	40
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	41
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	45
	SEZNAM OBRÁZKŮ	47
	SEZNAM TABULEK	48

ÚVOD

V dnešní moderní době se člověk setkává s emulzemi i několikrát denně. Nejčastěji se emulze definuje jako spolu nemísitelné (nebo jen omezeně mísitelné) dvě kapaliny. Podle vzájemného poměru tukové a vodné fáze rozlišujeme typy olej ve vodě, nebo voda v oleji (O/V a V/O).

S emulzemi se setkáváme v mnoha různých oborech. V kosmetice (krémy, tělová a pleťová mléka atd.), ve farmacii, v technických oborech (lubrikanty), zemědělství, průmyslu a samozřejmě v potravinářství. To bude hlavním předmětem obsahu této bakalářské práce.

Potravinářské emulze mohou být v mnoha formách, např. suché – polotovary pro přípravu těst, dehydrované a instantní polévky či různé směsi pro přípravu omáček, nebo už ve formě, jak je známe ke konzumaci, tzn. dresinky, mražené krémy a další. Zvláštní skupinu představují disperze jako džusy, pivo či víno. V některých potravinách by spousta spotřebitelů emulzi vůbec nepředpokládala, jako příklad můžeme uvést uzeniny.

V této práci bych se chtěl především zabývat emulgovanými tuky, omáčkami a mraženými krémy.

1 EMULZE

Emulze je disperzní soustava, ve které jak dispergovaná látka, tak i dispergující prostředí jsou kapalné. Přírozenou podmínkou vzniku emulze je nemísitelnost nebo jen omezená mísitelnost obou kapalin a v soustavě bývají přítomny látky, schopné zabránit slévání dispergovaného prostředí – koalescenci. Velikost dispergovaného prostředí v emulzi často přesahuje koloidní rozměry, ovšem filmy disperzního prostředí mezi kapkami mohou být koloidních rozměrů. V potravinách se velikost kapek pohybuje mezi 0,1 až 100 μm [1].

K dosažení stability emulze (uchování sensorických vlastností) se používají látky snižující povrchové napětí – emulgátory. Mezi nejrozšířenější emulgátory patří lecitin, mono-, di- a triacylglyceroly, estery polyglycerolu a estery sacharózy. Přírodními emulgátory jsou také biopolymery. Z nejčastějších můžeme jmenovat proteiny a polysacharidy [4].

V praxi se setkáváme s přírodními i uměle připravovanými emulzemi. V některých průmyslových odvětvích mohou být emulze nevítaným dějem (např. při zpracování ropy), neboť znesnadňují dělení kapalných fází a často zvyšují viskozitu.

1.1 Základní pojmy

Emulze – disperzní soustava stejně jako suspenze (pevná látka v kapalině) a pěna (plyn v kapalině), přičemž emulze je zvláštní typ disperze, jelikož se jedná o kapalinu v kapalině a je třeba zvláštních podmínek pro udržení stability.

Klasické emulze – jsou typem emulzí, které jsou charakteristické jedнокrokovou přípravou. Smíchá se emulgátor s fází, ke které má větší afinitu, a poté se směs smíchá s druhou fází.

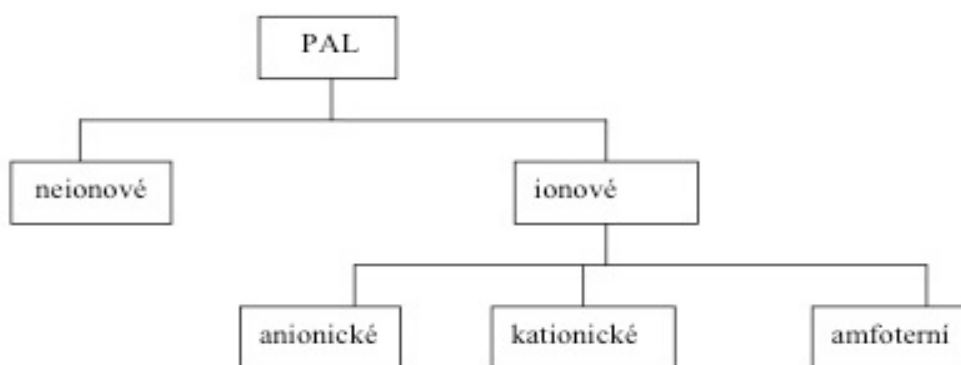
Mikroemulze – mají složení jako klasické emulze, ale rozdíl je v tom, že dispergované části jsou mnohem jemněji rozptýlené, což zajišťuje mnohem větší stabilitu a lepší sensorické vjemy.

Emulgátor – jak již bylo uvedeno, jedná se o povrchově aktivní látku, schopnou adsorbovat na fázové rozhraní, tím snížit povrchové napětí a ochránit emulzi před rozpadem. Pro stabilitu ale i sensorické vlastnosti je rozhodující typ emulgátoru. Je to z toho důvodu, že některé emulgátory mohou interagovat se složkami emulze [1].

1.1.1 Základní vlastnosti emulgátorů

Emulgátor se skládá ze dvou částí – z hydrofilní „hlavy“ a lipofilního „ocasů“. Nejdůležitější vlastností je snižovat povrchové napětí a tak stabilizovat emulze. Na druhou stranu mohou mít žádoucí či nežádoucí účinky, pokud interagují se složkami emulze. Mohou pak změnit její vlastnosti. V závislosti na vlastnostech může docházet ke tvorbě micel, interakci s biopolymery nebo k tvorbě krystalů [2,3].

Díky těmto vlastnostem patří emulgátory mezi tenzidy neboli povrchově aktivní látky (dále jen PAL) a ty se nomenklaturně nejčastěji dělí dle následujícího obrázku [2]:



Obr. č. 1 Dělení povrchově aktivních látek

Všechny povrchově aktivní látky mají hodnotu HLB - hydrofilně-lipofilní bilanci. Jde o semiempirickou nejrozšířenější metodu klasifikace povrchově aktivních látek. Jako první toto hodnocení navrhl Griffin a přezkoumal ho Friberg. Jde o číselné vyjádření poměru lipofilní a hydrofilní částí molekuly v intervalu 0-20. Z celé skupiny povrchově aktivních látek se v této práci zaměříme především na emulgátory. Podle hodnoty HLB se dá předpovědět, k čemu je možné daný emulgátor použít. Lze vypočítat z několika vztahů, původní a dodnes často používaný je Griffinův vztah:

$$HLB = \Sigma (HLB \text{ hydrofil}) - \Sigma (HLB \text{ lipofil}) + 7$$

Často se také používá vztah:

$$HLB = \frac{20 \times M_h}{M} \quad (1)$$

Kde:

M_h – molární hmotnost hydrofilní části

M – molární hmotnost celé molekuly

Použití emulgátorů vzhledem k hodnotě HLB ukazuje tab. 1 [5]

Tab. č. 1 Přehled použití emulgátorů

Vzhled disperze	HLB	Použití	
Netvoří disperzi ve vodě	0	Emulgátory V/O	
	2		
	4		
Mlékovitá nestabilní disperze	6	Smáčedla	
	8		
Mlékovitá stabilní disperze	10	emulgátory O/V	
Čiré disperze	12		Detergenty
	14		Solubilizátory
	16		
18			

1.2 Klasifikace emulzí

Podle polárnosti disperzního podílu a prostředí se emulze rozdělují na:

1. **Emulze přímé** (prvního druhu) – označované jako O/V, ve kterých je disperzním prostředím polárnější kapalina, tedy voda.
2. **Emulze obrácené** (druhého druhu) – disperzním podílem je nepolární kapalina a tyto emulze jsou označovány jako V/O.

Typ emulze je možno určit podle její elektrické vodivosti, která je dána vodivostí jejího disperzního prostředí, schopnosti mísit se s polárními nebo nepolárními rozpouštědly a podle smáčivosti [1].

Podle koncentrace disperzního podílu:

1. **Zředěné emulze** – dispergovaná fáze zaujímá maximálně 2% celkového objemu. Průměr dispergované částice je zpravidla řádově 10^{-7} m, je tedy velmi blízký rozměru koloidních částic.
2. **Koncentrované emulze** – jsou emulzemi s nedeformovanými sférickými kapkami. Koncentrace v monodisperzních systémech mohou dosáhnout podílu až 74 objemových procent, což odpovídá nejtěsnějšímu geometrickému uspořádání kulovitých částic. Polydisperzní emulze lze připravit i koncentrovanější.
3. **Vysoce koncentrované emulze** (gelovité) – disperzní podíl mezi dispergovanými částicemi je uložen tak těsně, že se vzájemně deformují. Nabývají tvaru mnohostěnů oddělených od sebe tenkými filmy koloidních rozměrů - vrstvičkami disperzního prostředí a emulgátoru [1].

Je zde potřeba zmínit, že v potravinářství mají velký význam tzv. složené, násobné či také dvojité emulze typu O/V/O, případně V/O/V. Vyznačují se zvláštním typem přípravy. Emulze V/O/V se například připravuje tak, že se připraví emulze V/O podle principu Bancroftova pravidla (disperzní emulze je tvořena vždy tou fází, ke které má emulgátor větší afinitu) a následně je ona emulze smíchávána s další vodnou fází. Druhý emulgátor je jiný než první, přičemž vodná fáze může být stejná. Jelikož je potřeba užít dvou vhodných emulgátorů, tak aby nedošlo k jejich interakci, je příprava mnohem náročnější [4].

1.3 Příprava emulzí

Nejběžnějším způsobem přípravy emulzí je mechanická dispergace disperzního podílu v disperzním prostředí za přítomnosti daného emulgátoru. Tento proces se nazývá **emulzifikace**. Požadované kapaliny se intenzivně protřepávají a promíchávají, nebo se používají jiné metody, jako jsou koloidní mlýnek, ultrazvuk či membránová zařízení. Při tomto procesu je mechanická práce přeměněna mezifázovou energií na fázovém rozhraní. Pro zlepšení sensorických vlastností se výsledná emulze často ještě homogenizuje ve specializovaných zařízeních – homogenizátorech. Homogenizovaná směs vykazuje mnohem vyšší stabilitu než původní polydisperzní systém. Výsledná velikost kapek vzniklých v homogenizátoru závisí na rovnováze dvou protichůdných fyzikálních procesů – rozpadu dispergovaných částic a koalescenci [4].

Práce potřebná k vytvoření emulze lze vypočítat ze vztahu:

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

Kde:

W – práce potřebná k vytvoření emulze

γ – mezifázové napětí

dA – diferenciální změna povrchu při tvorbě emulze

Z rovnice je patrné, že vynaložená práce k tvorbě emulze bude tím menší, čím bude menší mezipovrchové napětí (čím vhodněji je zvolen emulgátor) nebo čím větší budou vzniklé dispergované částice [6].

1.3.1 Fyzikální principy přípravy emulzí

Z fyzikálního hlediska je nejdůležitější znát faktory, které ovlivňují rozptýlení vnitřní fáze [4].

1.3.1.1 Rozpad kapek

Přesný typ fyzikálních jevů, které se vyskytnou během homogenizace, záleží na typu použitého homogenizátoru, protože tento určuje, jaké typy proudění budou probíhat. Nicméně řada vhodných aspektů se vyskytuje o více typů homogenizátorů. První stupeň vzniku emulze je docílit smíchání olejové a vodné fáze při vzniku větších kapek, kdy dochází k disperzi jedné kapaliny do druhé [7].

Dalším stupněm je sekundární homogenizace, kdy dochází k rozpadu primárních velkých dispergovaných částic na menší. Jak jemná emulze poté vznikne, záleží na rovnováze mezi mezipovrchovými silami, které mají tendence udržovat dispergované částice pohromadě a mezi rozrušujícími silami, které jsou tvořeny homogenizátorem. Tyto síly způsobují rozpad na menší částice [8].

a) Mezipovrchové síly

Emulzní kapky mají snahu zachovávat sférický tvar, protože je termodynamicky nejvýhodnější z důvodu nejmenší stykové plochy s vnější fází. K dosažení změny jejich tvarů nebo rozdělení do více kapek je vyžadován energetický vstup. K deformaci a rozpadu kapek při homogenizaci je nutné použít externí sílu, která je znatelně větší než mezipovrchové síly [7].

Mezipovrchové síly, které udržují dispergované částice ve sférickém tvaru, jsou charakterizovány Laplacovým vztahem (ΔP_L). Tento tlak působí směrem do centra

dispergovaných částic, uvnitř je větší, než na fázovém rozhraní. Je charakterizován vztahem:

$$\Delta P_L = \frac{4\gamma}{d} \quad (3)$$

Kde:

γ – mezipovrchové napětí

d – průměr kapky

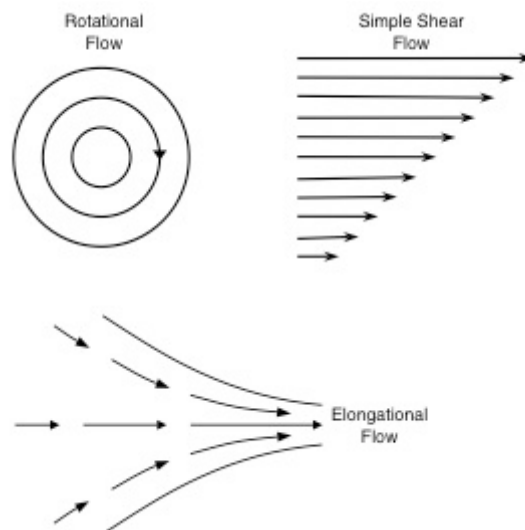
Je evidentní, že požadovaný tlak k rozrušení kapky je tím větší, čím větší je mezipovrchové napětí nebo čím jsou dispergované částice menší [4].

b) Destruktivní síly

Destruktivní síly, které mohou působit na dispergované částice během homogenizace, závisí na tokových podmínkách v homogenizátoru (laminární, turbulentní nebo kavitační tok). Aby došlo k rozbití kapek, homogenizační síly musí být větší než mezipovrchové než síly a jejich působení musí být delší, než jaké stačí k deformaci [4].

- Laminární tokové podmínky

Tento typ proudění dominuje při nízkých rychlostech toku (tzn. nízké Reynoldsovo kritérium), kapalina se pohybuje v dobře definovatelných strukturách. Jsou možné různé druhy laminárního toku v závislosti na směru a rychlosti místního pohybu jedné kapaliny vzhledem k druhé. Nejběžnější typy jsou jednoduchý smykový tok, rotační tok a elongační tok [9].



Obr. č. 2 Příklady laminárního toku

Kapková destrukce by byla nejvýhodnější při jednoduchých tokových podmínkách (nejméně se kontrolují faktory ovlivňující tento proces), nicméně většinou bývá dominantní elongační nebo turbulentní tok [4].

- Turbulentní tokové podmínky

Turbulence vzniká, pokud Reynoldsovo kritérium dosáhne určité hodnoty. Turbulence je charakterizována prudkými a chaotickými fluktuacemi v rychlosti a mění se s časem i místem. Destrukce kapek je možná díky vzniku obrovských smykových a tlakových gradientů asociovaných víry. Tyto gradienty jsou tím větší, čím je vzniklý vír menší. Příliš velké nebo naopak příliš malé víry nejsou pro destrukci kapek dostatečně efektivní. Velké nevytvářejí dost velké tlaky ani smyky k rozbití dispergovaných částic a malé vytvářejí obrovské smyky, čímž dochází k velkým viskózním ztrátám. Proto je snaha docílit středně velkých vírů za podmínek turbulentního toku. Pokud okamžitý tlak působící na kapalinu poklesne pod určitou kritickou hranici, vzniká kavita [4, 7, 10].

- Kavitační tokové podmínky

Kavitace vzniká v kapalinách, které jsou vystaveny prudkým změnám tlaku a to zejména v ultrazvukových a vysokotlakých homogenizátorech. Kapalina se smršťuje, pokud se zvyšuje tlak a pokud se tlak zmenšuje, rozpíná se. Pokud tekutina pokračuje v rozpínání, kavita se zvětšuje a některá

z okolních kapalin evaporuje a dostává se dovnitř. Při tomto ději kavita kolabuje za tvorby šokové vlny, která se šíří do okolní kapaliny a způsobuje deformaci a destrukci kapek. Tato vlna vytváří extrémně vysoké teploty a tlaky, ale jejich trvání a dosah jsou velmi krátké. Kavitace se vyskytuje jenom v kapalinách, kde intenzita fluktuace tlakového pole dosahuje kritické hodnoty, známé jako kavitační práh [9, 11].

c) Vliv neideálního chování kapalin na destrukci dispergovaných částic

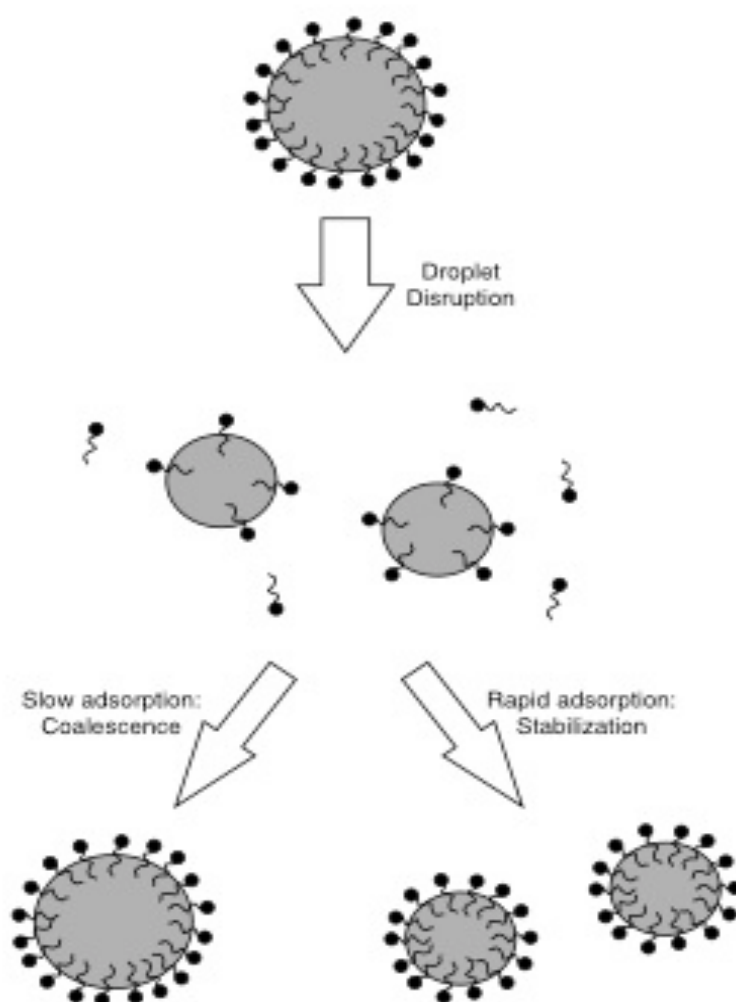
Skutečnosti uvedené výše platí pouze pro ideální kapaliny (Newtonovské kapaliny). V praxi se však kapaliny chovají neideálně, což může mít různě velký vliv na efektivitu destrukce dispergovaných částic. Také biopolymery způsobují změny chování kapalin, mohou způsobovat smykové tření, které je v rozporu s viskozimetrickými měřeními při nižších smykových třeních. Mohou také způsobovat víry, které snižují efektivitu homogenizace při turbulentních tokových podmínkách [9].

d) Role emulgátoru

Emulgátor hraje zásadní roli při tvorbě emulze. Dvě nejdůležitější role emulgátoru jsou:

- Snižit mezipovrchové napětí mezi fázemi a tím snížit energii potřebnou k tvorbě emulze,
- obalit dispergovanou fázi a ochránit ji před koalescencí.

Nicméně je zde mnoho faktorů, které určují efektivitu emulgátoru při vzniku kapek určité velikosti. Prvně je třeba vzít v úvahu, jak rychle se daný emulgátor adsorbuje na mezifázový povrch. Pokud bude adsorbované množství emulgátorů na povrchu vzniklých kapek malé, bude obtížné vytvořit kapky v požadované velikosti kvůli relativně vysokému mezipovrchovému napětí. Pokud se časem na povrch naakumuluje více emulgátoru, je tvorba kapek snazší. Z toho vyplývá, že čím rychleji se emulgátor naadsorbuje na povrch, tím jsou kapky menší. Při pomalé adsorpci dochází ke koalescenci. Za druhé je třeba vědět, jak je daný emulgátor schopen ovlivňovat reologii. Pokud je tato schopnost malá, dostaneme větší kapky, než bychom očekávali při daném mezifázovém napětí. V literatuře tyto dva efekty slabě korelují mezi velikostí dispergovaných částic a rovnovážným povrchovým napětím [7, 12].



Obr. č. 3 Vliv rychlosti adsorpce emulgátoru na fázovém rozhraní na velikost výsledných dispergovaných částic

1.3.2 PIT metoda a studená emulzifikace

PIT metoda (metoda fázové teplotní inverze), nebo tzv. studená emulzifikace. PIT metoda pracuje na principu citlivosti HLB hodnoty neionického emulgátoru na teplotě. Původní emulze O/V se při určité teplotě PIT mění na V/O. Při rychlém ochlazení pod PIT vzniká mikroemulze typu V/O. Systém je upraven tak, aby PIT byla vysoko nad okolní teplotou, protože se stabilita snižuje, pokud je fázová inverze příliš blízko teplotě skladování.

Největší nevýhodou emulzifikace metodou PIT je její omezení při použití neionických surfaktantů ethoxylovaného typu, nevykazují totiž dostatečně velké změny ve svých vlastnostech v závislosti na teplotě jako jiné typy surfaktantů. Metoda fázové teplotní inverze je

hojně využívána v kosmetickém průmyslu, kdežto při výrobě potravinářských emulzí není. PIT metoda je velice energeticky náročná a zvyšuje náklady na výrobu [12].

Studená emulzifikace – jak už vyplývá z názvu je méně náročná na energii. Je založená na použití směsi dvou emulgátorů s různými hodnotami HLB, z nichž jeden má HLB hodnotu nižší než je doporučená hodnota HLB pro přípravu dané emulze a druhý má hodnotu vyšší. Při zvolení vhodné kombinace se mezipovrchové napětí blíží nule [14, 15, 16].

Při použití posledních dvou metod vznikají **mikroemulze**.

1.4 Charakteristika emulzí

Vlastností jsou především dány vlastnostmi obou fází. Především zde hraje roli jejich složení a fyzikálně-chemické vlastnosti, které ovlivňují velikost kapek [3].

Různé olejové fáze mají při styku s vodnými fázemi různé mezipovrchové napětí (závisí na molekulárním složení). Mohou také obsahovat různá množství povrchově aktivních látek, např. volné mastné kyseliny, mono- a diacylglyceroly, které mají tendenci se kumulovat na fázovém rozhraní [4].

Vodné fáze emulze zpravidla obsahuje velké množství různých složek – kyseliny, zásady, alkoholy, cukry, různé polymery a plynové bublinky. Většina těchto složek má vliv na výslednou velikost kapek, protože ovlivňují vlastnosti jako reologii, koalescenční stabilitu, mezipovrchové napětí a adsorpční kinetiku. Přítomné biopolymery zvětšují velikost dispergovaných částic, neboť potlačují vznik turbulentních vírů při homogenizaci [8, 17].

1.4.1 Objem dispergované fáze

Koncentrace dispergované části v emulzi hraje důležitou roli při výsledných vlastnostech jako je textura, vzhled, chuť a stabilita. Množství dispergované fáze se nejčastěji vyjadřuje objemovým zlomkem dispergované fáze:

$$\Phi = \frac{V_D}{V_E} \quad (4)$$

Kde:

Φ - objemový zlomek dispergované fáze

V_D – objem emulgované fáze

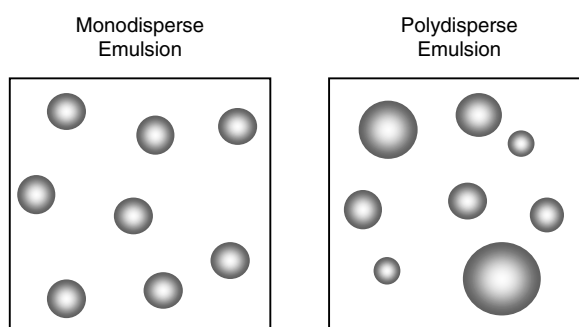
V_E – celkový objem emulze

Objem dispergované fáze emulze je často znám, protože koncentrace jednotlivých složek použitých v přípravě je pečlivě kontrolována. Nicméně, lokální změny koncentrace dispergované fáze mohou způsobovat akumulaci částic ve vrchní nebo spodní části emulze nazývané krémování nebo sedimentace. Koncentrace dispergované fáze se může lišit v různých částech emulze během potravinářského zpracování, např. pokud mixer nebo dispergovaná částice nepracují účinně [4].

1.4.2 Distribuce částic

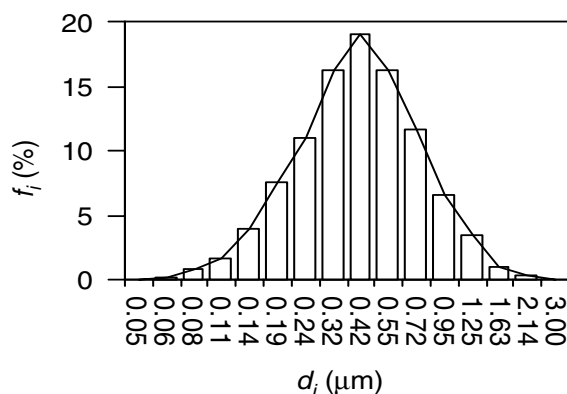
Nejdůležitějším vlastností potravinářských emulzí je určeno velikostí dispergovaných částic, které obsahují např. údržnost, vzhled, texturu a chuť. Pro vývoj potravin je důležité mít schopnost kontrolovat, měřit a předpovídat velikost dispergovaných částic v emulzi [8].

Pokud jsou dispergované částice v emulzi stejně velké, je nazývána monodisperzní, pokud mají dispergované částice velikosti různé, jedná se o polydisperzní. Monodisperzní emulze bývají cíleně připravovány pro vědecké účely, protože výsledky jejich měření jsou snáze interpretovatelné, nežli u emulzí polydisperzních [4, 17].



Obr. č. 4 Monodisperzní a polydisperzní emulze

Graficky se částicová distribuce nejčastěji znázorňuje jako procentuální zastoupení (osa y) proti velikosti částic. Někdy se používá tabulka od minima do maxima [8, 18].



Obr. č. 5 Částicová distribuční křivka

1.4.3 Povrchové vlastnosti

Povrch dispergovaných částic obsahuje několik vrstev, které obklopují každou emulzi kapku. Skládají se ze směsi olejů, vody a PAL. Tyto vrstvy hrají důležitou roli při fyzikálně-chemických a organoleptických vlastnostech potravin. Tloušťka a složení povrchových vrstev mohou ovlivňovat stabilitu emulzí. Složení a struktura povrchových vrstev je určena typem a koncentrací PAL v systému předcházejícím tvorbě emulze, stejně jako změny během a po vzniku emulze, např. kompetitivní adsorpce a dislokace. Povrchové děje mohou vést ke zrychlení určitých typů chemických reakcí (např. oxidace), stejně jako lokální rozdíly v koncentraci molekul mohou způsobovat různé reakce [18, 19, 20].

1.4.4 Povrchový náboj kapek

Fyzikálně-chemické a organoleptické vlastnosti emulzí jsou také dány povrchovým elektrickým nábojem dispergovaných částic. Tento náboj vychází z ionizované formy emulgátoru a může být buď kladný, nebo záporný. Hydrofilní hlava emulgátoru může mít neutrální, kladný nebo záporný elektrický náboj. Stejně je tomu u bílkovin, kde náboj závisí na pH prostředí s porovnáním jejich izoelektrickým bodem. Povrchově aktivní sacharidy mohou mít také povrchový náboj, který závisí na vlastnostech funkčních skupin i páteře molekuly, povrchovou hustotou náboje (σ), elektrickým povrchovým potencionálem (ψ_0) nebo zeta-potencionálem (ζ). Povrchová hustota náboje je množství elektrického náboje vztáženého na plochu, kde povrchová potenciál je volná energie vyžadovaná ke zvýšení povrchové hustoty náboje z nuly do σ . Zeta-potenciál je účinný povrchově potenciál dispergovaných částic v médiu, na kterém závisí adsorpce média na povrch kapek, což má

vliv na velikost náboje. Zeta-potenciál může být jednoduše měřen komerčními analytickými metodami [18, 19].

Velikost a typ (kladný nebo záporný) určuje, jaké interakce složek budou v emulzi probíhat. Opačné náboje se přitahují, stejné se odpuzují. Elektrostatické interakce ovlivňují interakce mezi emulzními kapkami a ostatními složkami emulze, jako jsou biopolymery, příchutě, surfaktanty, vitaminy, barviva, antioxidanty aj. Tyto interakce mají vliv na celkovou kvalitu emulze, např. síla chuti je redukována pokud mají emulzní kapky přitažlivý náboj pro ostatní složky emulze [21].

1.4.5 Krystalizace kapek

Výroba margarínů, másla, šlehačky a mražených krémů závisí na kontrolované destabilizaci emulze O/V obsahující krystalizující dispergované částice. Stabilita smetany závisí na teplotě při krystalizaci mléčného tuku. Chladivý pocit, který nám vzniká při rozpuštění tukových krystalů v ústech, patří k charakteristickým vjemům mnoha potravin. V emulzích O/V je krystalizace determinována fázovými přechody tukové složky, zatímco u emulze V/O je emulze dána fázovými přechody vodné složky [22].

1.4.6 Interakce mezi složkami emulzí

V potravinách může vznikat mnoho koloidních interakcí zahrnující van der Waalsovy síly, elektrostatické síly, sterické a hydrofobní interakce. Tyto interakce se liší ve své podstatě (přitažlivé nebo odpudivé), síle (slabé nebo silné) a vzdálenosti (krátké, dlouhé). Když převažují přitažlivé síly, mají dispergované částice tendenci interagovat, když převažují odpudivé síly, dispergované částice spolu nereagují. Interakce v emulzi mohou vést k velkým změnám stability, reologie, vzhledu a chuti finálního výrobku. V současné době je snaha o systematizování metod, které se dají využít pro přípravu dlouho stabilních emulzí a k přehledu faktorů ovlivňující jejich vlastnosti [4].

1.5 Stabilita emulzí

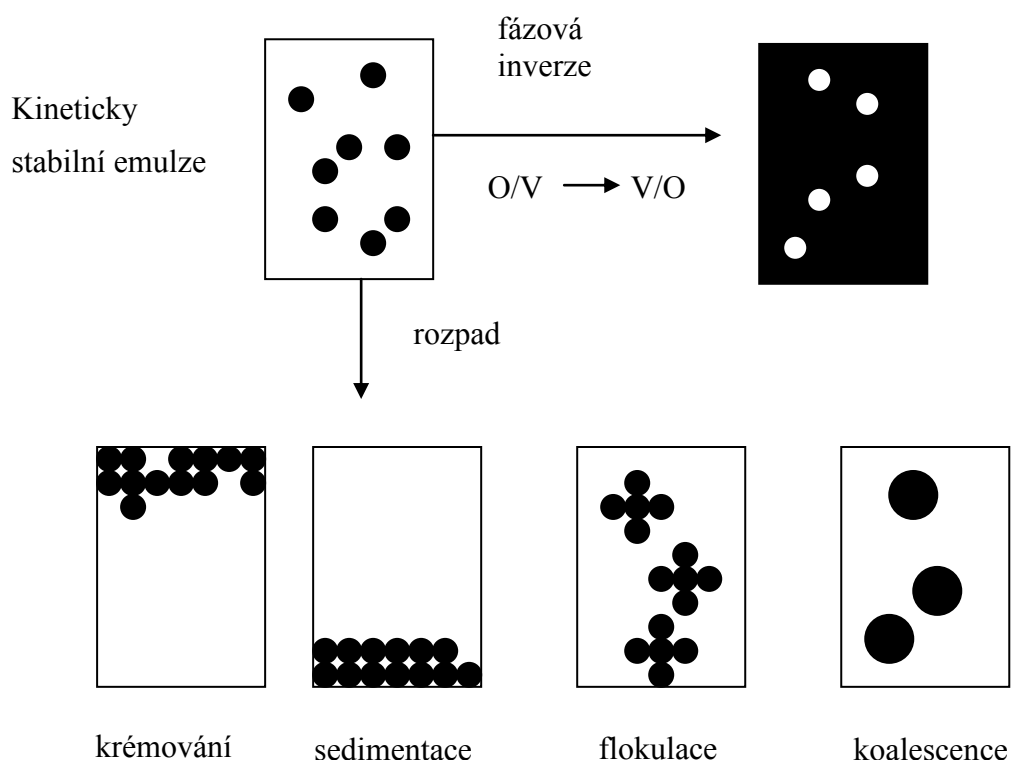
Většina emulzí je sama o sobě nestabilní. Po kratším nebo delším čase dochází k jejich rozpadu, tzv. oddělení tukové a vodné fáze. Kromě času má na rozpad vliv také vnější prostředí, a to především změna teploty a dále může mít negativní vliv na emulzi pohybová aktivita. Abychom předešli zániku emulze, volíme vhodnou stabilizaci emulze [1].

Základním kritériem pro volbu stabilizace je koncentrace emulze. Při hodnocení kvality emulze je právě stabilita základním kritériem. Stabilitu můžeme posuzovat z pohledu kinetiky nebo termodynamiky. Kinetická stabilita znamená rychlost rozpadu emulze a termodynamická je pravděpodobnost, že rozpad emulze nastane [1, 4].

Nejběžnější metody stabilizace jsou stabilizace elektrickou dvojrůstkou, stabilizace pomocí adsorpce polymeru a nejpoužívanější je stabilizace pomocí emulgátoru [1, 4].

1.5.1 Rozpad emulze

Jak již bylo uvedeno výše, rozpad emulze je charakterizován oddělením fází a může mít následující podoby:



Obr. č. 6 Rozpady emulze

S fázovou inverzí se setkáváme např. u PIT metody. Krémování a sedimentace vznikají díky gravitaci. Ke kterému typu dojde, závisí na rozdílu hustot vnitřní a vnější fáze.

Flokulace a koalescence jsou kapkové agregace. Rozdílem je, že při koalescenci dochází ke slévání dispergovaných částic za tvorby nových a větších kapek, kdežto při flokulaci dochází slučováním dispergovaných částic se zachováním původních vlastností.

V praxi se emulze neskládá jen z tukové a vodné fáze, ale obsahuje další složky, např. sůl, cukr, koření, biopolymery atd. Jelikož bývají v pevném skupenství, vzniká v emulzi suspenze. Tato suspenze má tendenci sedimentovat, rychlost této sedimentace se řídí Stoke-dovým zákonem:

$$v = \frac{2}{9} \frac{\rho_1 - \rho_2}{\eta} g r^2 \quad (5)$$

Kde:

v – rychlost sedimentace

ρ_1, ρ_2 – hustoty vnitřní a vnější fáze

r – poloměr dispergované částice dispergované fáze

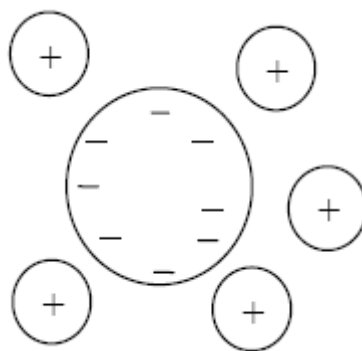
g – gravitační konstanta

Je nežádoucí, aby v emulzi k této sedimentaci docházelo, protože dochází ke změnám kvality výrobku. Je tedy cílem dosáhnout co nejnižší rychlosti sedimentace. Ze vzorce je patrné, že čím bude rozdíl hustot menší a čím menší budou dispergované částice, tím bude rychlost menší a nebo musí být viskozita vysoká. Stokesův zákon platí pouze pro teoretické systémy, protože v praxi nebývají částice symetricky kulaté a dochází k různým interakcím [4].

1.5.2 Stabilizace emulze – pomocí elektrické dvojvrstvy a emulgátoru; zajímavost potravinářských emulzí – stabilizace pomocí biopolymeru

1.5.2.1 Stabilizace elektrickou dvojvrstvou

Tento způsob stabilizace lze aplikovat jen ve zředěných emulzích. Dispergované částice mají svůj povrchový náboj, který přitahuje opačně nabitě částice disperzního prostředí. Pokud nejsou v emulzi přítomny elektrolyty, může dvojvrstva vzniknout adsorpcí hydroxoniových nebo hydroxydových iontů z vody. Čím je dvojvrstva tlustší a čím větší je náboj dispergované částice, tím lépe je emulze chráněna před koalescencí. S rostoucí koncentrací elektrolytů roste náboj kapky a klesá tloušťka dvojvrstvy. Čím je dvojvrstva tenčí, tím má emulze menší stabilitu. Nejběžnějším elektrolytem je kuchyňská sůl.



Obr. č. 7 Vznik nábojů elektrické dvojvrstvy

1.5.2.2 Stabilizace pomocí emulgátoru

Tato forma stabilizace se používá v koncentrovanějších emulzích, protože elektrický náboj není schopen udržet emulzi stabilní. Emulgátor vytváří na povrchu dispergovaných částic adsorpční film, který chrání tuto částici před sléváním. Emulgátor se tedy hromadí na fázovém rozhraní a tvoří tak další fázi. V emulzi jsou tedy dvě fázová rozhraní s různými povrchovými napětími. Jednofázové rozhraní je voda-emulgátor a druhé olej-emulgátor. Ve shodě s Bancroftovým pravidlem je vnitřní fáze emulze tvořena vždy tou fází, ke které má emulgátor větší afinitu.

1.5.2.3 Stabilizace pomocí biopolymeru

Tato forma stabilizace je v podstatě přirozeným způsobem stabilizace a je využívána pouze v potravinářství, neuplatňuje se průmyslových, technických, farmaceutických a ani kosmetických emulzích. Podmínkou jejího využití je, že daný polymer musí být rozpustný ve vnější fázi. Biopolymery mohou mít elektrický náboj. Mezi nabité biopolymery řadíme bílkoviny a mezi nenabitě sacharidy. Biopolymery obalují vnitřní fázi a zvyšují viskozitu, brání tak sedimentaci. V podstatě se jedná o to, že biopolymer obolí vnitřní fázi, přičemž často dochází k jeho hydrataci. Zvětší se tím objem molekuly a dojde k úplnému pokrytí povrch vnitřní fáze a nedochází ke koalescenci. Tento způsob je založen na hydratačním efektu. Polymery, které nejsou schopné dostatečné hydratace musí tedy mít schopnost obalit vnitřní fázi tak hustou sítí, aby opět nedocházelo ke koalescenci. Tento způsob stabilizace se nazývá sterický [4].

2 EMULGÁTORY

Emulgátor je povrchově aktivní látka, v potravinářství běžně používaná při stabilizaci emulze. Používají se při výrobě majonéz, emulgovaných tuků, různých omáček atd. Kromě stabilizační funkce se v různých odvětvích využívají i jiným účelům. Ve zmrzlinách plní funkci stabilizátoru pěny, či-li váže vzduch ve směsi. V pekárenství se schopnost některých emulgátorů vázat vodu využívá k prodloužení trvanlivosti pečiva. Některé emulgátory brání vzniku pěny, takže se využívají při zpracování vajec. Funkci emulgátorů plní surfaktanty s malými molekulami a amfifilní biopolymery [4, 23].

2.1 Běžně používané skupiny emulgátorů

2.1.1 Fosfolipidy

Jedná se o nejvíce používané emulgátory v potravinářském průmyslu. Často jsou nazývány lecithiny a získávají se ze sóje. Jejich využití je velmi široké a neexistuje systematický přehled v jejich aplikacích. Lecithin jako takový není pouze jedna látka, ale je to směs několika fosfolipidů. Podle legislativy existuje široká škála látek souborně nazývaných lecithiny, je tedy rozdíl mezi legislativní klasifikací a chemickou literaturou. Mají pouze společný základ molekuly, a to glycerol-3-fosfát [24].

Lecithiny se tradičně využívají při výrobě čokolád, polev a čokoládových výrobků s tukovými náplněmi. Druhým tradičním odvětvím využití lecithinů je pekárenská výroba. Lecithiny jsou také využívány při výrobě instantních potravin [24].

2.1.2 Monoacylglyceroly a diacylglyceroly

MAG a DAG jsou co do objemu vyrobených emulgátorů největší skupinou a tvoří až 70% produkce. Více než polovina MAG a DAG se využívá v pekárenství, dále jsou přidávány do margarínů, zmrzlin, žvýkaček atd. Často je využívána jejich schopnost při zahřívání ve vodném prostředí tvořit gel [25].

2.1.3 Deriváty MAG a DAG

Pokud je na volnou – OH skupinu glycerolu navázána další kyselina, jedná se o derivát MAG nebo DAG nejběžnější kyseliny jsou octová (ACETEM), citrónová (CITREM), mléčná (LACTEM) nebo vinná (TATEM).

- ACETEM

Používají se při ochraně povrchu potravin proti vysychání a mikrobiální nákaze. Dále se využívají při výrobě šlehaných plev a pokrmových tuků.

- LACTEM

Synergenty při výrobě šlehaných plev a stabilizátory alfakonformací triacylglycerolů.

- CITREM a TATEM

Výroba lipofilních antioxidačních směsí, běžně používané emulgátory [24, 26].

2.1.4 Estery polyglycerolu

V závislosti na stupni polymerizace se volí vhodné využití. Používají se např. při výrobě některých druhů emulgovaných tuků, mají schopnost snižovat zrnitost tukové fáze. Poněvadž mají podobné vlastnosti jako MAG a DAG využívají se hojně v pekárenství, dále při výrobě sladkých krémů, plev a čokolád. Zajímavostí této skupiny je, že tyto emulgátory jsou nasládlé, je tedy možné přidat větší množství, aniž by ovlivnily senzorickou vlastnost potravin [27].

2.1.5 Estery sacharózy

Využívají se pro kontrolu krystalizace cukru, protože jsou schopné vstoupit do krystalické mřížky a tím omezit tvorbu velkých krystalů. Uplatňují se také při výrobě pěn, protože jsou účinnější při vázání vzduchu ve směsi než jiné emulgátory [1, 28].

3 NEJDŮLEŽITĚJŠÍ DRUHY POTRAVINÁŘSKÝCH EMULZÍ

V této kapitole se budu zabývat nejdůležitějšími skupinami potravinářských emulzí.

3.1 Nápoje

Nápoje můžeme rozdělit do dvou kategorií: ochucené a neochucené emulze. Ochucené se skládají z příchutě, barviva a zákalu v různých poměrech. Neochucené pak z pouze z barviva a zákalu. Nápojové emulze jsou vždy typu O/V.

Příchutě jsou rozpuštěny v olejové fázi a nejčastěji se skládají z esenciálních nebo citrusových olejů. Dále se od této fáze přidávají složky zvyšující hustotu této fáze. K dosažení výsledné chuti se někdy přidávají alkoholy, aldehydy, ketony nebo estery. Do těchto emulzí se přidávají ještě i jiné chemické látky, které jsou důležité pro vznik typického aroma a chuti, ale mají různý stupeň rozpustnosti ve vodné fázi a nejedná se tak o typické součásti olejové fáze [29, 31].

U neochucených emulzí jsou přidávány pouze látky zvyšující hustotu fáze. U těchto emulzí se může jednat o terpeny nebo jiné oleje bez příchutě, jako zeleninové oleje nebo jedlé vosky.

Voda je hlavní složkou nápoje. Ve většině nápojů tvoří 60 – 70%, nicméně u některých to může být i 80% a více. Vodná fáze se skládá z obvyklých typů hydrokoloidů, kyselin, barviv, konzervantů. Nejčastěji používanými hydrokoloidy jsou polysacharidy a v současné době je to arabská či akáciová guma. Některé hydrokoloidy slouží jako stabilizátory. Kyseliny jsou také důležitou složkou nápojových emulzí, protože snižují pH pod hodnotu 4,5. Při těchto hodnotách je téměř zamezen růst škodlivých bakterií a jiných patogenů. Nejčastěji je používána kyselina citrónová, neboť citrusová chuť nápojů je vyhodnocována jako nejpopulárnější. Další výhodou této kyseliny je, že je schopna usnadňovat chelaci metalických prvků, které mohou být přítomny ve vodě. V nápojích neobsahujících ovocnou složku je povoleno, např. kolové nápoje je povoleno užívat kyselinu fosforečnou. Další používané kyseliny jsou malonová, tartarová, octová a mléčná. Nejčastěji používané konzervanty jsou kyselina benzoová a benzoát sodný, přičemž díky lepší rozpustnosti je výhodnější použít benzoát sodný. U kyseliny benzoové platí, že čím je pH nižší, tím méně je rozpustná a konzervační efekt je vyšší. Nejúčinnější je při pH pod 4,5. Do nápojů se používají dvě skupiny barviv – komerčně vyrobené a přírodní. Přírodní mají menší schopnost nápoj vybarvit do požadovaného odstínu. Mezi přírodní barviva patří alfa- a beta-karoteny a výtažky

z měsíčku zahradního, které dodávají žluté až oranžové zbarvení. Do kolových nápojů se používá karamel nebo kulér [30, 31].

3.2 Dresinky a omáčky

Řadíme zde dresinky a omáčky obsahující majonézu, různé salátové zálivky a kořeněné omáčky jako kečup, barbecue a různé hotové omáčky, např. omáčka na špagety. Díky široké paletě výrobků spadajících do této kategorie se jednotlivé produkty široce liší složením, texturou a chutí jak v jednotlivých skupinách, tak výrobek od výrobku, např. kečup Hellmann's, Heinz či ARO. Nicméně některé požadavky na výrobky jsou upravené zákonem, např. v České republice musí majonéza obsahovat nejméně 80% tuku, zatímco v USA je to 65% [31, 32].

Majonéza je studená emulgovaná omáčka. Základní komponenty jsou olej, voda, ocet (případně jiné okyselující přípravky) a ochucovadla (sůl, cukr, koření). Emulgátorem je lecitin obsažený v použitém vaječném žloutku, případně melanzí. Pod názvem majonéza se nachází řada výrobků, které se liší způsobem ochucení, obsahem oleje, použitím zahušťovadel a stabilizátorů, ale základní podmínkou aby výrobek mohl být označován jako majonéza je právě emulgate vaječným žloutkem. V jiném případě můžeme hovořit o dresincích či jiných omáčkách, ovšem i tyto skupiny mohou mít majonézový základ [32].

3.3 Mléko a mléčné výrobky

3.3.1 Mléko

Mléko je jedna z mála emulzí existujících v naturální formě. Díky vysokému obsahu cenných látek a vyváženému poměru nutrientů je jeho primární funkcí výživa mláďat, přičemž složení mléka se liší podle jednotlivých živočišných druhů, věku, výživě a dalších faktorech. Ovšem v moderní společnosti je využíván člověkem i k výživě v dospělosti či krmným účelům. Pro bezpečnou konzumaci člověkem je třeba mléko předem upravit, např. pasterací či homogenizací. Dále se mléko používá k výrobě mnoha dalších produktů jako smetany, zmrzliny, sýry, jogurty a jiné fermentované výrobky [33, 35].

3.3.1.1 *Dispergovaná fáze*

V neupraveném mléce tvoří dispergovaná fáze většinou kolem 4,1% hmotnostních a je především složena z lipidů. Z celkového objemu vnitřní fáze tvoří 96-98% triacylglyceroly. Minoritně se zde vyskytují diacyl- a monoacylglyceroly, steroly a volné mastné kyseliny. V mléce byly identifikovány stovky různých triacylglycerolů, přičemž nejčastěji se vyskytují nasycené mastné kyseliny (nejvíce 14-ti, 16-ti, 18-ti uhlíkaté), mononenasyčené (nejvíce 18:1). V menší míře zde také vyskytují kyseliny s krátkým nenasyceným řetězcem o délce 4-12 uhlíků. Díky této rozmanitosti jsou body tání v širokém rozpětí a to nejčastěji od -40°C do $+40^{\circ}\text{C}$. Tání a krystalizaci mléčného tuku silně ovlivňuje emulzifikace. krystalizace tuku v emulzifikovaném mléce způsobuje nestabilitu emulze. U některých produktů je částečná koalescence nežádoucí (např. smetany), ale u jiných je jedná o základní krok při výrobě zmrzliny. V tukové fázi jsou také rozpuštěny lipofilní vitaminy, které jsou obsaženy v mléce – A, D a E [36, 37].

3.3.1.2 *Kontinuální fáze*

V kontinuální fázi je obsažena voda, směs proteinů, cukrů, minerálů a hydrofilních vitamínů. Disperzní prostředí má mírně kyselé pH, které kolísá v závislosti na teplotě v rozmezí 6,5 – 6,7 [35].

Proteiny mléka můžeme rozdělit do dvou hlavních skupin. První skupinu tvoří kaseiny, které tvoří asi 80% celkového obsahu a většinou jsou v náhodně svinutých tvarech. Druhá skupina jsou syrovátkové bílkoviny. Tyto tvoří 20% z celkového množství a vyskytují se ponejvíce v globulární podobě [35, 36, 38].

Jak již bylo uvedeno, vodná fáze obsahuje také řadu organických i anorganických minerálů. Běžně se vyskytují chloridy, fosfáty, citráty a hydrogenuhličitan sodíku, draslíku, chloru a hořčíku. Tyto minerály mohou být ve formě volných iontů, komplexů nebo inkorporované do kaseinových micel. Ve formě volných iontů mohou způsobovat kapkovou flokulaci a to kvůli zeta-potenciálu dispergovaných částic a bránění elektrostatickým interakcím [35, 36].

Hlavním cukrem mléka je disacharid laktóza. Laktóza je málo rozpustná ve vodě a může tvořit krystaly v mléčných produktech, jako jsou zmrzliny nebo kondenzované mléko, kde způsobují nežádoucí zrnitou strukturu [35].

3.3.2 Šlehačka

Šlehačka vzniká našleháním vzduchu do smetany při nízkých teplotách. Skládá se tedy z dispergovaných vzduchových bublinek v O/V emulzi. Tyto bublinky jsou stabilizovány pomocí adsorpce proteinů a agregace globulárních lipidů. U globulárních proteinů dochází při šlehání k povrchové denaturaci, zatímco u tuků je koalescenci (za podmínky nízkých teplot 0-7°C. Tyto agregované lipidy tvoří rigidní síť kolem buněk a tím je izolují od okolního prostředí. Někdy se do šlehačky přidávají biopolymery jako gummy nebo želatina, protože zvyšují viskozitu vodné fáze a tím zlepšují šlehatelnost a znesnadňují bublinkám pohyb, čili udrží šlehačku déle stabilní. Přídavek cukru může být pro pěnu škodlivý nebo naopak. Pokud jsou přidány před šleháním, způsobují lepší stabilitu syrovátkových proteinů, čímž znesnadňují vznik viskoelastické membrány, a tedy brání vzniku pěny. Naopak, pokud jsou přidány po šlehání, zvyšují viskozitu vodné fáze, a tedy stabilitu pěny prodlužují [39].

3.3.3 Máslo

Máslo je emulze typu V/O, která obsahuje alespoň 80% mléčného tuku. Smetana pro výrobu másla se nejčastěji používá pasterovaná. Je potřeba jí zchladit asi na 12-18°C, aby došlo k částečné krystalizaci tuků. Poté se mechanicky zpracovává. Tento proces se nazývá stloukání. Při stloukání dochází k částečné koalescenci krystalizovaných lipidů a vznikají chomáče agregovaných lipidů. Chomáče agregovaných lipidů se při stloukání spojují do větších a větších do doby, dokud nenastane fázová inverze. Kromě agregovaných lipidů se ve finálním výrobku vyskytují kapičky vody, vzduchové bubliny a volné globulární lipidy zachycené v krystalické síti. Textura másla při určité teplotě závisí na obsahu pevných lipidů, na morfologii a velikosti tukových krystalů a na předchozích prodělaných teplotních změnách [35, 40].

3.3.4 Jogurty

Hodně jogurtů může být považováno za emulzi O/V, kdy je tuková fáze rozpuštěná ve viskoplastické vodné fázi. Vodnou fázi tvoří 3D síť agregovaných kaseinových a syrovátkových bílkovin, která tvoří charakteristickou jogurtovou texturu. Jogurt je primárně vyráběn z mléka a/nebo smetany, ale často zde najdeme i další složky jako sladidla (přírodní nebo umělá), příchutě, stabilizátory, ovoce, antioxidanty a další. Směs obsahující všechny složky je pasterizována jednak kvůli potlačení patogenní mikroflóry a kvůli tepelné denaturaci

syrovátkových proteinů, protože tvoří komplexy s kaseiny a zajišťují požadovanou strukturu finálního produktu. Po pasteraci se směs dále homogenizuje, zchladí na cca 43°C, zaočkuje jogurtovou kulturou a nechá se prokysat. Bakterie mléčného kvašení využívají laktózu a produkují kyselinu mléčnou, čímž dochází ke snížení pH vodné fáze na 4,5. Toto pH způsobuje denaturaci kaseinu, protože je blízké jeho izoelektrickému bodu. Po této agregaci dochází ke vzniku již zmiňované 3D sítě. Po ukončení prokysání je produkt zchlazen 5°C, aby se zpomalila činnost bakterií a tím fyzikální a chemická degradace. Moderním trendem je vyrábět nízkotučné, tzv. light jogurty. Požadavkem spotřebitele je, aby měly stejnou chuť jako neodtučněné. Z tohoto důvodu jsou přidávány rozličné netukové látky [41].

3.3.5 Sýry

Sýr je emulze typu O/V složená z rozpuštěných globulárních lipidů v polopevné vodné fázi. Existuje nepřeberné množství druhů sýrů, které se liší texturou, vzhledem, chutí i životností. Některé jsou národními specialitami. Nicméně většina sýrů se vyrábí velmi podobným způsobem.

K sýření se používá buď bakterií mléčného kvašení, které sníží pH na izoelektrický bod kaseinu a tím dojde k jeho vysrážení, nebo enzymových syřidel do mléka. Při tomto procesu dochází k rozštěpení κ -kaseinu mezi Phe(105) a Met(106) v peptidovém řetězci na vysokorozpustný kaseinový makropeptid a na hydrofobní para- κ -kasein. Během výroby je odvedena vodná fáze společně s kaseinovým makropeptidem, syrovátkovými proteiny, hydrofobními vitaminy a minerály. Ze zbytku vzniká tzv. Sýřenina. Sýřenina je dále zpracovávána krájením, lisováním, solením, zahříváním a dalšími operacemi, případně jsou přidávány další složky podle technologie výroby daného sýru. Některé druhy se dále nechávají zrát (několik hodin až po několik let). Sýry se dále liší typem použitého mléka, a to podle druhu (kravské, ovčí, kozí...), podle způsobu předchozího zpracování (pasterizace a homogenizace) a podle typu přidaných bakterií [42].

3.3.6 Mražené krémy

Mražené krémy jsou komplexní potraviny složené ze vzduchových bublinek (cca 50-80 μ m), krystalů ledu (cca 30-50 μ m) a tukových kapek (cca 1 μ m) rozpuštěných ve vodné fázi obsahující především rozpuštěné cukry, minerály a proteiny. Dalšími přístupnými

složkami jsou přidány mléčný tuk, stabilizátory a emulgátory. Dále zmrzliny se liší příchutěmi, vzhledem, texturou a trvanlivostí. Mražené krémy jsou velmi citlivé na dodržení technologického postupu a skladovacích podmínek, protože při porušení mohou vznikat krystaly laktózy, které způsobí nežádoucí zrnitou strukturu produktu.

Při výrobě se nejčastěji postupuje tak, že se smíchá mléko a/nebo smetana, sladící složky, příchutě, stabilizátory, emulgátory a další recepturní přísady. Poté se směs homogenizuje, pasterizuje a zchladí na cca 0-5°C. Při této teplotě se nechá několik hodin zrát, aby došlo k částečné krystalizaci lipidů a úplné hydrataci ve vodě rozpustných složek. Po skončení zrání se směs zchladí znatelně po bod mrznutí vody, což způsobí značnou krystalizaci vodní frakce. Zbytek zůstává v tekuté formě, což je způsobeno přítomností zmražených koncentrovaných nerozpuštěných pevných látek. Textura a výsledný pocit v ústech je silně ovlivněn povahou krystalů vzniklých při zmrazování. Pomalé zmrazování vede ke vzniku relativně málo velkých krystalů a výsledná textura je zrnitá. Tento typ mražených krémů způsobuje chladivý pocit v ústech. Rychlé mražení spojené s mechanickým pohybem naopak produkuje velké množství malých krystalů, které vyvolávají spíše pocit krémového mraženého krému. Vzduchové bublinky jsou do směsi inkorporovány během mražení, a to jednak z důvodů sensorických – odlehčení a zjemnění směsi, ale i ekonomických – zvětšení objemu. Chlazení a případné mechanické pohyby způsobují částečnou koalescenci globulárních lipidů, což opět vede ke vzniku sítě agregovaných lipidů, které obklopují vzduchové bublinky a tím opět podporují stabilitu výsledného produktu. Po tomto kroku mohou být do ještě relativně měkkého krému přidány další složky, jako např. oříšky, čokoláda nebo ovoce. Mražené krémy mohou být v této podobě ihned konzumovány, nebo dále hluboce zamrazeny až na -30 až -40°C. Při této teplotě bez přítomnosti mechanických pohybů vykrytalizuje většina vodní frakce. Pokud už je produkt jednou zmrazen, měl by být uchován bez kolísání teplot, aby nedocházelo k vytvoření velkých krystalů vody po opětovném zmražení. Často se přidávají polysacharidové stabilizátory pro zabránění vzniku velkých krystalů při dlouhodobějším skladování a možným změnám struktury [43,44].

3.4 Emulgované tuky

Emulgované tuky jsou vždy emulze typu V/O a podle obsahu tuku je dělíme na margaríny (80-90% tuku), halvaríny (60% tuku), minaríny (39-41% tuku) a nízkotučné roztíratelné pomazánkové tuky. Emulgované tuky s vyšším obsahem jsou nejčastěji stabilizovány plně nasycenými MAG a přísady se pohybují mezi 0,2-0,5%. Jsou definovány jako polydis-

perzní systém tuků, pevných a kapalných látek ve vodě a/nebo v mléku. Řada přídatných látek je také součástí systému, jako např. emulgátory, antioxidanty, sůl, aromatické látky, barviva, vitaminy a jiné. Díky nižšímu obsahu tuku a ceně jsou čím dál větší míře spotřebovány místo másla či sádla. Část emulgovaných tuků jde přímo ke spotřebiteli, jiné se používají v pekařské, cukrářské nebo jiné výrobě [45].

3.4.1 Tuková fáze

Tuková fáze nebo také tuková násada se skládá z tuků (pevné skupenství), olejů (kapalné) a dalších přísad. Mezi nejčastěji používané oleje patří palmový, sójový, řepkový, slunečnicový, bavlníkový a rybí. Z tuků jsou hlavně používány palmojadrový, vepřové sádlo a bovinní lůj. Všechny tyto tuky a oleje jsou používány v rafinované formě. Řada těchto produktů se ztužuje (prakticky všechny rybí tuky, bavlníkový a někdy i slunečnicový olej), případně se provádí jejich interesterifikace. Nejdůležitějším kritériem pro vlastnosti finálního produktu je zastoupení tuhých a kapalných podílů v tukové fázi při různých teplotách. Podíl pevných látek při teplotách 15 až 20°C je důležitý údaj pro tvrdost konečného výrobku a odlučování oleje z něj. Podíl při 20 až 25°C souvisí se stabilitou produktu a podíl při 30 až 35°C je rozhodující pro hodnocení chuti. Vysoký obsah pevných podílů způsobuje tzv. lojovitou chuť [31, 45].

3.4.1.1 Přísady rozpustné v tukové fázi

Recepturní přísady, které jsou rozpustné v tukové fázi se nejprve rozmíchají v oleji a teprve poté smíchány se zbytkem tukové fáze.

Emulgátory

Jsou nejdůležitějšími přídatnými látkami, protože stabilizují celou směs. Pro výrobu emulgovaných tuků se používají emulgátory s hodnotou HLB 2-6. Mezi tyto emulgátory patří MAG, lecithin, cukroestery a estery mastných kyselin s prolynglykolem.

Nejčastěji používané MAGy jsou směsi monostearátu a monopalminátu. Tento typ je nerozpustný ve vodě a mírně rozpustný v tucích s nižší povrchovou aktivitou. Díky těmto vlastnostem jsou schopny krystalizovat na fázovém rozhraní. Přídatné množství se pohybuje v rozmezí 0,1-0,5%, u nízkotučných roztíratelných pomazánkových tuků až 2% a často v kombinaci s jinými emulgátory.

Z lecithinů se dnes převážně používá sójový lecithin, přičemž přídavky nepřesahují 0,5% hmotnosti tukové násady. Jeho výhodou je, že výrazně omezuje prskání při vyšších teplotách. Lecithin se často používá v kombinaci MAG. Některé deriváty MAG (estery MAG s kyselinou diacetylvinnou) a cukroglyceridy mají podobné vlastnosti jako lecithin [45].

Barviva

Barviva jsou přidány hlavně kvůli vzhledu a snaze napodobit barvu másla. V řadě zemí je zakázáno používat syntetická barviva. Mezi povolení patří přídavek palmového oleje, který má oranžovou barvu a beta-karotenu.

Aromatické látky

Hlavním důvodem jejich přidávání je dosáhnout máslového aroma. K tomuto účelu slouží diacetyl nebo gama a delta laktony mastných kyselin a kratším řetězci.

Vitaminy

Z lipofilních vitaminů jsou přidávány A, D a E. Jako vitamin A se používá acetát retinolu, jako vitamin E acetát alfa-tokoferolu. Přídavek vitaminu D je diskutabilní a v některých zemích zakázán [40, 42].

3.4.2 Vodná fáze emulgovaných tuků

Základ vodné fáze tvoří mikrobiálně nezávadná voda s dalšími přídavky jako je mléko, sůl, regulátory pH, konzervovadla, případně další recepturní přísady.

Mléko

Většinou se používá sušené, které je znovu po rozpuštění ve vodě pasterizované a po ochlazení je zakysáno. Zakysání se provádí z organoleptických důvodů, poněvadž zakysané mléko je nositelem výrazných aromatických látek (zejména diacetyl) a přispívá k máselné chuti emulgovaných tuků. Kromě takto připraveného mléka se používá i syntetická směs kyseliny mléčné, octové a citrónové s malým přídavkem diacetylu.

Sůl

Do emulgovaných tuků se přidává běžná kuchyňská sůl, a to v závislosti na typu v množství 0,2-2%. Důvodem jsou její bakteriostatické účinky a také zlepšení chuti. Nevhodné je přidávání hořečnatých solí, protože katalyzují oxidaci tuků.

Konzervanty

Mezi nejpopulárnější konzervanty patří čistá kyselina sorbová anebo její soli, a to sodné nebo draselné. Kyselina sorbová má zejména fungicidní účinky a je přidávána v řádech setin procent.

pH regulátory

K regulaci pH se využívá kyselina citrónová nebo mléčná, po případně jejich soli. Přidávají se zejména do emulgovaných tuků bez přídavku zakysaného mléka, protože toto obě kyseliny obsahuje. Snížení pH je žádoucí pro zabránění případného růstu mikroorganismů [40, 42].

3.4.3 Technologie výroby margarínů

Výroba margarínů zahrnuje následující fáze:

- Příprava tukové fáze. Její součástí jsou různě upravené tuky a oleje, barviva, emulgátory, vitaminy a jiné,
- příprava vodné fáze. Součástí vodné fáze jsou voda, mléko, sůl, cukr, aromatické látky, konzervační prostředky apod,
- příprava emulze,
- chlazení, krystalizace a hnětení emulze. Tyto operace jsou z nejdůležitější z pohledu stability výrobku a reologických vlastností konečného výrobku,
- kondicionování.

Pro vlastní výrobu margarínů jsou v dnešní době využívány 2 postupy – diskontinuální a kontinuální s řadou modifikací. Oba postupy dnes využívají ve finální části votátor, liší se v přípravě emulze. Od vstupu emulze do votátoru jsou oba postupy prakticky shodné [6,45].

3.4.3.1 Kontinuální výroba margarínů – votátorový postup

Kontinuální postup sestává z několika fází:

- příprava emulze,
- předkrystalizace,

- chlazení,
- následná krystalizace,
- hnětení,
- kondicionování.

Příprava emulze

Pro kontinuální přípravu emulze se používá vícesložkové dávkovací čerpadlo. Umožňuje přípravu obou fází tak i jejich emulgaci přímo v potrubí. Toto čerpadlo umožňuje současné čerpání tukové násady, tukových přísad, vodné fáze i přísad vodného roztoku. Jednotlivé proudy se spojují a následně emulgují ve směšovací trubici.

Předkrystalizace a chlazení

Obě tyto fáze probíhají v seškrabovacím chladiči tzv. votátoru. Jedná se o válec o průměru 10 – 20 cm s dobře izolovaným vnějším pláštěm.

Následná krystalizace

Výsledkem průchodu votátorem bývá částečně podchlazená emulze s nedostatečně vykryštalizovanou tukovou fází. Proto bývá za votátory zařazeno jednoduché krystalizační zařízení (prodlevové trubky nebo válcovité krystalizátory). Pohybem dochází hnětením k další homogenizaci tukové emulze a postupné krystalizaci. Bez mechanického zásahu dochází k další krystalizaci původně podchlazené emulze.

Kondicionování margarínů

Kondicionování představuje konečnou fázi krystalizaci margarínů. Jedná se o válec (kondicionér), který je opatřen temperací. Často bývá opatřen síty, které zaručují lepší homogenizaci margarínu. V praxi je spojen s kompenzátozem, který eliminuje tlakové rázy spojené s odběrem margarínu balíciemi stroji [25, 31, 45].

3.4.3.2 Premixový výrobní postup

Premixový výrobní postup se liší od kontinuálního diskontinuální přípravou. Emulze je připravována v předemulzní vaně. Jedná se o větší nádobu opatřenou míchadly s vysokou frekvencí otáček. K předehřáté tukové násadě se přidává za stálého míchání vhodná fáze. Vytvoří se hrubá emulze, která se přes vyrovnávací vanu přivádí do temperační vany, kde se udržuje teplota těsně nad bodem tání tukové násady. Z temperační vany je emulze do-

pravována vysokotlakým čerpadlem do votátoru. Další postup je shodný s kontinuálním výrobním postupem [45].

ZÁVĚR

Tato práce se zabývá potravinářskými emulzemi. Je rozdělena do tří kapitol – Emulze, Emulgátory a Nejdůležitější druhy potravinářských emulzí.

První kapitola nastiňuje základní pojmy o emulzích a jejich klasifikaci, přičemž velký důraz je kladen na charakteristiku emulzí a jejich stabilitu. Charakterizovat emulzi na základě objemu dispergované části, částicové distribuci, náboji dispergovaných částic a dalších ukazatelů je nejdůležitější pro volbu vhodné metody stabilizace. Stabilita emulze je nejdůležitější vlastností nejen v potravinářství, ale ve všech odvětvích, kde jsou emulze vyráběny. Nejčastější forma stabilizace je pomocí emulgátorů, ale v potravinářství, jako v jediném odvětví se používá i stabilizace pomocí biopolymerů.

Jak bylo uvedeno výše, stabilizace pomocí emulgátoru je nejčastěji volená metoda, proto se druhá kapitola zabývá právě jimi. Jsou zde uvedeny nejběžněji používané skupiny emulgátorů.

Poslední kapitola uvádí nejdůležitější druhy potravinářských emulzí. U každé skupiny bylo snahou ji spíše obecně charakterizovat, neboť většinou obsahuje širokou škálu různých výrobků a rozsah této práce neumožňuje podrobnější zkoumání každého z nich.

K celé práci je možno uvést, že potravinářské emulze jako i jiné potraviny souvisí s výživou člověka a je nezanedbatelná jejich nutriční hodnota, což nebylo předmětem této práce. Jako jediné emulze se potravinářské emulze hodnotí také sensoricky, tzv. muthfeel.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] BARTOVSKÁ, L., ŠIŠKOVÁ, M.; *Fyzikální chemie povrchů a koloidních soustav*. 5th ed. Praha: VŠCHT Praha, 2005. ISBN 80-7080-579-X.
- [2] JUNQUEIRA, J. C., CARNEIRO, J.; *Basic histology text & atlas*. 10th ed. Rio de Janeiro: McGraw-Hill Companies, 2003. ISBN 0-07-137829-1.
- [3] CHARALAMBOUS, G., DOXASTAKIS, G.; *Food emulsifiers: chemistry, technology, functional properties and applications*. 1st ed. Amsterdam: Elsevier, 1989.
- [4] McCLEMENTS, D. J.; *Food emulsions*. 2nd ed. USA: CRC Press, 2005. ISBN 0-8493-2023-2.
- [5] GRIFFIN, W. C.; *Classification of Surface-Active Agents by HLB*, Journal of the Society of Cosmetic Chemists 1 (1949)
- [6] WALSTRA, P.; *Fundamentals of Interface and Colloid Science*. J. Lyklema ed.; Hardbound: Academic Press, 2005. ISBN 0-12-460530-3.
- [7] WASTRA, P. *Basic theory*. In *Encyclopedia of Emulsion Technology*, vol. 1. P. Becher ed.; New York: Marcel Dekker, 1983. ISBN 0-8247-1876.
- [8] WASTRA, P., SMULDERS, P. E. A. *Modern Aspects of Emulsion Science*. Bernard P. Binks ed.; UK: University of Hull, 1998. ISBN 0-85404-43-96.
- [9] GOPAL, R. E. S., *Principles of emulsion formation*. P. Sherman ed.; 1st ed. London: Academic Press, 1968.
- [10] SJOBLÖM, J. (ed.). *Emulsions and emulsion stability*. 2nd ed. USA: Marcel Dekker, 1996. ISBN 0-8247-9689-6.
- [11] CANSELIER, J. P.; DELMAS, H.; WILHELM, A. M.; ABISMAIL, B. Ultrasound emulsification—An overview. *J. Dispersion Sci. Technol.* **2002**, (23), 333–349.
- [12] LUCASSEN-REYANDERS, E. H. The role of interfacial properties in emulsification. *Colloids & Surfaces* **1992**, (65), 175–184.

- [13] 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. *J. Colloid Interface Sci.* **1969**, (30).
- [14] TADROS, T., IZQUIERDO, P., ESQUENA, J. Formation and stability of nano-emulsion. *Adv. Colloid Interface Sci.*, 2004, (108).
- [15] FORGIARINI, A., ESQUENA, J., GONZÁLES, C., SOLANS, C. Formation of Nano-emulsions by Low-Energy Emulsification Methods at Constant Temperature. *Langmuir*, 2001, (17)
- [16] BERLITZ, H. D., GROSH, W., SCHIEBERLE, P. *Food Chemistry*. 4th ed. DE: Springer-Verlag, 2009. ISBN 978-3-540-69934-7.
- [17] SCHRAMM, L. L. *Emulsions, Foams, and Suspensions*. 1st ed. GE: Strauss GmbH, 2005. ISBN 978-3-527-30743-2.
- [18] HUNTER, R. J. *Foundations of Colloid Science*, 1st ed.; Oxford Science: Oxford, 1986.
- [19] HUNTER, R. J. *Foundations of Colloid Science*, 2nd ed.; Oxford Science: Oxford, 1989.
- [20] McCLEMENTS, D. J.; DECKER, E. A. Lipid oxidation in oil-in-water emulsions: Impact of molecular environment on chemical reactions in heterogeneous food systems. *J. Food Sci.* **2000** (65)
- [21] LANDY, P.; COURTHAUDON, J. L.; DUBOIS, C.; VOILLEY, A. Effect of interface on model food emulsions on the volatility of aroma compounds. *J. Agric. Food Chem.* **1996**, (44).
- [22] WALSTRA, P., *Physical principles of emulsion science*. BLANSHARD, J. M. V., LILLFORD, P. (ed.); 1st ed. London: Academic Press, 1987.
- [23] FAERGEMAND, M., KROG, N. *Using emulsifiers to improve food texture*. 1st ed. Cambridge: CRC Press, 2000. ISBN 1-85573-673-X.
- [24] BUESCHELBERGER, H. G. Lecithins. *Emulsifiers in Food Technology*; Blackwell Publishing: Northampton, 2004. ISBN 1-4051-1802-4.
- [25] KROG, N. *Food emulsion*. 3rd ed. New York: Marcel Dekker, 1997.
- [26] SCHUSTER, G. *Emulgatoren für Lebensmittel*; Springer-Verlag: Berlin, 1985.

- [27] NORN, V.; Polyglycerol Esters. *Emulsifiers in Food Technology*. UK: Northampton, 2007.
- [28] PRINCS, A.; Theory and practise of formation and stability of food foams. *Food emulsions and Foams*; Royal Society of Chemistry: London, 1986.
- [29] CAREY, M. E.; ASQUITH, T.; LINFORT, T. R. S.; TAYLOR, A. J. Modeling the partition of volatile aroma compounds from a cloud emulsion. *J. Agric. Food Chem.* **1985**, 50 (2002)
- [30] SCHUSTER, G.; ADAMS, W.F.; *Adv. Cerea Sci.*; Technol. 6 (1968).
- [31] FRIEBERG, S.E., LARSSON, K., SJOBLOM, J. *Food emulsion*. 4th ed. New York: Marcel Dekker, 2004. ISBN 0-8247-1876-3.
- [32] HRABĚ, J., BUŇKA, F., HONZA, I., BŘEZINA, P. *Technologie výroby potravin živočišného původu pro kombinované studium*. 1st ed. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Academia centrum, 2008. ISBN 978-80-7318-521-3.
- [33] HARPER, W. J., HALL, C. W. *Dairy technology and engineering*. USA: The Avi Publ. Co., 1976. ISBN 0-8705-5198-1.
- [34] MULDER, H., WALSTRA, P. *The milk fat globule: Emulsion science as applied to milk products and comparable foods*. UK: Commonwealth Agricultural Bureaux, 1974. ISBN 0851982891.
- [35] WALSTRA, P. *Dairy technology: Principles of milk properties and processes Post a Comment*. USA: Marcel Dekker, 1999. ISBN 082470228X.
- [36] JENSEN, R. G., *Handbook of Milk Composition*. USA: Academic Press, 1995.
- [37] SWAISSGOOD, E. H. *Characteristics of milk*. 3rd ed. USA: Marcel Dekker, 1996.
- [38] CORREDING, M., DALGLEISH, D. The mechanism of the heat-induced interaction of whey proteins with casein micelles in milk. *Int. Dairy J.*, 1999, no. 9
- [39] DAMODARAN, S., PARAF, A. *Food proteins and their applications*. 1st ed. USA: Marcel Dekker, 1997. ISBN 0824798201.
- [40] HARTEL, W. H. *Crystallization in foods*. USA: Aspen Publisher, 2001. ISBN 0-8342-1634-5.

- [41] TAMYME, A. Y., ROBINSON, R. K. *Yogurt: Since and technology*. 2nd ed. UK: Woodhead Publishing, 1999. ISBN 1-85573-399-4.
- [42] FOX, P. F., McSWEENEY, P. L. H. *Dairy chemistry and biochemistry*. The Netherlands: Kluwer Academic Publisher, 1998. ISBN 0-412-72000-0.
- [43] GOFF H. D. Colloidal aspects of ice cream — A review. *Dairy Ind. Int.* **1997**, 7 (6/7).
- [44] Hartel, R. W. Ice crystallization during the manufacture of ice cream. *Trends Food Sci. Technol.* **1996**, 7 (10).
- [45] KREJČÍ J.: *Tuky a oleje pro potravinářské využití*. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2007 [elearningový text]. Dostupný z <http://utb.cepac.cz/Sceerns/Default.aspx> [cit. 15. 04. 2011]

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

O/V	Olej ve vodě.
V/O	Voda v oleji.
atd.	A tak dále.
tzn.	To znamená.
např.	Například.
PAL	Povrchově aktivní látky.
HLB	Hydrofilně-lipofilní balance.
tzv.	Tak zvané.
W	Práce.
γ	Mezipovrchové napětí.
dA	Diferenciální změna povrchu.
M	Molární hmotnost molekuly.
M_h	Molární hmotnost hydrofilní části molekuly.
σ	Povrchová hustota náboje.
ψ_0	Elektrický povrchový potenciál.
ζ	Zeta-potencionál.
ΔP_L	Laplaceův tlak.
d	Průměr kapky.
PIT	Metoda fázové teplotní inverze.
MAG	Monoacylglycerol.
DAG	Diacylglycerol.
TAG	Triacylglycerol.
r	Poloměr dispergované částice dispergované fáze.

ρ_1	Hustota vnitřní fáze.
ρ_2	Hustota vnější fáze.
Phe	Fenylalanin.
Met	Methionin.
κ	Kappa.
°C	Stupeň Celsia.
ACETEM	Estery mono- a diglyceridů mastných kyselin s kyselinou octovou.
CITREM	Estery mono- diglyceridů mastných kyselin s kyselinou citrónovou.
TATEM	Estery mono- diglyceridů mastných kyselin s kyselinou vinnou.
LACTEM	Estery mono- disacharidů mastných kyselin s kyselinou mléčnou.
pH	Záporná hodnota dekadického logaritmu koncentrace vodíkových iontů.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. č. 1 Dělení povrchově aktivních látek.....	12
Obr. č. 2 Příklady laminárního toku.....	17
Obr. č. 3 Vliv rychlosti adsorpce emulgátoru na fázovém rozhraní na velikost výsledných dispergovaných částic.....	19
Obr. č. 4 Monodisperzní a polydisperzní emulze.....	21
Obr. č. 5 Částicová distribuční křivka.....	22
Obr. č. 6 Rozpady emulze.....	24
Obr. č. 7 Vznik nábojů elektrické dvojvrstvy.....	26

SEZNAM TABULEK

Tab. č. 1 Přehled použití emulgátorů.....	13
-------------------------------------------	----