

Interakce povrchově aktivních látek se základními složkami potravin

Magda Šomanová

Bakalářská práce
2008



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav potravinářského inženýrství
akademický rok: 2007/2008

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Magda ŠOMANOVÁ**
Studijní program: **B 2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Chemie a technologie potravin**

Téma práce: **Interakce povrchově aktivních látek se základními složkami potravin**

Zásady pro vypracování:

Vypracujte literární rešerži na zadané téma. V rámci rešerže se soustředte na:

- 1. Charakteristika PAL, bílkovin a sacharidů.**
- 2. Interakce.**
- 3. Zhodnoťte citované prameny a vyhodnoťte závěry v daném tématu.**

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. Langamier F. :Pomocné přípravky kožedělného průmyslu,VUT Brno 1974
2. Blažej A. a kol.:Tenzidy, Bratislava 1977
3. Davídek J., Janíček G., Pokorný J.- Chemie potravin, Praha 1983
4. Velíšek J.- Chemie potravin 1,2,3, Tábor 1999
5. Riddick J.A,Bunger N.B,Sakano T.K: Techniques of chemistry, New York 1986

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Rahula Janiš, CSc.

Ústav inženýrství a hygieny obouvání

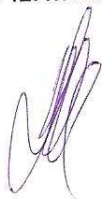
Datum zadání bakalářské práce:

23. listopadu 2007

Termín odevzdání bakalářské práce:

31. května 2008

Ve Zlíně dne 12. května 2008



doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan



prof. Ing. Ignác Hoza, CSc.
vedoucí katedry

ABSTRAKT

Bakalářská práce je zaměřena na vypracování rešerše na téma interakce povrchově aktivních látek se základními složkami potravin.

Interakce hlavních součástí potravin se surfaktanty je velmi rozsáhlé téma, proto je zde uveden pouze typ interakce emulgátorů se základními složkami mouky při výrobě pečiva. Práce se zabývá charakterizací základních typů povrchově aktivních látek, jejich strukturou, vlastnostmi a funkcí. Bylo zjištěno, že nejčastěji používané emulgátory v potravinářství jsou monoacylglyceroly, diacylglyceroly a jejich deriváty. Dále je uveden popis základních složek potravin - bílkovin, lipidů, sacharidů a diskutovány typy jejich interakcí s neionogenními tenzidy.

Klíčová slova: interakce, povrchově aktivní látky, emulgátory, monoacylglyceroly, diacylglyceroly, sacharidy, lipidy, bílkoviny

ABSTRACT

Baccalaureate work is bent on conduct background research on theme interaction between surfactants and basic food components.

Interaction between basic food components and surfactant is very large theme, there is state only type interaction between emulsifiers and basic food components of flour at production bread. Work is put mind to characterization standard type surfactant, their structure, features and function.

It was ascertained, that the most often used emulsifiers in grocery are monoacylglycerol, diacylglycerol and their derivatives.

Description of basic elements of food - proteins, lipids, sugar is mentioned below. Also types of their interaction with non - ionic surfactants are discussed.

Keywords: interaction, surfactants, emulsifiers, monoacylglycerol, diacylglycerol, sugars, lipids, proteins

Poděkování

Chtěla bych velmi poděkovat Ing. R. Janišovi, CSc. za odborné vedení bakalářské práce, poskytnutí mnoha cenných rad a připomínek k danému tématu a trvalý zájem při vypracovávání bakalářské práce.

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

Ve Zlíně

.....

Podpis diplomanta

OBSAH

ÚVOD	8
1 POVRCHOVĚ AKTIVNÍ LÁTKY	9
1.1 CHARAKTERISTIKA PAL.....	9
1.2 STRUKTURA A VLASTNOSTI PAL	9
1.3 KLASIFIKACE PAL.....	10
1.3.1 Podle charakteru hydrofilní složky se dělí PAL na	10
1.3.2 Podle hydrofilně – lipofilní rovnováhy (HLB) v molekule PAL	11
1.3.3 Podle původu se rozeznávají	12
1.4 FYZIKÁLNÍ A CHEMICKÉ VLASTNOSTI PAL	13
1.4.1 Tvorba micel	13
1.4.2 Povrchové napětí kapalin	15
1.4.3 Povrchové napětí roztoku.....	15
1.5 TECHNICKÉ VLASTNOSTI PAL	16
1.5.1 Solubilizace	16
1.5.2 Dispergace	17
1.5.3 Emulgační vlastnosti	17
1.6 EMULGÁTOR.....	19
1.7 POTRAVINÁŘSKÉ EMULGÁTORY	20
1.7.1 Estery glycerolu a jejich deriváty	20
1.7.2 Estery sacharosy	21
1.7.3 Estery mastných kyselin s hydroxykyselinami	22
1.7.4 Lecitin a jeho deriváty	22
1.8 STANOVENÍ POTRAVINÁŘSKÝCH EMULGÁTORŮ	22
2 BÍLKOVINY	23
2.1 CHARAKTERISTIKA BÍLKOVIN	23
2.2 STRUČNÁ CHARAKTERISTIKA KÓDOVANÝCH AMINOKYSELIN :	23
2.3 DĚLENÍ BÍLKOVIN :	24
2.3.1 Dělení podle struktury :	24
2.3.2 Rozdělení podle původu :	25
2.3.3 Dělení podle biologické funkce, kterou vykonávají v biologických systémech :	25
2.3.4 Klasifikace proteinů dle výživové hodnoty :	25
2.4 STRUKTURA PROTEINŮ	26
2.5 PROTEINY NACHÁZEJÍCÍ SE V POTRAVINÁCH	27
2.5.1 Bílkoviny mléka	27
2.5.2 Bílkoviny masa.....	28
2.5.3 Rostlinné bílkoviny	28
2.5.4 Bílkoviny vejce.....	29
2.6 DŮKAZY BÍLKOVIN	30
2.6.1 Srážecí reakce.....	30

2.6.2	Barevné reakce	30
3	SACHARIDY A LIPIDY	31
3.1	SACHARIDY	31
3.1.1	Sacharidy jsou v těle důležité jako :	31
3.1.2	Charakteristika sacharidů	31
3.2	LIPIDY	33
3.2.1	Dělení lipidů :	33
3.2.2	Funkce lipidů :	34
3.2.3	Mastné kyseliny	34
3.2.3.1	Struktura a názvosloví kyselin	34
4	INTERAKCE.....	36
4.1	DRUHY INTERAKCÍ :	36
4.1.1	Charakteristika elektrostatických interakcí	36
4.1.2	Charakteristika stérických interakcí	37
4.1.3	Hlavní charakteristika hydrofobních interakcí	38
4.1.4	Koloidní interakce a shlukování kapek	39
4.1.5	Van der Waalsovy síly.....	40
4.2	CELKOVÝ POTENCIÁL INTERAKCÍ	40
5	INTERAKCE POTRAVINÁŘSKÝCH EMULGÁTORŮ SE ZÁKLADNÍMI SLOŽKAMI POTRAVIN	41
5.1	ESTERY KYSELINY DI-ACETYLVINNÉ A MONOACYLGLYCEROLY (DATEM) A PŘÍČLENĚNÉ EMULGÁTORY VE VÝROBĚ CHLEBA.....	41
5.1.1	Výroba DATEM.....	42
5.1.2	DATEM a jeho použití při výrobě pečiva	42
5.1.3	Užití DATEM během výroby a skladování pečiva	43
5.1.4	Výroba chleba.....	44
5.1.5	Interakce DATEM a škrobu	44
5.1.6	Interakce DATEM a bílkovin mouky.....	47
5.1.7	Interakce DATEM s tuky mouky	48
5.2	ESTERY SACHAROSY.....	48
5.2.1	Funkční vlastnosti esterů sacharosy	48
5.2.2	Interakce s bílkovinami (gluten, mléčné bílkoviny).....	49
5.2.3	Interakce se škrobem	50
5.2.4	Použití esterů sacharosy :	51
	ZÁVĚR	52
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	54
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	56
	SEZNAM OBRÁZKŮ	57
	SEZNAM TABULEK.....	58

ÚVOD

Povrchově aktivní látky (PAL) mají velmi široké uplatnění v praxi v mnoha průmyslových odvětvích jako je kosmetický průmysl, farmacie, ale hlavně v potravinářství.

Za povrchově aktivní látky považujeme látky amfifilního charakteru, které snižují již v nízkých koncentracích mezipovrchové napětí na rozhraní dvou nemísitelných fází, jako je např. voda a olej, a tím dochází ke zlepšení stability emulze. Jsou využívány jako emulgátory, smáčedla, detergenty a stabilizátory v systémech, které obsahují vedle sebe polární a napolární složky. Mezi nejvýznamnější přísady v potravinářském průmyslu patří zejména emulgátory. Modifikují fyzikálně chemické vlastnosti potravin před nežádoucími změnami a následně zlepšují, upravují jejich zpracovatelnost, trvanlivost apod.

Bílkoviny a sacharidy patří k nejrozšířenějším látkám v přírodě. Pro člověka jsou nepostradatelnou složkou potravin z hlediska výživové hodnoty. Ve stravě je podíl sacharidů doporučován ve výši 57-58% z celkového množství přijímané energie. Nejvýznamnější z polysacharidů je škrob, který je obsažen v mouce na výrobu pečiva. Škrob je nerozpustný ve vodě, pouze bobtná při přidavku povrchově aktivní látky dojde k přestavbě struktury a tím ke zlepšení chemických vlastností potravin.

Předkládaná práce je zaměřena na interakci PAL s bílkovinnými a sacharidickými složkami potravin. Hlavní pozornost je soustředěna na interakce ve výrobě pečiva s emulgátory firmy EFEMA.

1 POVRCHOVĚ AKTIVNÍ LÁTKY

1.1 Charakteristika PAL

PAL jsou látky, které snižují povrchovou, popř. mezifázovou energii a proto se samovolně koncentrují na fázovém rozhraní - jsou pozitivně adsorbovány.

PAL, nebo jinými slovy používanými v cizojazyčné literatuře tenzidy, surfactanty snižují napětí už v nízkých koncentracích.

Tyto sloučeniny mají schopnost ovlivňovat fotochemické reakce, jsou u nich pozorovány katalytické účinky i vlastnosti analogické vlastnostem biologických membrán (1,2,3).

V analytické chemii přítomnost povrchově aktivních látek příznivě ovlivňuje měřené parametry, což mnohdy vede k vypracování nových postupů a metod stanovení (4).

1.2 Struktura a vlastnosti PAL

- Tenzidy mění energetické poměry na fázovém rozhraní, což se projevuje snížením povrchového napětí kapalin v důsledku adsorpce tenzidu na fázovém rozhraní.
- Tenzidy mají asociační schopnosti, při určité tzv. kritické micelární koncentraci (KMK) jejich molekuly asociují za vzniku větších agregátů – micel.
- Tenzidy se vyznačují dispergační schopností, rozumíme tím např. emulgační a suspenzační vlastnosti.
- Základní vlastností tenzidů jsou dány jejich hydrofilně – hydrofobní strukturou s asymetrickým dipolárním charakterem.
- V molekule tenzidu je vždy lokalizována polární a nepolární část různého charakteru.
- Z uvedených základních vlastností tenzidů vyplývají další vlastnosti a účinky – detergenční, pěnicí, smáčecí, čistící nebo stabilizační (2,3,4).

1.3 Klasifikace PAL

PAL lze klasifikovat podle řady kritérií:

- charakteru hydrofilní složky
- hydrofilně lyofilní rovnováhy (HLB) v molekule PAL
- podle původu

Dělení tenzidů do jednotlivých skupin:

1.3.1 Podle charakteru hydrofilní složky se dělí PAL na :

1. Iontové - ve vodě disociují na příslušný povrchově aktivní iont a malý protiiont.

a) **anionické (anionaktivní)** – Aktivní složku tenzidů tvoří anionty, které mohou vytvářet ve vodných roztocích hydrofilní části molekul. Jejich hydrofobní část je tvořena uhlovodíkovým řetězcem mastné kyseliny, hydrofilní část pak může být tvořena disociovanou karboxylovou, sulfátovou a sulfonovou skupinou (5).

Anionaktivní tenzidy - jsou nejpoužívanější a nejrozšířenější. Patří mezi ně i nejstarší a dosud používané tenzidy - mýdla, což jsou sodné, draselné a někdy i amonné soli vyšších mastných nasycených i nenasycených kyselin. V kyselém prostředí ztrácejí mýdla povrchovou aktivitu v důsledku potlačení jejich disociace (6).

Tenzidy sulfátového, sulfonového typu- mají dobré smáčecí, pěnicí a detergenční účinky, nedráždí pokožku. Na rozdíl od mýdel jsou odolnější proti tvrdé vodě. Využití našli v kosmetice, prostředcích pro domácnost a pracích práscích (5,6).

b) **kationické (kationaktivní)** - Účinná složka je kation. Největší význam z kationtových tenzidů mají kvartérní amoniové a pyridinové sloučeniny, které obsahují v molekule alespoň jeden dlouhý hydrofobní řetězec. Protiiontem bývá nejčastěji halogen. Takové tenzidy

jsou používány jako dezinfekční činidla. Mají silně antimikrobní účinky. Na rozdíl od mýdel se dají použít i při mírně kyselém pH (5,6).

c) **amfolytické**- Ve vodě podle hodnoty pH získávají kladný nebo negativní náboj, také ale mohou být elektricky neutrální. Podobný charakter má i celá řada přírodních látek, jako např. saponiny. Jsou použitelná jak v kyselém tak zásaditém prostředí (5,6).

2.Neiontové (neionogenní) - nedisociují ve vodě, nemají výrazně lokalizovaný náboj hydrofilní skupiny - její polární část je zde dána například větším počtem kyslíkových atomů v molekule. Aby mohl být tenzid aplikovaný ve vodném prostředí, musí být hydrofilní část dostatečně polární a velká. Toho je dosaženo pomocí zabudování éterických můstků, hydroxyskupin skupin a apod. Jestliže není hydrofilní skupina dostatečně veliká, není tenzid rozpustný ve vodě. Významnou skupinu tvoří deriváty na bázi mono a diacylglycerolů. Tyto emulgátory mají nízké hodnoty HLB, jsou špatně rozpustné ve vodě, ale dobře rozpustné v oleji. Jsou využívány jako potravinářské emulgátory typu v/o (2,5,6).

1.3.2 Podle hydrofilně – lipofilní rovnováhy (HLB) v molekule PAL

Semiempirický způsob kvantitativního popisu schopnosti PAL stabilizovat určitý typ emulze. Hodnota HLB charakterizuje poměr vlivu hydrofilní a lipofilní části molekuly PAL na její vlastnosti. Je úměrná poměru rozpustností PAL ve vodné a v olejové fázi. Vysoké hodnoty HLB mají hydrofilní PAL s velkou rozpustností ve vodě, které obvykle dobře stabilizují emulze O/V, zatímco PAL s nízkou hodnotou HLB jsou málo rozpustné ve vodě a dobře stabilizují emulze typu V/O. Nejvyšší hodnoty HLB odpovídají PAL, které vytvářejí micely (2).

Podle HLB hodnot lze rozdělit tenzidy na:

- ❖ Emulgátory (HLB 2-6)
- ❖ Smáčedla (HLB 8-10)
- ❖ Detergenty (HLB 12-14)
- ❖ Solubizátory (HLB 16-18)

Hodnoty HLB mohou být počítány podle různých empirických vzorců a jsou vyjadřovány čísly v nastavitelných stupnicích. Nejčastěji je používán vztah založený na příspěvcích jednotlivých skupin v molekule (2). V tabulce č.I jsou uvedeny HLB čísla nejznámějších skupin.

$$\text{HLB} = 7 + \Sigma (\text{hydrofilní skupina čísel}) - \Sigma (\text{lipofilní skupina čísel})$$

Tab.č.I: Skupinová čísla byla přiřazena mnoha různým druhům hydrofilních a lipofilních skupin (2):

Hydrofilní skupina	Číslo	Lipofilní skupina	Číslo
-SO₄Na	38,7	-CH₂-	0,475
-COO⁻H⁺	21,2	-CH₃-	0,475
-COOH	2,1	-CH=	0,475
-OH	1,9		
-O-	1,3		
-(CH₂-CH₂-O)-	0,33		

1.3.3 Podle původu se rozeznávají :

- Přírodní – lecitin, parciální estery glycerolu
- Syntetické – ostatní emulgátory

1.4 Fyzikální a chemické vlastnosti PAL

1.4.1 Tvorba micel

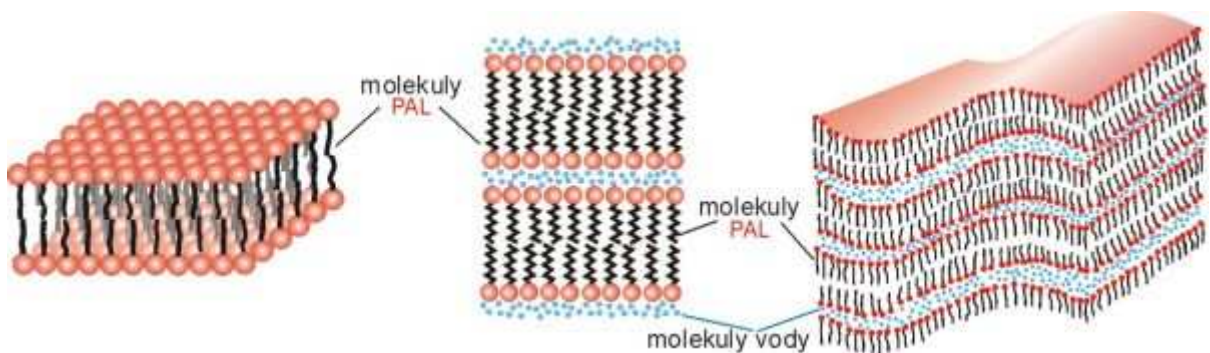
Při vzniku micely se molekuly PAL orientují svými hydrofilními částmi molekuly k molekulám vody, hydrofobní části se uzavírají uvnitř micely (viz.obr.č.1). Primární tvar micel při jejich vzniku je kulovitý, je-li ovšem dostatečná koncentrace molekul PAL v roztoku, dochází k dalšímu spojování molekul a původně kulovitá micela se tvarově mění v micely cylindrické či lamelární (viz.obr.č.2).

Micely mohou vznikat až od určité koncentrace PAL v roztoku. Aby tedy vznikla micela, musí být rozpustnost PAL vyšší než kritická micelární koncentrace (KMK). Některé PAL jsou však za laboratorní teploty málo rozpustné a koncentrace PAL v roztoku nedosahuje hodnoty KMK. Proto je u nich nutné zvýšením teploty zvýšit rozpustnost nutnou pro dosažení tvorby micel. Teplotu, při které rozpustnost PAL dosáhne KMK, označujeme jako *Krafftův bod T_k* . Při vzniku micel se velmi výrazně mění některé fyzikálně-chemické vlastnosti roztoku PAL. Změny jsou v podstatě dány přechodem původně analytické disperze na disperzi koloidní (5,6,7,8).

Obr. č.1: micela



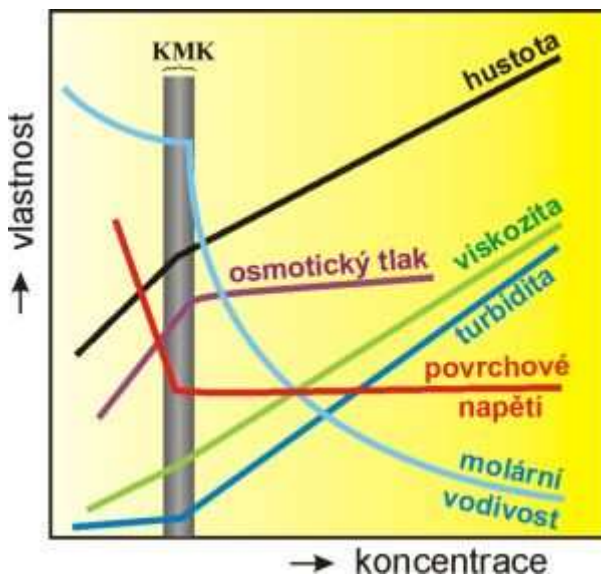
Obr. č. 2 : laminární micela



Kritická micelární koncentrace (KMK) - koncentrace tenzidu, při které začíná docházet k tvorbě micel. Je ovlivňována řadou faktorů jako je složení tenzidů, přítomnost elektrolytů, pH prostředí, teplota, přítomnost dalších tenzidů aj. (2).

Zjišťování hodnoty KMK

Při kritické micelární koncentraci se v důsledku vzniku micel mění směrnice koncentračních závislostí mnohých fyzikálně-chemických vlastností roztoků micelárních koloidů. Jak ukazuje obr. č.3, je tato změna zvláště výrazná u povrchového napětí, molární vodivosti, osmotického tlaku a turbidity. Hodnoty KMK stanovené z koncentračních závislostí různých veličin nemusí však být úplně shodné, protože vlastnosti systému jsou tvorbou micel ovlivňovány různým způsobem. (9,10,11)



KMK- kritická micelární
koncentrace

Obr.č.3: Fyzikální vlastnosti roztoků micelárních koloidů (2)

Charakteristika micel (9,11) :

- Změna povrchové aktivity roztoků za přítomnosti tenzidů je dána tendencí tenzidů shromažďovat se na povrchu mezifází
- Hydrofobní části molekul tenzidů se izolují od molekul rozpouštědla (molekul vody)
- Smáčecí účinek tenzidů je založen na spojování hydrofobních částic nečistot s hydrofobní částí tenzidů
- S rostoucí koncentrací tenzidů se v daném rozpouštědle začne projevovat difilnost molekul tenzidů *asociací* na větší částice
- V oblasti *kritické micelární koncentrace (KMK)* se z monomeru tenzidů tvoří agregáty - *micely*
- Agregační číslo N se zpravidla pohybuje v rozmezí 10 – 100

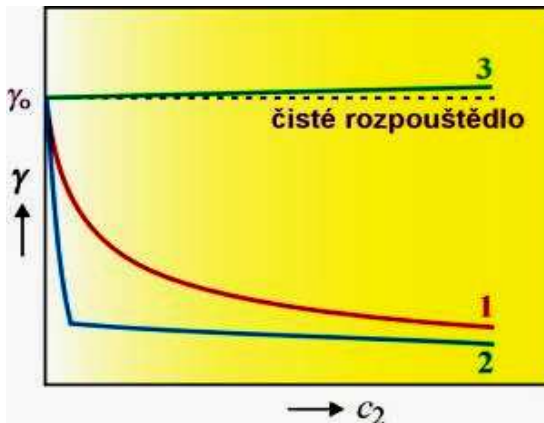
Agregační číslo (N) – je definováno jako počet molekul tenzidů podílejících se na struktuře micely.

1.4.2 Povrchové napětí kapalin

Síla, která působí ve směru tečny k povrchu na úsečku jednotkové délky, tedy mezifázové napětí v systémech kapalina/plyn. Rozměr této veličiny v SI soustavě, označované symbolem γ , popř. σ , je N m^{-1} ; častěji se používá jednotky tisíckrát menší, mN m^{-1} . Povrchové napětí kapaliny je číselně i rozměrově rovno povrchové energii. Je to veličina jednoznačně definovaná, dobře měřitelná (2).

1.4.3 Povrchové napětí roztoku

Zatímco u čistých kapalin se téměř okamžitě ustanoví rovnovážná hodnota povrchového napětí (viz. obr. č. 4), u roztoků se povrchové napětí povrchů liší od povrchového napětí rovnovážných systémů, protože složení nově vzniklého a rovnovážného povrchu jsou různá vzhledem k tomu, že dochází k adsorpci na fázovém rozhraní. Povrchové napětí roztoků se mění s jejich koncentrací (8,9,10).



- 1 povrchově aktivních látek,
 2 vysoce povrchově aktivních látek,
 3 povrchově inaktivních látek
 γ povrchové napětí
 c koncentrace látky

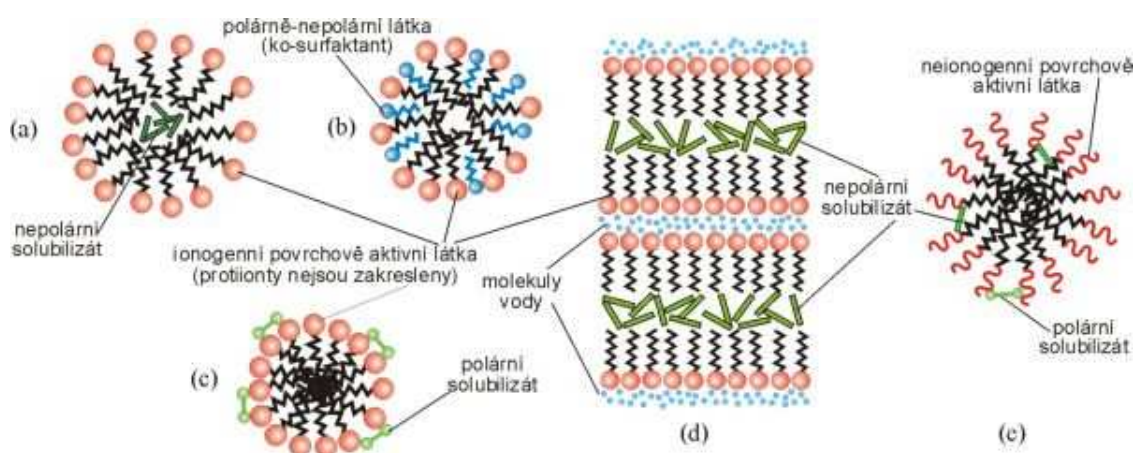
Obr.č. 4 Koncentrační závislost povrchového napětí roztoků (2)

1.5 Technické vlastnosti PAL

1.5.1 Solubilizace

Solubilizace je schopnost PAL rozpouštět látky, které jsou v čistém rozpouštědle nerozpustné. Mechanismus solubilizace spočívá v tom, že PAL uzavřou do sebe nerozpustné částice látky (znázorněno na obr.č.5).

V systémech s nepolárním prostředím, kde vznikají micely s hydrofilním jádrem a hydrofobním povrchem dochází k tzv. *obrácené solubilizaci*. Toto koloidní rozpouštění vody v oleji v přítomnosti PAL se významně uplatňuje v potravinářském průmyslu (9).

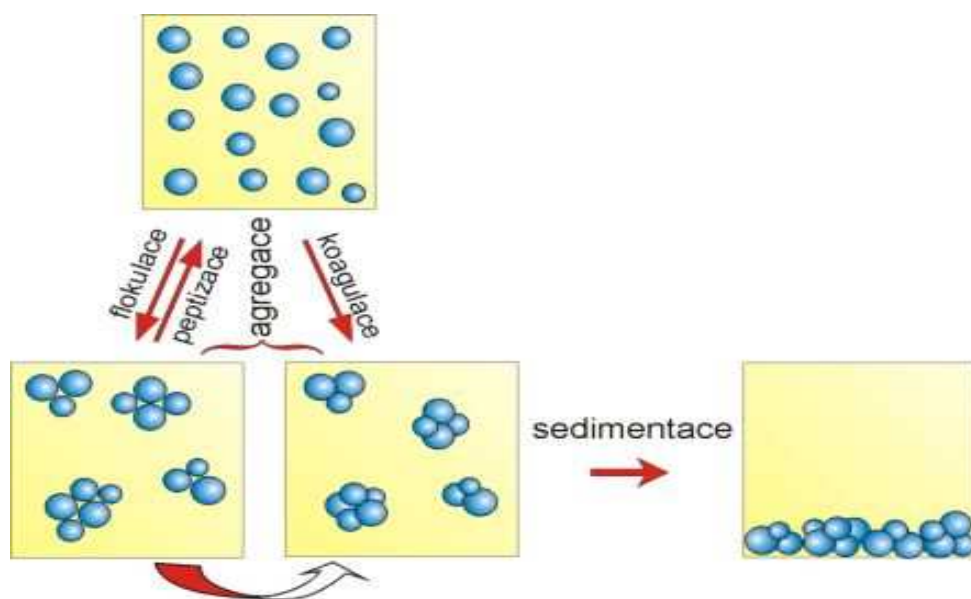


Obr. č. 5: Přímá solubilizace (a) nepolárních látek, (b) polárně-nepolárních látek, (c) polárních látek v malých ionogenních micelách, (d) nepolárních látek v McBainových micelách, (e) nepolárních a polárních látek v neionogenních miscelách (2).

1.5.2 Dispergace

Rozptýlení pevné látky v kapalině ve formě koloidních částic. Částice dispergované látky mají tendenci se shlukovat ve větší částice, tento proces se nazývá agregace = flokulace=koagulace. (znázorněno na obr.6)

Účinnost dispergace se stanovuje přímo – mikroskopickým měřením velikostí částic, objem sedimentu za určitý čas a definovaných podmínkách nebo pomocí rychlosti sedimentace (9).



Obr. č. 6: Agregace disperzních částic (11)

1.5.3 Emulgační vlastnosti

Emulze jsou heterogenní disperze, v níž jsou disperzní podíl i disperzní prostředí kapalné. Kapaliny, které spolu vytvářejí emulzi, musí být navzájem nemísitelné nebo omezeně mísitelné. Velikost kapek u emulzí ($0,1 - 10 \mu\text{m}$) často přesahuje koloidní rozměry, filmy mezi kapkami mohou být koloidních rozměrů (2,4).

Klasifikace emulzí

- podle *polárnosti disperzního podílu a prostředí*
 - *emulze přímé* (prvního druhu), označované jako O/V (olej ve vodě), ve kterých je disperzním prostředím polárnější kapalina (obvykle voda nebo vodný roztok)
(O značí nepolární fázi bez ohledu na to, zda je olejovitě konzistence či nikoliv, V polárnější kapalinu)
 - *emulze obrácené* (druhého druhu), označované jako emulze V/O (voda v oleji), jejichž disperzním prostředím je méně polární kapalina (2,4)

V tabulce č.II jsou vypsána nejznámější smáčedla použitá na výrobu potravinových emulzí.

Tab.č.II: Smáčedla použité v potravinových emulzích (8) :

Chemický název	EU číslo	Rozpustnost
<i>Iontové</i>		
Lecitin	E322	Olej ve vodě
SOLI MASTNÝCH KYSELIN	E470	Olej ve vodě
Diacetylvinné estery monoacylglycerolů	E472e	Voda
<i>Neiontové</i>		
Monoacylglyceroly	E471	Olej
Estery glukosy	E473	Olej ve vodě

Stabilita emulzí

Stabilizace je zabezpečena pomocí **emulgátoru**. V koncentrovaných emulzích, kde stabilizace kapek pouhým elektrickým nábojem nepostačuje, je třeba životnost emulzí zajistit přidáním vhodné třetí složky. Emulgátor vytváří na povrchu kapek ochrannou vrstvu, která při tepelné nebo sedimentační srážce dvou kapek zabrání jejich koalescenci, to znamená, že nedojde ke splývání částic ve větší celky (2,3,4).

Musí proto splňovat tyto požadavky:

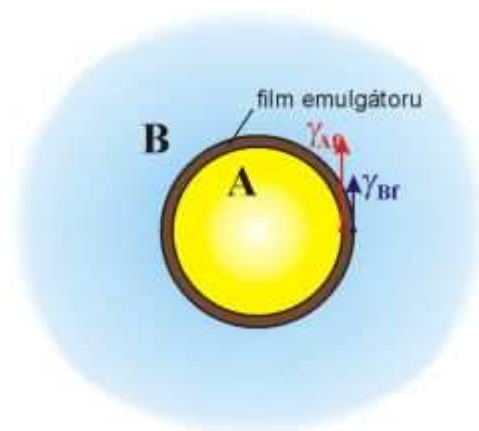
- hromadit se na rozhraní obou fází;
- vytvářet na rozhraní soudržný, elastický film, který však nejeví adhezi k filmům vytvořeným okolo jiných kapiček (2,3,4).

1.6 Emulgátor

Látka, která umožňuje vznik emulze a emulzi stabilizuje tím, že :

- zmenšuje energii potřebnou na tvorbu kapek, tj. snižuje mezifázové napětí,
- zabraňuje nebo zpomaluje zánik kapek, tj. separaci na makrofáze tím, že na fázovém rozhraní vytváří film nebo bariéru, která brání kapkám ve flokulaci a koalescenci.

Vhodnými emulgátory jsou tedy látky schopné gelace nebo asociace ve velké micely. Schéma emulgátoru je znázorněno na obr.č.7. Ve vznikajících filmech jsou vázány dostatečně velkými mezimolekulárními silami, které jim dodají potřebnou soudržnost a pevnost. Patří sem i práškovité, nerozpustné látky, jejichž částice jsou schopny vytvořit kolem kapek dostatečně pevný obal. Částice prášku musí mít správný stupeň disperzity, příliš těžké klesají z rozhraní vlivem gravitačního pole, příliš malé částice opouštějí rozhraní působením tepelného pohybu (2,5,9).



Obr.č. 7: Schéma fázového rozhraní vnitřní fáze A / film emulgátoru / vnější fáze B (2)

Používané emulgátory lze tedy zařadit do jedné ze tří skupin:

- *Asociativní (micelární) koloidy*, tj. mýdla a smáčedla (soli vyšších mastných kyselin - alkalické, rozpustné ve vodě, soli vícemocných kovů a stříbra, ve vodě nerozpustné, ale rozpustné v nepolárních kapalinách, alifatické sulfonové kyseliny).
- *Makromolekulární koloidy* - hydrofilní (proteiny, polysacharidy) i rozpustné v nepolárních rozpouštědlech (kaučuk, asfalt).
- *Jemné nerozpustné prášky*, částečně smáčené oběma fázemi; hydrofilní, více smáčené vodou (alkalické sírany železa, mědi, niklu, síran olovnatý, oxid železitý, hlinitokřemičitany) a hydrofobní (saze, uhelný prach, PbS, HgS, AgI, HgI₂) (6,9).

1.7 Potravinářské emulgátory

Potravinářské emulgátory jsou z velké většiny neionizované. Patří k nim estery mastných kyselin a glycerolu, sorbitanu, sacharozy a hydroxykyselin.

V moukách působí jako kondicionéry změkčující kůrku pečiva, v cukrovinkách jako modifikátory krystalizace tuků a mají i další prospěšné vlastnosti.

1.7.1 Estery glycerolu a jejich deriváty

Mezi nejběžnější potravinářské emulgátory patří parciální estery glycerolu, tj. monoacylglyceroly a diacylglyceroly.

Při skladování za zvýšené teploty a zejména při záhřevu se mohou monoacylglyceroly přemýkovat na diacylglyceroly a volný glycerol.

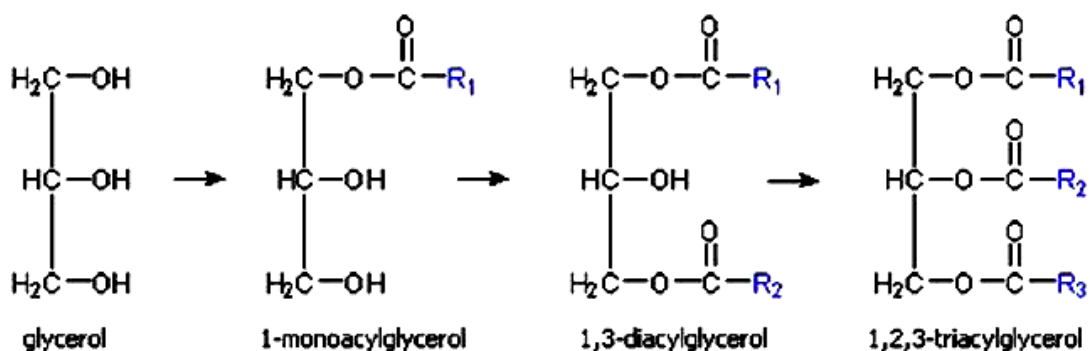
Protože jsou monoacylglyceroly poměrně málo polární, zvyšuje se jejich emulgační schopnost účinností přídavkem fosfolipidů nebo bílkovin.

V monoacylglycerolech jsou často vázány nasycené mastné kyseliny, hlavně kyselina palmitová a stearová. Pro některé účely se osvědčily i nenasycené deriváty, hlavně estery

kyseliny olejové, směsi kyselin z rostlinných olejů, živočišných tuků. Nevýhodou nenasycených derivátů je jejich pomalá oxidace, čímž se zhoršuje emulgační schopnost.

Zlepšení emulgační schopnosti se dosáhne pomocí esterifikace různými kyselinami např. kyselinou mléčnou, citrónovou a vinnou (3).

Schéma vzniku acylglycerolů:



1.7.2 Estery sacharosy

Speciální skupinou emulgátorů jsou estery vyšších mastných kyselin se sacharosu. Připraví se esterifikací sacharosy s mastnými kyselinami v prostředí dimethylformamidu nebo dimethylsulfoxidu za přítomnosti alkalických katalyzátorů. Nejběžnější jsou monoestery sacharosy, které jsou rozpustné ve vodě a patří k silně polárním emulgátorům. Používají se do mražených krémů. Záhřevem se monoestery sacharosy snadno štěpí a rozkládají na barevné karamelizační produkty (3).

1.7.3 Estery mastných kyselin s hydroxykyselinami

Mastné kyseliny se mohou esterifikovat hydroxykyselinami, nichž nejběžnější je mléčná kyselina. A to za vzniku monoesteru, který další reakcí s mléčnou kyselinou poskytně diester. Diester může z mastné kyseliny vzniknout přímo reakcí s laktidem. Dalšími reakcemi se mohou tvořit emulgátory, v nichž připadá na jednu molekulu mastné kyseliny i větší počet molekul kyseliny mléčné. Estery kyseliny mléčné se převádějí na sodné nebo vápenné soli. Tím se stávají velmi polárními a účinnými anionaktivními emulgátory (3).

1.7.4 Lecitin a jeho deriváty

Název lecitin se používá pro sloučeninu fosfatidylcholinu (1,2-diacyl-*sn*-glycero-3-fosfatidylcholin) i pro směs přírodních fosfolipidů používaných jako emulgátory.

Hlavním zdrojem lecitinu je surový sojový olej, při jehož rafinaci se lecitin získává. Méně významnými zdroji jsou další rostlinné oleje a vejce.

Hlavní složkou sojového lecitinu je fosfatidylcholin, fosfatidylserin a fosfatidylinositol.

Lecitinové preparáty se modifikují chemicky tak, aby se získaly produkty s jinými funkčními vlastnostmi (4).

1.8 Stanovení potravinářských emulgátorů

Ke stanovení potravinářských emulgátorů se většinou používají chromatografické techniky. Nejčastěji je to sloupcová kapalinová chromatografie (klasická nebo vysokotlaká) nebo tenkovrstvá chromatografie.

Některé emulgátory, např. monoacylglyceroly, lze převést na těkavé deriváty a stanovit pak jejich složení plynovou chromatografií (3).

2 BÍLKOVINY

2.1 Charakteristika bílkovin

Bílkoviny jsou nejrozšířenější biopolymery v živočišné říši, nazývající se též proteiny, jejichž kostru tvoří polypeptidový řetězec, obsahující obvykle 100 – 2 000 aminokyselinových zbytků. Peptidový řetězec vzniká spojením aminokyselinových zbytků peptidovými vazbami. První aminokyselina má v bílkovině volnou primární aminoskupinu a poslední volnou karboxylovou skupinu; tyto konce označujeme jako N-konec a C-konec a aminokyselinu na N-konci považujeme za první a aminokyselinu na C-konci za poslední (n-tou).

Kromě peptidových vazeb se na utváření struktury proteinů podílejí ještě jiné vazby, zejména disulfidové (-S-S-), esterové a amidové.

Pořadí (sekvence) a počet jednotlivých aminokyselinových zbytků v řetězci jsou pro každý protein specifické, determinované genovou výbavou buněk.

Všechny proteiny v naší biosféře mají stejnou základní stavbu a liší se jen pořadím převážně 20 kódovaných aminokyselin jako stavebních jednotek.

U různých proteinů nacházíme velmi často úseky se shodným pořadím aminokyselin, potom mluvíme o tzv. *homologových* sekvencích příkladem mohou být *proteinasy* trávicího traktu - trypsin, chymotrypsin (2,12).

2.2 Stručná charakteristika kódovaných aminokyselin :

Jsou to karboxylové kyseliny s primární aminoskupinou (-NH₂) nejčastěji vázanou na na C_α, tj. takovém uhlíku, který sousedí s karboxylovou skupinou (-COOH) (12).

Podle struktury lze aminokyseliny rozdělit :

- alifatické aminokyseliny
- aromatické aminokyseliny
- heterocyklické aminokyseliny

2.3 Dělení bílkovin (12) :

- podle struktury
- podle původu
- podle biologické funkce, kterou vykonávají v biologických systémech
- podle výživové hodnoty
- podle stavu v jakém se bílkoviny nacházejí v potravinách

2.3.1 Dělení podle struktury :

- **Jednoduché** - neobsahující kromě aminokyselinových zbytků v polypeptidovém řetězci žádné další pevně navázané molekuly, skupiny či ionty.

Jednoduché bílkoviny se dále dělí na **globulární** a **fibriální**.

- **Globulární** – jsou rozpustné ve vodě nebo zředěných roztocích solí a tvoří koloidní roztoky.
- **Fibriální**- jedná se o prakticky nerozpustné strukturní bílkoviny.

- **Složené** - též konjugované, obsahují kromě peptidového řetězce i nepeptidové složky. Složené proteiny dělíme na :

- **Nukleoproteiny** - mají esterově vázané nukleové kyseliny a nukleotidy (např.chromatin)
- **Lipoproteidy** - molekuly bílkovin jsou konjugované s neutrálními lipidy (např.fosfolipidy, steroly).
- **Glykoproteidy** - bývají navázány oligosacharidy (např. kolagen)
- **Fosfoproteidy** - váží kyselinu fosforečnou (např. kaseiny mléka, fosvitin vaječného žloutku)
- **Chromoproteidy** - váží na sebe deriváty porfyrinu a lavinu (např. hemoglobin, myoglobin, patří sem i pigmenty kůže a vlasů).
- **Metaloproteiny** - v molekule jsou vázány některé kovy (např.transferrin (Fe)) (12)

2.3.2 Rozdělení podle původu :

- Živočišné bílkoviny

Jsou obsaženy především v mléce a mléčných výrobcích, mase a vejcích.

- Rostlinné bílkoviny

V rostlinách jsou bílkoviny obsaženy především v luštěninách, obilovinách.

2.3.3 Dělení podle biologické funkce, kterou vykonávají v biologických systémech :

- **Strukturní** - jsou složkami všech živých buněčných struktur. Patří sem fibrilární proteiny jako jsou keratiny, kolageny a elastiny, které dávají tkáním mechanickou pevnost a pružnost.
- **Katalytické** - patří sem zejména enzymy.
- **Transportní** – umožňují specifický transport látek přes membrány. Nejznámější je protein schopný přenášet látky endogenního a exogenního původu je protein krevní plasmy *serumalbumin*.
- **Pohybové** - řadí se sem proteiny svalových vláken *aktin*, *myosin*.
- **Obranné**- mají význam ochranný. Jedná se o znaky některých krevních skupin.
- **Zásobní**
- **Senzorické**
- **Regulační** – plní funkci regulaci a jsou to histony, hormony. Příkladem těchto hormonů je *inzulin*, *růstový hormon* a *parathyrin* (12).

2.3.4 Klasifikace proteinů dle výživové hodnoty (12) :

- **Plnohodnotné** - obsahují všechny esenciální aminokyseliny v množství potřebném pro výživu (vaječná bílkovina)
- **Téměř plnohodnotné** – některé esenciální aminokyseliny jsou v nedostatečném množství (živočišné svalové proteiny a bílkovina mléka)
- **Nepлноhodnotné** - jsou zde nedostatkové esenciální aminokyseliny (veškeré rostlinné proteiny, proteiny živočišných pojivových tkání)

2.4 Struktura proteinů (2,3,9,12)

Primární struktura - dává údaje o kovalentní struktuře bílkovin. Popisuje počet a pořadí aminokyselinových zbytků v řetězcích. Primární struktura proteinů je dána sledem aminokyselinových zbytků v molekule proteinu, které jsou specificky kódovány pořadím nukleotidů v DNA a nemění se ani s denaturací proteinu.

Sekundární struktura – charakterizuje prostorové uspořádání atomů (konformaci) v hlavním polypeptidovém řetězci.

Sekundární struktury lze rozdělit do dvou základních typů:

- pravidelné - nejvýznamnější jsou **helikální struktury** vzniklé stočením řetězce kolem atomů c_{α} do pravotočivé nebo levotočivé šroubovice čili helixu. Další běžná struktura proteinů jsou potom β -struktury tzv. skládaný list - vznikají spojením dvou paralelně nebo antiparalelně orientovaných řetězců.

- nepravidelné - vyvolávají je nepravidelně vytvořené vodíkové můstky nebo sterické vlivy jiných částí molekuly. Příkladem může být β -ohyb, kde se mění směr hlavního řetězce o 180° .

Terciární struktura - určuje celkovou konformaci polypeptidového řetězce a prostorové uspořádání postranních řetězců. Terciální struktura je výsledkem stabilizujících interakcí mezi postranními řetězci úseků s různou sekundární strukturou.

Kvartérní struktura – jen některé molekuly proteinů tvoří i kvarterní strukturu. Jsou složeny z několika nezávislých globulárních podjednotek tzv. protomerů. Tyto podjednotky jsou vázány v oligomerní proteiny pouze nekovalentními vazbami. Kvarterní strukturou se rozumí počet a prostorové uspořádání podjednotek v oligomerní molekule.

2.5 Proteiny nacházející se v potravinách

2.5.1 Bílkoviny mléka

Mléko je složitý disperzní systém, kde kaseinové molekuly tvoří micelární disperze, globulární bílkoviny syrovátky koloidní disperze.

Bílkoviny mléka tvoří dva hlavní typy proteinů :

Kasein, který se po vysrážení z mléka označuje jako tvaroh (80% z celkového proteinu). Syrovátkové proteiny, také nazývané bílkoviny mléčného séra (20% z celkového proteinu).

Hlavní složkou kaseinové frakce mléka jsou α -kaseiny. V kravském mléce se tedy vyskytují nejvíce α_1 -kaseiny a α_2 -kaseiny. V přítomnosti Ca^{2+} iontů tvoří kasein α_1 nerozpustnou vápenatou sůl, kaseiny α_2 nejsou tak citlivé k přítomnosti Ca^{2+} iontů jako α_1 .

Polární části molekul kaseinů, tzn. fosfoserinové zbytky molekul α -kaseinů a β -kaseinů a threoninový zbytek s vázanými oligosacharidy v molekule κ -kaseinů, interagují s vápenatými ionty a vodou. Typickou vlastností kaseinu je jeho srážení při poklesu pH pod 4,6. Po oddělení tvarohu zbude tekutina, které se říká syrovátka (mléčné sérum). Syrovátkové proteiny se v kyselém prostředí nesrážejí. K jejich oddělení od roztoku syrovátky dochází koagulací (srážením) při teplotě blízké 100°C po dobu několika minut. Při zavařování mléka tak vzniká typický produkt nazývaný škráloup.

Syrovátkové proteiny tvoří asi z poloviny globulární protein **β -laktoglobulin**, jehož polypeptidový řetězec je tvořen 162 aminokyselinami. Při záhřevu nevratně denaturuje. Minoritními proteiny jsou vysokomolekulární globulární glykoproteidy, **imunoglobuliny** s účinností protilátek. Významným proteinem syrovátky je α -laktalbumin, který má biologickou funkci jako součást některých enzymů. V menším množství je v syrovátce zastoupen sérový albumin. Syrovátka se využívá jako surovina např. k výrobě galaktosy a dalších cukrů a ke krmení hospodářských zvířat (12,13).

2.5.2 Bílkoviny masa

Nejdokonalejší pohybovou strukturou je svalové vlákno, které je považováno za základní jednotku kosterních svalů. Každé vlákno je vlastně svalová buňka obsahující až 200 jader. Cytoplasmatická membrána přenášející elektrické impulsy z nervů se nazývá **sarkolema**. Cytoplasma je nazývána sarkoplasma. Jednotlivé svalové buňky obsahují kontraktilní elementy myofibrily, které jsou v podstatě svazky proteinů nacházející se v sarkoplasmě. Myofibrily jsou složeny ze dvou typů proteinových mikrofilamentů. Silnější mikrovlákná jsou tvořena proteinem **myosinem**, který vykazuje ATPasovou aktivitu a je tedy současně enzymem. Tenká vlákna tvoří převážně **aktin**. Další součástí mikrofilament jsou proteiny **tropomyosin, troponin**.

Molekuly aktinu a myosinu jsou schopny ve svalech asociovat na komplexní protein **aktomyosin**. Tuto asociaci způsobují vápenaté ionty a jejich disociaci ATP. Jedná se o pochod umožňující činnost svalů (4,12,14,15).

2.5.3 Rostlinné bílkoviny

Zdrojem rostlinných bílkovin v potravě člověka jsou semena rostlin. Jako omezené zdroje mohou sloužit plody, listy, hlízy a bulvy. Jejich výživová hodnota bývá poměrně nízká, u všech schází některá esenciální aminokyselina. Jedním z nejvýznamnějších zdrojů rostlinných bílkovin jsou obiloviny, v první řadě pšenice, ječmen, rýže a žito. Obsah proteinů v mouce závisí na jejím vymletí a na odrůdě a druhu rostliny. Tmavé celozrnné mouky mají vyšší obsah proteinů než bílé (4,12).

Základními bílkovinami obilovin jsou:

-albuminy, globuliny, gliadiny a gluteliny

2.5.4 Bílkoviny vejce

Z celkového množství proteinů vajec představují proteiny bílku 53% a proteiny žloutku 47%.

Proteiny vaječného bílku se řadí mezi globuliny, glykoproteiny a fosfoproteiny. Některé z nich vykazují i biologické aktivity. Příkladem může být lysozym vykazující aktivitu enzymu N-acetylmuramidasy, což znamená, že hydrolyzuje buněčnou stěnu gram pozitivních bakterií, které obsahují jako stavební látku peptidoglykan murein. Flavoprotein váže riboflavin, avidin váže biotin, ovomukoid spolu s ovoinhibitorem jsou inhibitory proteas. Glykoproteiny obsahují různé oligosacharidy složené z galaktosy, mannosy nebo galaktosaminu. Hlavní protein bílku představuje skupina příbuzných sloučenin označovaná jako ovoalbumin A. Pro stabilitu šlehaného bílku mají význam především ovoglobuliny G_{2,3}. Konalbumin vykazuje antimikrobní účinky. Ovomukoid a ovomucin jsou proteiny zodpovědné za viskozitu a gelovitou konzistenci bílku. Nativní ovoinhibitor má antinutriční účinky, protože inhibuje činnost některých proteas. Dalším antinutričním proteinem bílku je avidin obsahující čtyři stejné podjednotky vážící na sebe molekuly biotinu do nevyužitelného komplexu. Denaturovaný avidin však s biotinem nereaguje.

Vaječný žloutek je po fyzikální stránce emulze tuku ve vodě, jejíž sušina je tvořena

z jedné třetiny proteiny a ze dvou třetin lipidy.

Obsahuje různě velké:

- kapky tuku (20 až 40 μm), které jsou obalené lipoproteinovou membránou tvořenou převážně lipoproteiny LDL a HDL
- granule (1 až 1,5 μm) skládající se z proteinů, lipidů a minerálních látek
- a dále plasmu

Proteiny vaječného žloutku jsou glykoproteiny, lipoproteiny, glykofosfoproteiny a glykofosfolipoproteiny. Nejdůležitější jsou lipoproteiny HDL nazývané **lipovitellin**. Ve žloutku tvoří komplexy s fosvitinem, který je glykofosfoproteinem. Fosvitin váže velmi dobře do komplexů kovové ionty. *Lipovitellenin* jsou lipoproteiny typu LDL, *livetin* je ve vodě rozpustná frakce globulárních proteinů α -, β -, γ -livetinu (4,12,14,15).

2.6 Důkazy bílkovin

Bílkoviny se nejčastěji dokazují srážecími a barevnými reakcemi v potravinách (2,3,4).

2.6.1 Srážecí reakce

Zpravidla se dělí na dvě skupiny:

- reverzibilní (vratné) reakce, při nichž nenastávají v molekule bílkoviny podstatnější změny, vysrážené bílkoviny se mohou znovu rozpustit v původním rozpouštědle, do této skupiny patří vysolování bílkovin některými solemi, např. MgSO_4 , Na_2SO_4 .
- ireverzibilní (nevratné) reakce, při nichž jsou vysrážené bílkoviny částečně pozměněny, takže se nemohou rozpustit v původním rozpouštědle, do této skupiny patří srážení solemi těžkých kovů (Pb, Cu, Hg), organickými a anorganickými kyselinami, popř. teplem.

2.6.2 Barevné reakce

Jde zpravidla o reakce některých aminokyselin, které jsou přítomny v molekule bílkoviny, s příslušnými činidly.

3 SACHARIDY A LIPIDY

3.1 Sacharidy

Sacharidy neboli cukry (starším názvem uhlovodany nebo karbohydráty) jsou nízkomolekulární i vysokomolekulární látky vyskytující se v každém organismu a plnící především funkce nutritivní (tedy vyživovací). Fungují především jako palivo a jsou tedy zdrojem energie. A to velice rychlým zdrojem, ovšem s nesrovnatelně nižší energetickou hodnotou než tuky. Jejich nevýhodou je, že se dají poměrně špatně skladovat (jediná zásobní látka je polysacharid glykogen – hlavně ve svalech a játrech). Právě protože jsou jejich rezervy tak malé a rychle se spotřebují, je třeba je při fyzických výkonech sacharidy dodávat (12,14,16).

3.1.1 Sacharidy jsou v těle důležité jako (12) :

- Okamžitý zdroj potřebného množství energie
- zásobárna energie ve formě glykogenu
- stavební prvek pojivových tkání (chrupavky, vazy)

3.1.2 Charakteristika sacharidů

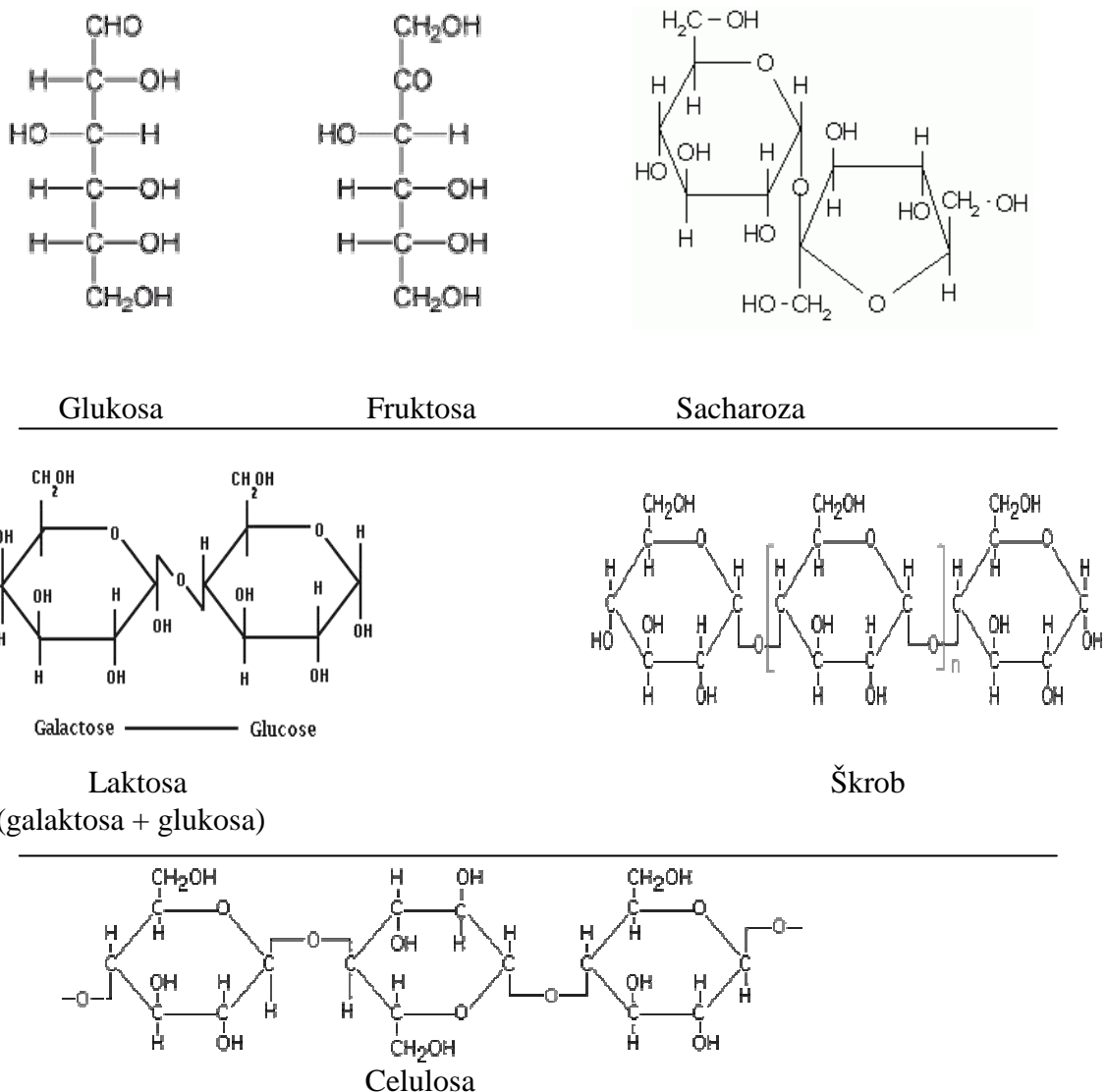
Názvem sacharidy se označují polyhydroxyaldehydy a polyhydroxyketony, které obsahují minimálně tři alifaticky vázané uhlíkové atomy a také sloučeniny, které se z nich tvoří vzájemnou kondenzací za vzniku glykosidových vazeb (12).

Sacharidy rozdělujeme zpravidla do 4 skupin:

- ❖ **monosacharidy** (jednoduché cukry, triosy - heptosy) příkladem monosacharidů je D-glukosa nazývaný jako cukr hroznový, dále D- fruktosa označovaný za cukr ovocný. Tyto cukry už tedy nelze dále štěpit a člověk z nich získává energii ihned (12,14,16).

- ❖ **oligosacharidy** (2 až 10 vázaných monosacharidů, nejběžnější jsou disacharidy).
Příkladem je sacharosa tzv. třtinový cukr, laktosa vyskytující se v mléce savců a proto je označován jako cukr mléčný (12).
- ❖ **polysacharidy** (stovky až tisíce monosacharidů spojených glykosidovými vazbami). Příkladem polysacharidů je celulóza, škrob a glykogen. Největší význam pro technologii má **škrob**. Škrob je směs dvou polysacharidů amylosy a amylopektinu. V cytoplasmě je uložen ve formě nerozpustných granulí (12,14).
- ❖ **heteroglykosidy** (obsahují i necukernou složku- aglykon). Příkladem těchto sacharidů je látka odvozená od fenolu, obsažená ve vanilce zvaná glukovanilin (12).

Nejznámější příklady sacharidů a jejich vzorce:



3.2 Lipidy

Lipidy jsou přírodní látky živočišného i rostlinného původu. Jsou to látky chemicky nesořené, lišící se strukturou, základním společným znakem je dlouhý nepolární uhlovdíkový řetězec, které dodávají lipidům hydrofobní olejovou nebo voskovou povahu. Ve výživě člověka jsou lipidy nepostradatelnou součástí tvořící jednu z hlavních živin člověka pro zdravý vývoj. Hlavní stavební složky tvoří vyšší mastné kyseliny o více než třech atomech uhlíku v molekule, dusíkaté báze (cholin, ethanolamin, serin), alkohol glycerol nebo sfingosin a esterově vázaná kyselina fosforečná. Jsou omezeně rozpustné ve vodě a naopak dobře rozpustné v organických rozpouštědlech. Lipidy jsou energeticky velmi bohaté (1 gram tuku obsahuje 39 kJ = 9 kcal.) V organismu proto velice často slouží jako zdroj a zásoba energie. Nejvýznamnějšími lipidy jsou tuky, vosky, fosfolipidy, lecitiny, glykolipidy (obsahují sacharidy), sulfatidy (obsahují síru) a některé isoprenoidy (cholesterol a vitamin A) (2,12,14).

3.2.1 Dělení lipidů :

Podle chemického složení (12) dělíme lipidy na:

- Homolipidy - sloučeniny mastných kyselin a alkoholů, které se dělí podle navázaného alkoholu.
- Heterolipidy – lipidy, které ve své molekule kromě mastné kyseliny a alkoholu obsahují další kovalentně vázané sloučeniny, jako např. kyselina fosforečná a D-galaktosa. Příkladem heterolipidů jsou fosfolipidy, glykolipidy.
- Komplexní lipidy – obsahují homolipidy i heterolipidy, ale kromě kovalentních vazeb se zde vyskytují také složky vázané pomocí vodíkových vazeb nebo pomocí hydrofobních interakcí.
- Doprovodné látky lipidů - označovány termínem "lipoidy". Patří sem zejména: uhlovodíky a alifatické alkoholy, steroidy, lipofilní barviva a vitaminy.

3.2.2 Funkce lipidů (12,14) :

- Reservní funkce - lipidy mají nejvyšší obsah vodíku a jsou tedy energeticky nejbohatší surovinou pro náš organismus.
- Stavební funkce - lipidy polárního charakteru tvoří spontánně micely, mono- a dvouvrstvy, které jsou strukturním jádrem biomembrán. Jsou též důležité pro přenos podmětů v nervové tkáni.
- Ochranná - lipidy obalují některé tělní orgány jako jsou ledviny a chrání je před mechanickým poškozením; velkou úlohu hrají tuky při tepelné izolaci; významnými ochrannými lipidy jsou vosky, které nacházíme na peří, srsti, kůži a listech.

3.2.3 Mastné kyseliny

Jako mastné kyseliny se v biochemii označují vyšší monokarboxylové kyseliny. Mastné kyseliny mají alespoň 4 uhlíkových atomů. Mastné kyseliny se vyskytují hlavně jako estery v přírodních tucích a olejích, ale mohou být přítomny i v neesterifikované formě jako volné, kdy jsou transportní formou přítomnou v krevní plasmě (12).

První je izoloval roku 1818 francouzský chemik M. E. Chevreul (14).

3.2.3.1 Struktura a názvosloví kyselin

Nejčastěji používané systematické názvosloví pojmenovává mastné kyseliny podle uhlovodíků se stejným počtem atomů. K názvu uhlovodíku se připojí koncovka – *ová* a podstatné jméno *kyselina*.

Mastné kyseliny rozdělujeme na:

➤ **Nasyčené mastné kyseliny**

Jsou to karboxylové kyseliny s dlouhými alifatickými uhlovodíkovými řetězci. Zvláště v živočišných tucích je velké množství nasycených mastných kyselin jako energetická rezerva. Obsahují 4 až 60 atomů uhlíku a zpravidla rovný nerozvětvený řetězec (12).

Příklady nasycených mastných kyselin:

- Kyselina palmitová ($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$)
- Kyselina stearová ($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$)

➤ **Nenasycené mastné kyseliny s jednou dvojnou vazbou (monoenové)**

Monoenové mastné kyseliny obsahují ve svém řetězci jednu dvojnou vazbu, většina nenasycených mastných kyselin se vyskytuje v konfiguraci *cis*. Trans izomery se vyskytují hlavně ve ztužených tucích a ve velmi malém množství v tuku přežvýkavců (12).

Příklady monoenových mastných kyselin:

- Kyselina olejová -cis izomer ($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$)
- Kyselina elaidová – trans izomer ($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$)

Cis - mononenasyčené kyseliny zrychlují odbourávání lipoproteinů LDL, snižují tak hladinu cholesterolu v krvi. Naproti tomu transmastné kyseliny prokazatelně hladinu cholesterolu zvyšují a zvyšují tak riziko arterosklerózy.

➤ **Nenasycené mastné kyseliny s několika dvojnými vazbami (polyenové)**

Polyenové mastné kyseliny, mají v řetězci více než jednu dvojnou vazbu. Patří mezi ně i tzv.esenciální mastné kyseliny, které je nutno přijímat potravou. Esenciální mastné kyseliny jsou nutným substrátem pro syntézu prostaglandinů a dalších biologicky aktivních látek (13).

Příklady polynenasycených mastných kyselin:

- Kyselina linolová – esenciální
- Kyselina γ - linolenová -esenciální
- Kyselina α – linolenová -esenciální
- Kyselina arachidonová – esenciální

Polenové mastné kyseliny snižují množství LDL v krvi a tak pomáhají snižovat hladinu cholesterolu (12,14).

Charakteristika LDL a HDL cholesterol

Cholesterol je v krvi navázán na částice, které určují jeho chování vzhledem k cévní stěně. Umíme rozlišit **LDL cholesterol (z anglického low density lipoprotein)** navázaný na částice, které přenáší cholesterol do cévní stěny a tak ji poškozují.

Naopak **HDL cholesterol (z anglického high density lipoprotein)** dovede cholesterol z cévní stěny odstranit a má tak ochrannou roli cév (12).

4 INTERAKCE

Interakce se uplatňují ve strukturách všech živých organismů a při všech biologických dějích, jichž se účastní bílkoviny, nukleové kyseliny a lipoproteiny. Bez interakcí by nefungovaly žádné biochemické děje v živých soustavách.

Jsou zodpovědné za existenci kapalného a pevného skupenství i za některé vlastnosti kapalin a plynů (povrchové napětí, uspořádání částic v krystalové mřížce, přechody z jednoho skupenství do druhého – např. tuhnutí nebo možnost zkapalnění plynů).

V potravinách dochází k celým řadám interakcí mezi základními složkami potravin a tenzidy.

Molekuly tenzidů reagují vzájemně s anorganickými látkami a také téměř s každou sloučeninou či funkční skupinou organických složek potravin jako jsou bílkoviny, lipidy, sacharidy aj. Významnou roli hrají zejména interakce tenzid-acyl-glycerol při tvorbě a stabilizaci emulzí.

Vzájemně a současně reagují také jednotlivé složky potravin. Veškeré interakce významně ovlivňují vlastnosti potravin, např. organoleptické vlastnosti, zejména texturu, chuť (4,9,14).

4.1 Druhy interakcí :

Interakce dělíme na:

- **Elektrostatické (iontové)**
- **Stérické**
- **Hydrofobní**
- **Koloidní**
- **Van der Waalsovy**

4.1.1 Charakteristika elektrostatických interakcí

Elektrostatické interakce patří do skupiny silných interakcí.

1. Elektrostatické interakce mohou být určeny podle náboje, buďto přitažlivé anebo odpudivé. Interakce je odpudivá, pokud atomy obsahují pouze stejné náboje (což je obvyklý případ), ale je přitažlivá, pokud mají rozdílné náboje.

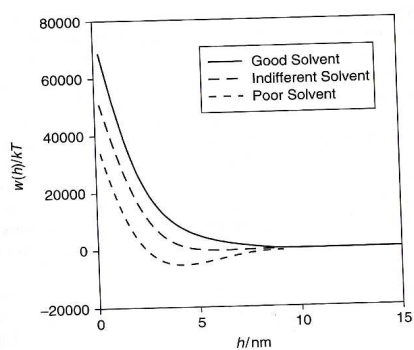
2. Síla interakce se zmenšuje separací (oddělováním) atomů a může mít krátký či dlouhý dosah záležející na iontovém základě. Přitažlivá síla mezi opačně nabitými ionty má daleký dosah. Síla interakcí je proporcionální s rozměrem emulgovaných částic.
3. Síla interakcí závisí na elektrické charakteristice povrchů částic (8).

Za určitých podmínek odpudivé elektrostatické interakce mohou být relativně silné v porovnání s přitažlivými van der Walsovými interakcemi. To ukazuje, že mohou být dostatečně silné na to, aby ochránily atomy od kumulace v určitých systémech. Ovšem, je známo, že tato elektrostatická stabilizace hraje důležitou roli v určování kumulace v mnoha potravinových emulzích a částečně je stabilizována bílkovinami (7).

Bylo rozpoznáno, že vzájemné síly mají vliv na potravinové emulze, jako je členění složek a míry chemických reakcí. Členění ionizovaných těkavých aromatických komponentů mezi vrchním prostorem a převážnou částí emulze je ovlivněna elektrostatickými interakcemi mezi aromatickými molekulami a elektricky nabitými meziprostory. Oxidace lipidů v potravinových emulzích je často katalyzována polyvalentními ionty, jako Fe^{3+} , které jsou normálně přítomné ve vodní fázi. Míra oxidace tuků katalyzovaných železem v olejovodních emulzích vykazuje růst, když mají atomy negativní náboj protože Fe^{3+} katalyzátor a olejové molekuly se dostanou do těsného kontaktu. Znalost faktorů, která určuje veličinu a rozsah elektrostatických interakcí je velmi důležitá pro potravináře (8).

4.1.2 Charakteristika stérických interakcí

- Sterické interakce jsou silné interakce mezi odpudivými náboji při krátkých separacích (kapka (h) < vrstva (δ)), ale může být odpudivá i při středních separacích ($\delta < h < 2\delta$), což záleží na kvalitě rozpouštědla, viz. obr.č. 8 (8).
- Škála sterických interakcí vzrůstá s tloušťkou adsorbované vrstvy.
- Síla sterických interakcí vzrůstá s velikostí atomů.
- Síla sterických interakcí závisí na přesné molekulové charakteristice, tedy podpovrchové vrstvy. Například balení, pružnost, reologie, molekulární interakce (8).



Obr.č.8 - Mezikapkový potenciál je ovlivňován sterickými interakcemi. V prostředních odděleních interakce může být buď přitažlivá nebo odpuzivá v závislosti na kvalitě rozpouštědla (8).

Sterické interakce jsou jedny z nejběžnějších a důležitých stabilizačních interakcí v potravinových emulzích. Na rozdíl od elektrostatických interakcí se objevují většinou v každém typu potravinové emulze, protože většina atomů je stabilizovaných vrstvou adsorbovaných molekul emulgátoru. Některé potravinové emulze jsou stabilizované hlavně stérickou stabilizací, kdežto jiné jsou hlavně stabilizovány kombinací sterické a elektrostatické stabilizace. Potravináři musí často rozhodovat o nejvhodnějším emulgátoru pro částečnou aplikaci, a tak je užitečné porovnat rozdíly mezi stérickou a elektrostatickou stabilizací. Základním rozdílem je jejich citlivost na pH a iontovou sílu (17). Elektrostatické odpuzování mezi emulgovanými kapkami klesá, když se elektrický náboj na povrchu kapky redukuje (např. při změně pH). Sterické interakce je obvykle silnější než van der Waalsovy interakce a elektrostatické interakce při krátkých separacích. To znamená, že emulze jsou zcela stabilizovány elektrostatickými interakcemi a dochází ke splynutí, kdežto emulze stabilizované stérickými interakcemi mohou koagulovat (17,18).

Z praxe, ale vyplívá, že významně více emulgátorů je obvykle vázáno stérickou stabilizací než elektrostatickou stabilizací. Množství emulgátoru používaného na přípravu emulze je často hlavním finančním aspektem při výrobě potravinářského produktu (19,20,21).

4.1.3 Hlavní charakteristika hydrofobních interakcí

Při vysokých koncentracích elektrolytů je možné, že skupiny povrchových iontů specificky vážou ionty na své povrchy (17). Některé z těchto iontů obsahují velké množství vody a mohou proto způsobovat silné odpuzivé hydrofobní interakce. Specifické vázání závisí na poloměru a valenci zapojeného iontu. Ionty s malým rádiusem a vysokou

valencí mají tendenci vázat méně silně, protože jsou obklopeny relativně silnou vrstvou těsně „navázaných“ molekul vody a některé z nich se musí odstranit před tím, než může být iont adsorbován (22).

4.1.4 Koloidní interakce a shlukování kapek

Koloidní interakce ovlivňují shlukování kapek emulze, stejně jako určují typické vlastnosti jakýchkoliv vytvářených shluků, např. jejich velikost, tvar, poréznost, deformovatelnost (8,10,23). Mnoho těchto fyzikálních a organoleptických vlastností jedlých emulzí je rozdělováno podle shlukovatelnosti kapek a charakteristice shluků. Pro potravináře je toto důležité, aby pochopili vztahy mezi koloidními interakcemi, shlukováním kapek.

Všeobecně interakce mezi molekulami závisí na relativní velikosti a škále přitažlivých a odpudivých sil.

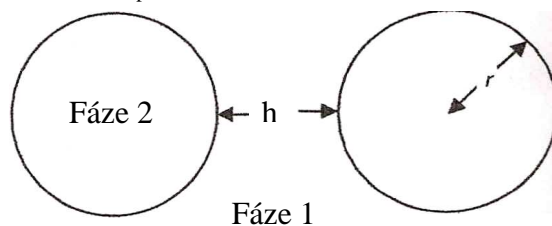
Přitažlivé síly převládají ve všech separacích, jestliže přitažlivé interakce jsou větší než odpudivé interakce ve všech separacích, pak jsou tedy všechny interakce vždy přitažlivé, což znamená, že molekuly budou mít snahu kumulovat (8).

Odpudivé síly převládají ve všech separacích, jestliže odpudivé interakce jsou větší než přitažlivé interakce ve všech separacích, a pak jsou tedy všechny interakce vždy odpudivé, což znamená, že molekuly budou mít snahu zůstat jednotlivě (8).

Mezikapkový párový potenciál $w_{(h)}$, je energie nutná k přemístění dvou molekul emulze z nekonečné vzdálenosti k povrchu separace (h), znázorněno na obr.č.9.

Pro lepší představu jsou uvedeny dva typy z interakcí vyskytujících se mezi molekulami, jednu přitažlivou a druhou odpudivou (17,24):

$$w(h) = w_{\text{přitažlivá}}(h) + w_{\text{odpudivá}}(h)$$



Obr.č.9. Kapky emulze o poloměru r oddělené povrch-k-povrchu separací (h) v tekutině (8).

4.1.5 Van der Waalsovy síly

Intermolekulární van der Waalsovy síly působí mezi všemi rozličnými druhy molekul v disperzních a kontinuálních fázích emulzí, což představuje síť koloidních Van der Waalsových sil mezi kapkami emulze (17).

Hlavní vlastnosti van der Waalsových sil (17) :

1. Interakce mezi dvěma kapkami oleje (nebo vody) je vždy přitažlivá.
2. Síla interakce roste se separací kapky.
3. Síla interakce roste se vzrůstající velikostí kapky.
4. Síla interakce závisí na fyzikálních vlastnostech kapek a obklopujícího roztoku.
5. Síla interakce závisí na tloušťce a složení adsorbované vrstvy emulgátoru.
6. Síla interakce se snižuje tak, jak se koncentrace elektrolytu v emulzi o/v zvyšuje.

4.2 Celkový potenciál interakcí

Celkový mezikapkový párový potenciál w je suma rozličných přitažlivých a odpuzivých příspěvků*:

$$w_{\text{total}}(h) = w_{VDW}(h) + w_{\text{electrostatický}}(h) + w_{\text{sterický}}(h) + w_{\text{hydrofobní}}(h) + \dots$$

h-separace

* : Ve skutečnosti není vždy vhodné jednoduše sčítat příspěvky všech jednotlivých interakcí, protože některé jsou párované. Přesto, tento postup dává dobré přibližné hodnoty.

Ne všechny interakce hrají důležitou roli v každém typu potravinové emulze, a je často možné určit 2 nebo 3 interakce, které dominují nad ostatními. Z toho důvodu je vhodné použít spolehlivých kombinací (17).

5 INTERAKCE POTRAVINÁŘSKÝCH EMULGÁTORŮ SE ZÁKLADNÍMI SLOŽKAMI POTRAVIN

V potravinářském průmyslu je používáno mnoho druhů emulgátorů a diskuse jejich interakcí by bylo nad rámec této práce. V této kapitole je modelově vybrán nejznámější emulgátor používaný při výrobě pečiva.

5.1 Estery kyseliny di-acetylvinné a monoacylglyceroly (DATEM) a pří- členěné emulgátory ve výrobě chleba

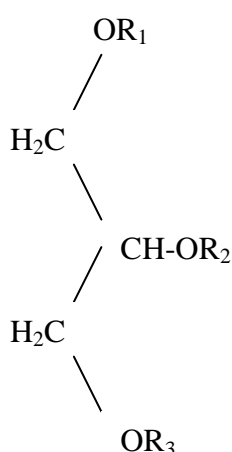
Evropští výrobci potravinových emulgátorů (fa. EFEMA) definují DATEM jako mono- a diacylglyceroly estery kyseliny vinné, které jsou estericky navázané na mono- a diacylglyceroly mastných kyselin.

E- číslo pro DATEM je E427e (8).

Synonymy pro DATEM jsou

* estery kys. diacetylvinné a mono- a diacylglycerolů

* mono- a diacylglyceroly mastných kyselin esterifikované s kys. di-acetylvinnou (viz. vzorec níže)



$R_{1,2,3}$ –zbytek mastné kyseliny

Příkladem zbytků mastné kyseliny mohou být:

- diacetyl kyseliny vinné
- monoacetyl kys.vinné
- kyselina vinná
- kyselina octová
- vodík

5.1.1 Výroba DATEM

DATEM jsou deriváty glycerolu esterifikované jedlými mastnými kyselinami a mono a diacetyl vinnými kyselinami.

V principu existují na jejich výrobu dva různé způsoby výroby.

Prvním je esterifikace mono a diacylglycerolů s vinnou a octovou kyselinou za přítomnosti anhydridu kyseliny octové. Druhým způsobem výroby je reakce anhydridu diacetyl vinné kyseliny v přítomnosti kyseliny octové s mono a diacylglyceroly. Anhydrid kyseliny diacetyl vinné je vyráběný reakcí kyseliny diacetyl vinné s anhydridem kyseliny octové. Kyselina octová uvolněná v této reakci musí být odstraněná destilací. Poté je možná reakce s monoacylglyceridy.

Výsledkem syntézy je intramolekulární migrace acylových skupin vedoucích do struktury. Distribuce výrobku je popsána do koncového DATEM záležejícího na výrobním procesu, užití, koncentraci nebo základních surovinách. To znamená, že DATEM nebo každý výrobce nabízí lehce odlišné a individuální složení anebo výskyt molekulových druhů. A tak produkty mohou také obsahovat malá množství volného glycerolu, mastných kyselin, kyseliny vinné a octové a jejich kombinace s glycerolem a volnými glyceroly (8,24).

5.1.2 DATEM a jeho použití při výrobě pečiva

Všechny výsledné efekty souvisejí přímo s množstvím emulgátoru adsorbovaného na různých povrchových bariérách, jejich forma, tloušťka, reologie a interakce emulgátorů s různými složkami potravin. Následující oddíly budou popisovat interakce DATEM při výrobě pečiva z pšeničné mouky. Toto pečivo budeme nazývat chlebem, ale myslíme tím všechny rozdílné druhy pečiva (8).

5.1.3 Užití DATEM během výroby a skladování pečiva

Emulgátory a přípravky emulgátorů jsou základními součástmi každého receptu na výrobu pečiva. Důvodem použití emulgátorů je zlepšování výroby a výsledné kvality, kterou má pečivo po jejich použití. Emulgátory se mohou dodávat ve formě roztoku, pasty, anebo v pevné formě přímo do těsta. Jinou alternativou je dodání nepřímo v olejovém roztoku nebo ve vodném systému (dispergované, gelovité, nebo jako pasta). Emulgátory působí jako zlepšovače těsta a jsou zárukou pro různé účinky.

Nejdůležitějším z nich je v kombinaci s DATEM:

-Zachování měkkosti střídy (25,26,27).

-Provedení výroby těsta (tolerance ke kvalitě surovin, mechanická odolnost, lepidlost na zařízení používané ve výrobě, míchání a tolerance ke kvašení)

-Zvětšení objemu po pečení (toto je nejobektivnější parametr pro měření efektivity emulgátoru) (27).

Studie zhodnocující tyto výsledky zlepšovačů těsta u chleba a křehkého pečiva jsou založené na použití lecitinu a DATEM, při porovnání efektů, o nichž se hovoří výše (28,29).

Použití DATEM má mnoho výhod jakožto chléb zlepšující ingredience. Ekonomičnost jejího využití je značná a je mnohem důležitější než její organoleptický efekt (změkčení chlebové střídy).

Od roku 1948 je DATEM používána v mnoha případech v americkém pekařském průmyslu (30). Při použití některých statistik z US trhu chleba můžeme ukázat, že zhruba 8% denní produkce chleba nemůže být prodáno, protože je okoralý a vrací se pekařům. V roce 1969 to bylo více než 50 milionů kilogramů chleba, nebo 2600 milionů kilogramů pšenice. Tento objem by mohl nasytit více než 100 milionů lidí. Není zahrnuto mikrobiologické zkažení chleba a chlebových produktů (31,32).

5.1.4 Výroba chleba

Prvním krokem je příprava těsta. To se tvoří z mouky, vody, kvasnic, soli a některých dalších přísad. Hlavní součástí receptu je mouka, jejíž složení je:

71% škrob
2,4% cukry
0,1% celulóza
10% bílkoviny
15% vody
1% tuku
0,5% minerálních látek

Všechny složky mouky mohou vstupovat do interakcí s DATEM.

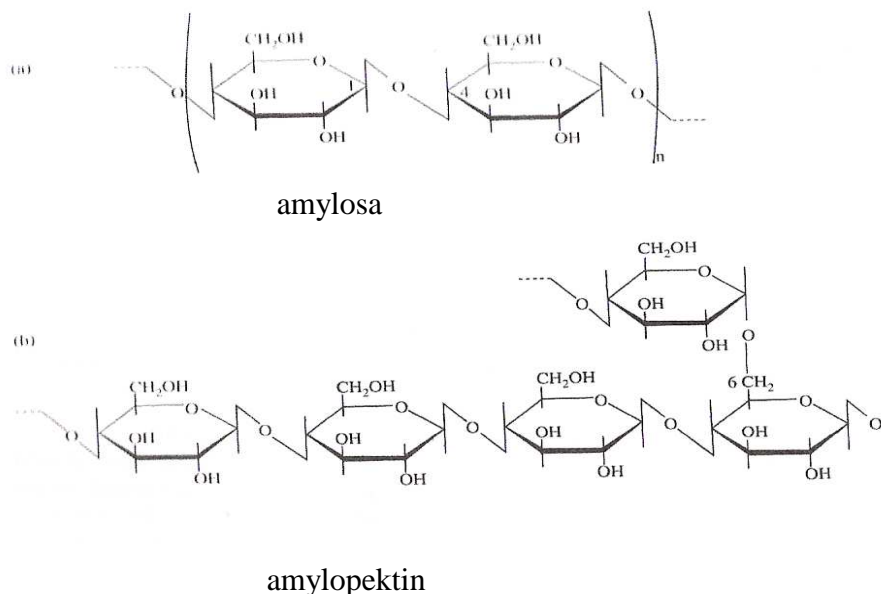
5.1.5 Interakce DATEM a škrobu

Škrob je jednou z hlavních složek zrna. V pšeničném zrně tvoří více než 70% hmotnosti sušiny. Záleží na typu pšenice a podmínkách pěstování. Kvalita škrobu pak ovlivňuje přípravu mouky i pečení pečiva, potažmo interakci s DATEM.

Škrob je přítomen v zrnech jako granule v proteinové matrici. Jsou to pevné částice s vysokým stupněm organizace a určenými fyzikálními a chemickými vlastnostmi. Jsou tvořené z rostlinných buněk a organizovány v molekuly amylozy a amylopektinu. Jejich chemické struktury jsou ukázány na obr.č.10.

Jsou to vysoce polymerizované sloučeniny skládající se z monomerů D-glukózy. Pšeničný škrob sestává z 17-29% amylozy (33). Amylóza je v hlavní a nevětvená molekula sestavená z glukózových jednotek spojených alfa-1,4 glukosidovou vazbou (34).

Škrob je rozpustný ve vodě, vytváří tmavě modrou reakci s jódem a je štěpitelný kombinovanou reakcí α -amylázy na maltózu a monomery glukózy. Amylopektin je rozvětvená molekula která obsahuje řetězce polyglukózy, spojené alfa-1,4-glukózovou vazbou a větvená 1,6 glukosidovými vazbami.



Obr.č.10: Chemické struktury amylosy a amylopektinu

Amylopektin není ve vodě rozpustný, ale bobtná. Reaguje s jódem fialově či fialovo červeně a štěpí se kombinací alfa a beta amylázy na maltózu, izomaltózu a glukózu.

Škrobová granule také obsahuje minerální látky, bílkoviny a tuky. Tuky jsou ohraničené od vysoce polymerovaných sacharidů včetně amylosy (17).

Strukturální a funkční vlastnosti škrobu jsou ovlivněny koncentrací lineárních a větvených makromolekul a jejich stupně polymerizace a asociace (18). Nejdůležitější funkční vlastností škrobu je jeho chování v přítomnosti vody v závislosti na teplotě. Když se škrob přidá do vody, granule ji absorbují a bobtnají. Tento proces je vratný při pokojové teplotě. Index dvojlomu a krystalická struktura granulí zůstávají nezměněné. Při 50°C se vnitřní struktura granule viditelně změní, protože bod gelovatění se posunul do vyšší, ale přesněji určené teploty. Teplota nezbytná pro gelovatění závisí na typu škrobu a vlastnostech jednotlivých granulí.

Rotch konstatuje (19,20,21), že škrob je vhodný svými základními vlastnostmi pro výrobu těsta a chleba. Rotch zakládá svůj pohled na skutečnosti, že byl schopen připravit chléb bez glutenu, ale ne bez škrobu. To podpořil i Jongh (21), který upozornil na důležitost emulgátorů, v tomto případě mono a diglyceridů, pro chléb bez glutenu.

Vzájemné působení emulgátorů a škrobu je velmi důležité a bylo pečlivě zkoumáno a popsáno - přes molekulární strukturu škrobu, interakce s tuky, a zvláště emulgátory. Jsou jimi ovlivněné některé z nejzákladnějších vlastností pro proces pečení ze škrobu.

Je pozorována redukce absorpce vody a bobtnání, růst teploty gelovatění. Dále bylo zpozorováno snížení retrogradace škrobu.

Různé emulgátory, které jsou v současnosti k dispozici, ovlivňují teploty gelovatění různých škrobů různými cestami.

Např. DATEM zvyšuje teplotu gelovatění a maximum viskozity pšeničného škrobu. Všechny tyto parametry jsou ovšem ovlivněny také koncentrací okolních iontů. Pohlcování vody škrobem je v průběhu ohřívání redukováno těmito emulgátory a jejich schopnost není ovlivněna přítomností tuku. Jedním z důvodů této změny vlastností škrobu je vytváření komplexů mezi škrobem nebo tuky a emulgátory. Tyto komplexy mohou existovat na povrchu škrobu, nebo jsou zahrnuty ve sloučeninách mezi škrobem a emulgátory. Vytváření takových komplexů je závislé na teplotě, koncentraci emulgátoru a jeho fyzikální struktuře.

Schopnost emulgátoru tvořit komplex může být vyjádřený jako amyláza-komplexotvorný- index (ACI) definovaný Krogem (24).

ACI závisí na různých koncentracích jódu nalezenými ve škrobu před a po vystavení emulgátorům. DATEM má hodnotu $ACI = 49$.

Schopnost emulgátorů rozkládat škrob závisí na délce řetězce zbytku mastné kyseliny v molekule. Nasycené C-16 a C-18 řetězce jsou pro tvoření komplexů upřednostňovány. Možné vysvětlení mechanismu rozložení škrobu do šroubové spirály je následující: Prázdňé místo ve škrobové šroubovici je pro jeho energetický potenciál spíše nevýhodné, ale s jistými výsledky stability začleněním vhodných molekul. Lipofilní vnitřek škrobové šroubovice je nejlépe uzpůsobena pro zahrnutí lipofilního zbytku mastných kyselin. Výsledkem je stálý komplex amylosa emulgátor.

Uhlovodíkový řetězec emulgátoru je uzavřen do třech šroubovic stejně jako v krystalické fázi a polární skupina emulgátoru není vložena do šroubovice.

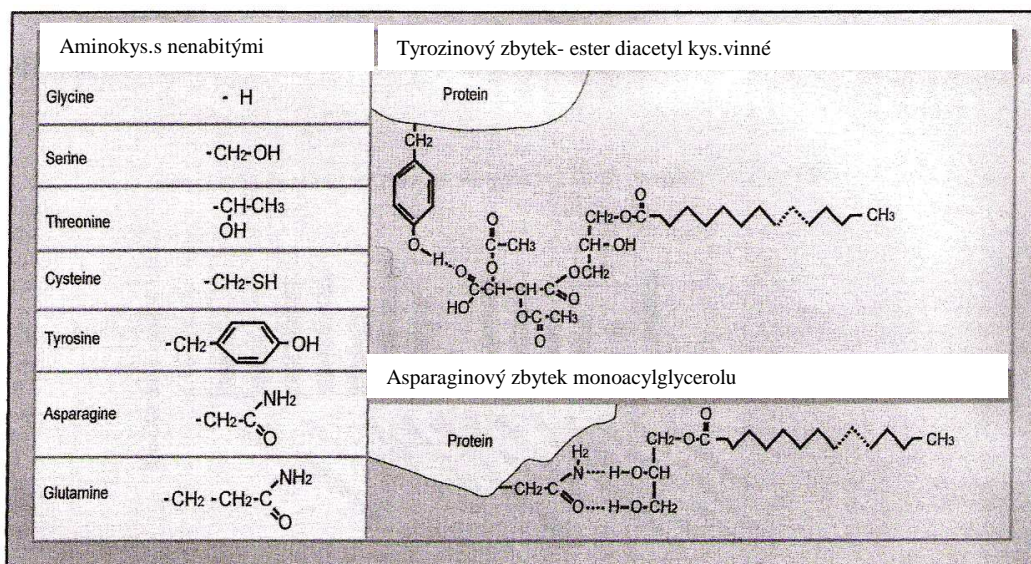
Amylopektin netvoří komplexy tak lehce jako amyulóza, což je způsobeno sníženým utvářením šroubovic. Jakékoliv interakce amylopektinu s emulgátory se mohou vyskytnout na povrchu škrobu přes vodíkové můstky (35,36).

5.1.6 Interakce DATEM a bílkovin mouky

Výsledky celého výzkumu zabývajícího se interakcemi tuků a moučných bílkovin se mohou extrapolovat na emulgátory. V principu je gluten výsledkem reakce moučných tuků a bílkovin.

Mísení těsta během výroby chleba má za následek přemístění moučných tuků do glutenové fáze (15). Lepší mísení a mixování těsta znamená mnohem lepší vázání polárních tuků do glutenové frakce (22). Po pečení lze DATEM extrahovat z chleba jen velmi polárními rozpouštědly. To lze vysvětlit velmi silným vzájemným působením DATEM a bílkovin mouky (23). Reakce esterů mastných kyselin s bílkovinami v izoelektrickém bodě je silná jako reakce s volnými mastnými kyselinami. To znamená, že jejich karboxylové skupiny nejsou aktivní, protože většina hydrofobních pout byla přerušena.

Všechny vyskytnuté interakce se stanou silnějšími, pokud se přidá více energie do systému. Bílkoviny jsou chráněné proti denaturaci díky interakci s lipidy (23,24). Jeden možný model je na obr.č.11.



Obr.č.11: Interakce protein-emulze (8)

Iontové emulgátory, jako je DATEM, nabízejí široké možnosti pro vytváření vodíkových můstků s amidickými skupinami glutenových bílkovin. Orientací částí hydrofobních emulgátorů na nepolární postranní řetězce bílkovin pak tyto emulgátory mohou tvořit intermolekulární matici cestou vodíkových můstků (35).

Výsledky výzkumu rentgenového záření, elektronové a optické mikroskopie bylo zjištěno, že v mouce existují strukturální vztahy mezi bílkovinami, tuky a škrobem (36). Tyto výsledky naznačují tukovou dvouvrstvu pokrývající bílkovinné molekuly a bílkovinnou vrstvu, která obsahuje částice škrobu.

Při dalších pokusech byla použita elektroforéza, při které byl zjištěn výskyt útvarů, složených z emulgátorů a gluten-bílkovinných frakcí. Tyto komplexy jsou stabilizovány vodíkovými můstky a hydrofóbními vazbami (37).

5.1.7 Interakce DATEM s tuky mouky

Jacobsberg pozoroval (38), že při hnětení těsta s DATEM v prostředí dusíku se prokazatelně snižuje kvalita vazby tuků. Emulgátory bojují v těstě s přirozenými tuky mouky o vazby skupin (22).

5.2 Estery sacharosy

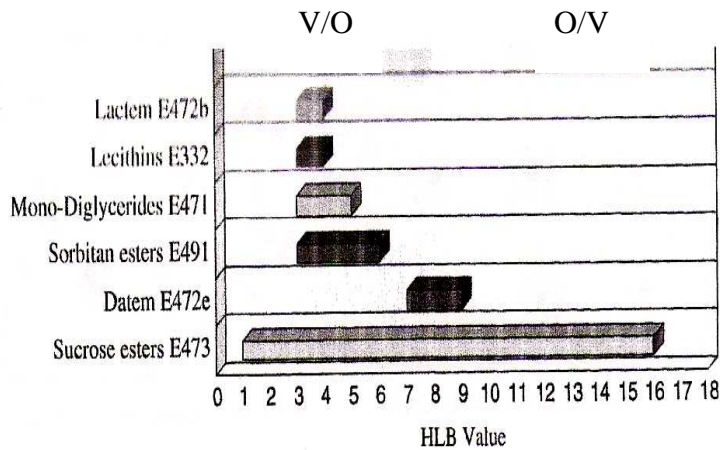
5.2.1 Funkční vlastnosti esterů sacharosy

Emulgace

Estery sacharózy nabízí mnohem více výhod než ostatní obchodně používané emulgátory. Výběrem složení esterů je možné získat estery mající hydrofilní rovnováhu (HLB) od 1 do 16. Nízká a vysoká hodnota HLB sacharózových esterů umožňuje tvorbu emulze typu v/o, respektive v emulzi o/v. Funkčnost sacharózových esterů v potravinách je komplexem závislých na obrovském množství interakcí se škrobem, bílkovinami, cukry, oleji a tuky, které jsou hlavními složkami potravin. (39,40).

Emulgátory mající hodnotu 3,5 až 6,0 jsou vhodné pro emulze typu v/o a v hodnotě od 8 do 18 pro emulzi typu o/v (40). Obchodně využívané estery sacharózy jsou směsí mono-, di- a triesterů, kde hodnota HLB je úzce závislá na obsahu monoesterů. Čím více jich obsahuje, tím vyšší je hodnota HLB (41). Délka řetězce mastných kyselin má druhotný efekt na emulgovanou kapacitu, kratší mastné kyseliny mají vyšší hodnotu HLB. Jak je vidět na obr.č. 12, estery sacharózy jsou unikátní ve vysokých hodnotách HLB, to značí, že estery sacharózy mají zvláštní výhodu v emulzích typu o/v. U esterů sacharózy

majících hodnotu HLB 12 až 16 je možné získat emulzi s velmi malými kapkami, což zvyšuje stabilitu a krémovitost. Estery sacharózy se střední hodnotou HLB 6 až 11 stabilizují kapičky v emulzích typu o/v (39).

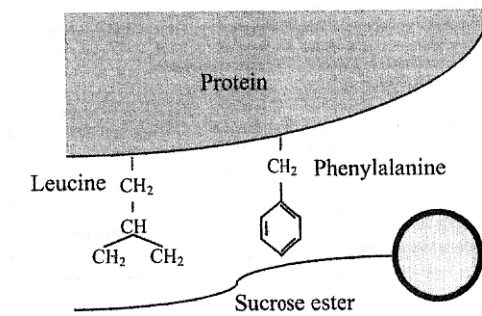


Obr.č.12.Hodnoty HLB emulgátorů

5.2.2 Interakce s bílkovinami (gluten, mléčné bílkoviny)

Mechanismus vázání esterů sacharózy s bílkovinami není zcela vysvětlen, ale je popisován tak, že záleží na interakci mezi estery sacharózy a aminokyselinovými vedlejšími skupinami molekuly bílkoviny. Typ a síla specifické interakce závisí na polaritě vedlejších skupin a pH systému.

Přes různé interakce je možné se domnívat, že v principu se jedná o hydrofobní vazby, podobné Van der Waalsovým interakcím. V přítomnosti vody může být mezi nepolárními vedlejšími skupinami aminokyselin a mastných kyselin vytvořen ester sacharózy. Ten bude reagovat s nabitými polárními aminoskupinami bílkovin za vzniku vazby (viz. obr.č. 13). V důsledku tohoto mechanismu vázání, hydrofilní část sacharózy bude umístěna na bílkovinném povrchu, tím dojde ke zvýšení povrchové polaritě bílkoviny. Tím se bílkovina stává víc rozpustná a daleko méně náchylná k nahromadění a koagulaci (42,43,44).



Obr.č.13: Hydrofobní vazba mezi proteiny a estery sacharózy (44)

Další interakce se mohou také vyskytovat jako hydrofilní vazby, formováním vodíkových vazeb mezi nenabitými polárními postranními skupinami z proteinu a hydrofilní části molekuly esteru sacharózy. Tyto vazby se budou vyskytovat u kratších řetězců. Estery sacharózy se mohou vázat na specifická místa β -lactoglobulinu a nebo náhodně na β -kasein micely (42,43). Enzymy jako lipoxygenáza mohou také na aktivním místě silně inhibovat interakce esterů sacharózy s vysokými HLB hodnotami (44).

5.2.3 Interakce se škrobem

Mnoho emulgátorů je schopno tvořit komplexy s amylozou či amylopektinem (23,24,35,36).

Používají se různé metody na měření tvoření komplexů škrobu:

-Diferenční scanovací kalorimetrie (DSC) (38)

-Jodové číslo (IBC) (25)

-Měření viskozity (RVA) (26)

Tvorba komplexů škrobu s emulgátory může mít za následek změnu želírovací teploty a želírovací entalpie, DSC a RVA se zabývá měřením těchto efektů. Vrchol teploty a želírovací entalpie může být rozdílný. Záleží na typu emulgátoru a zdroji škrobu.

Interakce mezi škrobem a estery sacharózy je různá od mono-ester úrovně a saturace a délce řetězce mastné kyseliny. Vrcholová želírovací teplota stoupá u delších řetězců

mastných kyselin. Škrobové gely obsahující monoestery dlouhořetězcových mastných kyselin jsou více rezistentní k retrogradaci (27,28).

Estery mastných kyselin sacharózy reagují hlavně s molekulami amylózy za vzniku spirálovitých komplexů během želírování. Tyto spirálovité komplexy amylózy inhibují retrogradaci, což se zrychluje interakcí spirálovité amylázy. Výsledkem je, že retrogradaci škrobu brání existence komplexotvorných složek (29). Obvykle škrob želírující s velkým množstvím cukru nebo emulgátorů je slabý, což ve výsledku znamená měkčí střídu (30). Různé studie podceňují schopnosti komplexotvornosti škrobu nebo esterů sacharózy. Buck a Walker (37) zkoušeli DSC kombinace esterů sacharózy pšeničného škrobu a ukázalo se, že vzrůst ve vrcholu želírovací teploty a pokles želírovací entalpie je takový, jak vzrůstá koncentrace esterů sacharózy. U kombinací kukuřičných esterů sacharózy entalpie prokazatelně klesá. Palmitan a stearan sacharózy zpomaluje retrogradační stupeň rýžového škrobu. S palmitanem sacharózy je mnohem více efektivní (24).

Publikovaná zpráva z Cosun food Technology centre (30) popisuje efekt esteru sacharózy (SE) s HLB 15, acylglycerol monostearátu (GMS) monostearátu 60 a 90% a sodné soli stearylakrylátu (SSL) při vrcholové želírovací teplotě a viskozitě pšeničného škrobu a mouky ve vodném roztoku. Estery sacharózy zvedly vrchol želírovací teploty a snížily viskozitu efektivněji než jiné emulgátory. Estery sacharózy byly předhydratovány před přidáním. Přidání 0,2% předhydratovaného esteru sacharózy dalo srovnatelný výsledek jako 0,5% přidání jiných emulgátorů.

5.2.4 Použití esterů sacharózy (10,45) :

- v dresincích a omáčkách estery sacharózy chrání mléčné bílkoviny před denaturací koagulační nebo Maillardovými reakcemi z horka nebo kyselých vedení do více stabilních emulzí.
- v cukrovinkách na bázi želatiny interakce s estery sacharózy zajišťuje mnohem vláčnější strukturu a vzrůstající trvanlivost.
- v pečivu je obsažena více flexibilní síť glutenu, takže lépe odolává mechanickým vlivům používaným při intenzivním hnětení zajišťujícím též maximum přepouštění plynu.

ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo vypracovat literární rešerši oblasti interakcí povrchově aktivních látek se základními složkami potravin.

PAL mají velký vliv na vlastnosti potravin, nejdůležitější jsou emulgátory.

Ze základních složek potravin se nejvíce vyskytují bílkoviny, sacharidy a lipidy.

Bílkoviny můžeme rozdělit podle druhu na rostlinné nebo živočišné. Obsah bílkovin v mouce závisí na druhu rostliny, ze které je získán a na vymletí. Základními bílkovinami jsou albuminy, globuliny, gliadiny a gluteliny.

Ze sacharidů jsou v mouce nejvíce zastoupeny polysacharidy, především škrob. Škrob je složen ze dvou polysacharidů amyly a amylopektinu. Škrob není rozpustný ve vodě, pouze bobtná a při určité teplotě gelovatí, čehož se hojně využívá při výrobě pečiva. Během mísení těsta dochází k přemístění tuků z mouky do glutenové fáze.

V této práci jsou popsány interakce emulgátorů estery kys. di-acetylvinné a monoacylglycerolů DATEM z evropské firmy EFEMA se složkami potravin.

Bylo zjištěno, že při přidavku DATEM ve výrobě pečiva dochází k reakcím mezi škrobem, bílkovinami a tuky mouky. Při reakci DATEM se škrobem bylo pozorováno snížení retrogradace škrobu, ovlivnění teploty gelovatění. Dochází k vytvoření komplexu mezi škrobem a emulgátory.

Bílkoviny jsou chráněny proti denaturaci díky interakci s lipidy. Bílkoviny reagují s DATEM za vzniku vodíkových můstků s amidickými skupinami glutenových bílkovin. Pomocí mikroskopie byly zjištěny vztahy mezi bílkovinami, tuky a škrobem. Výsledky této metody naznačily, že bílkovinné molekuly jsou pokryty tukovou vrstvou a další útvary obsahující částice škrobu.

Emulgátory DATEM tedy velmi ovlivňují výrobu těsta na přípravu pečiva a to tak, že dojde k zachování měkkosti střídy, zvětšení objemu po pečení.

Dále se často používají estery sacharosy, které jsou směsí mono-, di- a triesterů. V potravinách interakce závisí na polaritě vedlejších skupin a pH systému. Estery sacharosy reagují s polárními aminoskupinami bílkovin a vytvoří slabé vazby. V důsledku tohoto mechanismu dojde ke zvýšení povrchové polarity bílkovin, tím se bílkovina stává více rozpustná a méně náchylná ke koagulaci.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Langamier F. :*Pomocné přípravy kožedělného průmyslu*, VUT Brno 1974
- [2] Dostupné na: <http://vscht.vydavatelství/> – Bártovska A., Šišková M., 20.10.2007
- [3] Davídek J., Janíček G., Pokorný J. - *Chemie potravin*, Praha 1983
- [4] Velíšek J.- *Chemie potravin I, II, III*, Tábor 1999
- [5] Blažej A. a kol.: *Tenzidy*, Bratislava 1977
- [6] Brdička R., Dvořák J.: *Základy fyzikální chemie*, Academia 1977
- [7] Riddick J.A, Bunger N.B, Sakano T.K: *Techniques of chemistry*, New York 1986
- [8] McClements D.J.:*Food Emulsions*, Florida 2005
- [9] Martovská, Šisková: *Fyzikální chemie povrchů a koloidních soustav*, Praha 2005
- [10] Whitehurt R.J.: *Emulsifiers in food technology*, USA 2004
- [11] Dostupné na: <http://fch.upol.cz/skripta/kol/colloids.pdf>, 25.10.2007
- [12] Hoza I., Kramářová D. : *Potravinářská biochemie I*, Zlín 2005
- [13] Rotch A.: *Brot und Geback*,1953
- [14] Dostupné na: <http://www.wikipedie.cz/>, 1.11.2007
- [15] Rotch A.: *Brot und Geback*,1954
- [16] Dostupné na: <http://www.sacharidy.cz/>, 1.11.2007
- [17] Hunter R.J.: *Foundations of colloid science*, 1986
- [18] Dudraud G.,et al.: *Chromatogr.*,1981
- [19] Acker L.: *Getreide, Mehl und Brot* ,1974
- [20] Meuser F.,Klingler R.W: *Lebensmittelchemie und gerichtliche Chemie*, 1978
- [21] Rotch A.: *Getreide und Mehl*,1949
- [22] Acker L., et al.: *Getreide und Mehl*, 1968
- [23] Chung O.K., Tsen C.C: *Cereal Chem.*,1975
- [24] Ocker H.D.: *Getreide Mehl und Brot*, 1972
- [25] Aidoo E.S.: *High protein bread*, 1972
- [26] Jacobsberg F.R.et al.: *J.Sci food Agric*, 1976
- [27] Schoch T.J.: *Baker's digest*, 1965
- [28] Dubois D.K.: *Dough strengtheners and rumb softeners*,II.products, 1979
- [29] Knightly W.H.: *The role of surfactans in baked goods*, 1968
- [30] Brummer J.M.et. Al.: *Getreide Mehl und Brot*, 1975
- [31] Brummer J.M.et. Al.: *Getreide Mehl und Brot*, 1976

- [32] Birnbaum H.: *Baker's Digest*, 1978
- [33] Maga J.A.: *Critical Rev.Food technik.*, 1975
- [34] Pomeranz Y.: *Die Muhle und Mischfuttertechnik*, 1981
- [35] Tumbretas J.A.,et al.: *J.Am.Oil Chem.Soc.*,1979
- [36] Krog N., Nybo-Hensen B.: *Food Technik.*, 1970
- [37] Greene F.C.: *Baker's Digest*, 1975
- [38] Hess K.: *Kolloid Z.*,1954
- [39] Deatherage W.L.et. Al.: *Cereal chem.*,1995
- [40] Banks W., Greenwood C.T.: *Starch and its Components*, Edinburg, 1975
- [41] Kim Y.J., Robinson R.J.: *Stärke*, 1979
- [42] Van Lonkhuysen H., Blankenstijn J.: *Stärke*, 1979
- [43] Carlson T.L.et. cal. : *Stärke*, 1979
- [44] Schoch T.J.: *Baker's Digest*, 1965
- [45] Banks W., Greenwood C.T.: *Stärke*, 1971

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

PAL	Povrchově aktivní látky
HLB	Hydrofilně- lyofilní rovnováha
N	Agregační číslo
γ	Povrchové napětí kapalin
H	Kapka
δ	Vrstva
$W_{(h)}$	Párový potenciál
DATAM	Estery kys. di-acylvinné a monoacylglyceroly
ACI	Amyláza-komplexotvorný-index
DSC	Diferenční scanovací kalorimetrie
IBC	Jodové číslo
RVA	Měření viskozity
KMK	Kritická micelární koncentrace

SEZNAM OBRÁZKŮ

- Obr.č. 1. Micela
- Obr.č. 2. Laminární micela
- Obr.č. 3. Fyzikální vlastnosti roztoku micelárních koloidů
- Obr.č. 4. Koncentrační závislost povrchového napětí roztoků
- Obr.č. 5. Solubilizace
- Obr.č. 6. Agregace disperzních částic
- Obr.č. 7. Schéma fázového rozhraní emulgátoru
- Obr.č. 8. Mezikapkový potenciál
- Obr.č. 9. Kapky emulze
- Obr.č. 10. Chemické struktury amylasy a amylopektinu
- Obr.č. 11. Interakce protein-emulze
- Obr.č. 12. Hodnoty HLB emulgátorů
- Obr.č. 13. Hydrofobní vazba mezi proteiny a estery sacharósy

SEZNAM TABULEK

Tab.č. I. Skupinová čísla různých druhů hydrofilních a lipofilních skupin

Tab.č. II. Smáčedla použita v potravinových emulzích