

Využití kyseliny kaprylové v různých odvětvích průmyslu

The Use of Caprylic Acid
in Different Communication Industry

Olga Brázdilová

Bakalářská práce
2005



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Vložit oficiální zadání diplomové/bakalářské práce

Ráda bych poděkovala vedoucímu bakalářské práce Ing. Daniele Kramářové, Ph.D. z Ústavu potravinářského inženýrství a chemie za odbornou pomoc, konzultace a spolupráci.

Prohlašuji, že jsem na celé bakalářské práci pracovala samostatně a použitou literaturu jsem citovala.

Ve Zlíně, 24. 05. 2005

.....

jméno bakaláře

RESUMÉ

Cílem bakalářské práce je získat komplexní přehled využití kyseliny kaprylové v různých průmyslových odvětvích. Práce obsahuje veškeré teoretické poznatky týkající se kyseliny kaprylové a triacylglycerolů, ve kterých je nejčastěji vázána. Jsou zde zahrnuty i fyzikálně – chemické vlastnosti kyseliny kaprylové a lipidů, o nichž rozhoduje charakter acylových zbytků. Práce se zaměřuje na syntézu mastných kyselin v živých tkáních, podstatnou částí je shrnutí technologického postupu výroby kyseliny kaprylové a její další využití v potravinářském a převážně farmaceutickém průmyslu. Součástí práce je celkový přehled nejnovějších poznatků z celosvětového výzkumu.

The aim of this thesis is to gain all-round review of utilization the caprylic acid in various industries. The thesis contains entire knowledge concerning caprylic acid and triglycerides in which it is usually fixed. This also included physico-chemical properties of caprylic acid and lipides which are influenced by acyl residues. The thesis also briefly states the fatty acid synthesis in living tissues. However, the major part of this paper is to summarize the caprylic acid production technique as well as possibilities of its further utilization in food-processing and pharmaceutical industries. Obviously, the newest world wide research summary is also an inseparable part of this work.

OBSAH

ÚVOD	6
1 TEORETICKÁ ČÁST	7
1.1 VLASTNOSTI LIPIDŮ A FUNKCE.....	7
1.2 DĚLENÍ LIPIDŮ.....	7
1.3 FUNKCE LIPIDŮ	8
1.3.1 Rezervní funkce.....	8
1.3.2 Stavební funkce	8
1.3.3 Funkce ochranná.....	9
1.3.4 Funkce katalytické.....	9
1.4 STRUKTURA A NÁZVOSLOVÍ MASTNÝCH KYSELIN	9
1.4.1 Nasycené mastné kyseliny.....	10
1.4.2 Nenasycené mastné kyseliny s jednou dvojnou vazbou (monoenové).....	11
1.4.3 Nenasycené mastné kyseliny s několika dvojnými vazbami (polyenové).....	11
1.4.4 Mastné kyseliny s trojnými vazbami a různými substituenty.....	12
1.5 HOMOLIPIDY	12
1.5.1 Estery glycerolu.....	12
1.6 FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI TUKŮ A MASTNÝCH KYSELIN	14
1.7 BIOSYNTÉZA MASTNÝCH KYSELIN.....	15
1.8 ZÍSKÁVÁNÍ TUKŮ A OLEJŮ	17
1.8.1 Získávání živočišných tuků	17
1.8.2 Získávání rostlinných tuků, olejů a mastných kyselin.....	18
1.9 VYUŽITÍ KYSELINY KAPRYLOVÉ V POTRAVINÁŘSKÉM PRŮMYSLU.....	22
1.10 VYUŽITÍ MASTNÝCH KYSELIN VE FARMACEUTICKÉM PRŮMYSLU	24
1.11 VYUŽITÍ KYSELINY KAPRYLOVÉ VE VETERINÁRNÍ MEDICÍNĚ.....	24
1.12 VÝZKUMNÉ TRENDY PŘI VYUŽÍVÁNÍ KYSELINY KAPRYLOVÉ.....	25
ZÁVĚR.....	28
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	30
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	32
SEZNAM OBRÁZKŮ.....	33
SEZNAM TABULEK	34
SEZNAM PŘÍLOH	35

ÚVOD

Lipidy patří k významným biologickým nízkomolekulárním látkám. V živých organismech zastávají nespočet biologických funkcí, z nichž nejvýznamnější jsou funkce obranné, stavební a výživové. Mezi obranné funkce patří hlavně schopnost termoizolace, mezi stavební zase schopnost tvořit biologické membránové systémy. Neméně zajímavá je funkce výživová, kdy odbouráním 1g tuku získá organismus dvakrát více energie než při samotném odbourání stejného množství proteinu nebo sacharidů. Z technologického hlediska jsou lipidy a jejich základní stavební složky (př. mastné kyseliny) významnými průmyslovými surovinami. Přednostně se s nimi setkáme jako s pomocnými aditivními látkami.

V současné době je vývoj směřován do oblastí týkající se zdravotní nezávadnosti potravin a do farmaceutického průmyslu. Byly zkoumány antibakteriální schopnosti některých mastných kyselin s dlouhým, ale i krátkým alifatickým řetězcem (kyseliny kapronová, kaprylová a kaprinová).

Závěr studií dokazuje, že jednou z nejúčinnějších a ve výzkumech nejvíce testovanou organickou kyselinou je kyselina kaprylová. Bohužel, v dnešní době neexistuje ucelený přehled průmyslového využití této kyseliny. Cílem této bakalářské práce je získat komplexní přehled jejího využití v různých odvětvích lidského vývoje, nevyjímaje potravinářského a farmaceutického průmyslu.

1 TEORETICKÁ ČÁST

1.1 Vlastnosti lipidů a funkce

Tuky a lipidy byly známy již ve starověku a jsou od této doby používány v kosmetice, lékařství a ve výživě. Jejich složení bylo objasněno až později. Francouz E. Chevreul zjistil, že tuky a oleje jsou estery mastných kyselin a glycerolu a izoloval nejznámější mastné kyseliny (dále jen MK). [1]

Lipidy (řecky lipos = tuk) jsou látky biologického původu rozpustné v organických rozpouštědlech (chloroform, ether, benzen a jiné). Jsou jen částečně nebo úplně nerozpustné ve vodě. Název lipidy označuje heterogenní, velmi početnou skupinu nízkomolekulárních přírodních látek. Jsou to látky chemicky velmi nesourodé, lišící se svojí strukturou. Jediným jejich společným znakem je převaha dlouhých nepolárních uhlovodíkových řetězců, které dodávají lipidům hydrofobní povahu a činí je ve vodě nerozpustnými. Lipidy patří k významným složkám potravin a ve výživě člověka tvoří jednu z hlavních živin nezbytnou pro zdravý vývoj organismu. Mnohé z nich obsahují esenciální mastné kyseliny.

Důležité stavební složky tvoří vyšší mastné kyseliny o více než třech atomech uhlíku v molekule, dusíkaté báze (ethanolamin, cholin, serin) a esterově vázaná kyselina fosforečná, v některých případech i cukry. Většinou se v praxi za lipidy považují také netěkavé lipofilní sloučeniny, které v přírodních i v průmyslových produktech doprovázejí vlastní lipidy. Nazývají se proto doprovodné látky lipidů. Do této skupiny náleží například steroly a karotenoidy dále to bývají lipofilní barviva, přírodní antioxidanty apod.

1.2 Dělení lipidů

Určitou potíž při dělení způsobují volné mastné kyseliny, protože neobsahují vázaný alkoholový zbytek. Velmi často se setkáme s tím, že jsou vyjmuty z tohoto rozdělení a zauímají samostatnou skupinu.

Podle chemického složení dělíme lipidy na:

a) Homolipidy, což jsou sloučeniny mastných kyselin a alkoholů, které se dále dělí podle navázaného alkoholu.

b) Heterolipidy jsou lipidy, které ve své molekule kromě mastné kyseliny a alkoholu obsahují další kovalentně vázané sloučeniny, jako jsou např. kyselina fosforečná nebo D-galaktosa.

c) V komplexních lipidech jsou přítomny jak homolipidy, tak i heterolipidy. Kromě kovalentních vazeb se zde vyskytují také složky vázané pomocí vodíkových vazeb nebo pomocí hydrofobních interakcí.

d) Doprovodné látky lipidů (steroidy, karotenoidy)

1.3 Funkce lipidů

1.3.1 Rezervní funkce

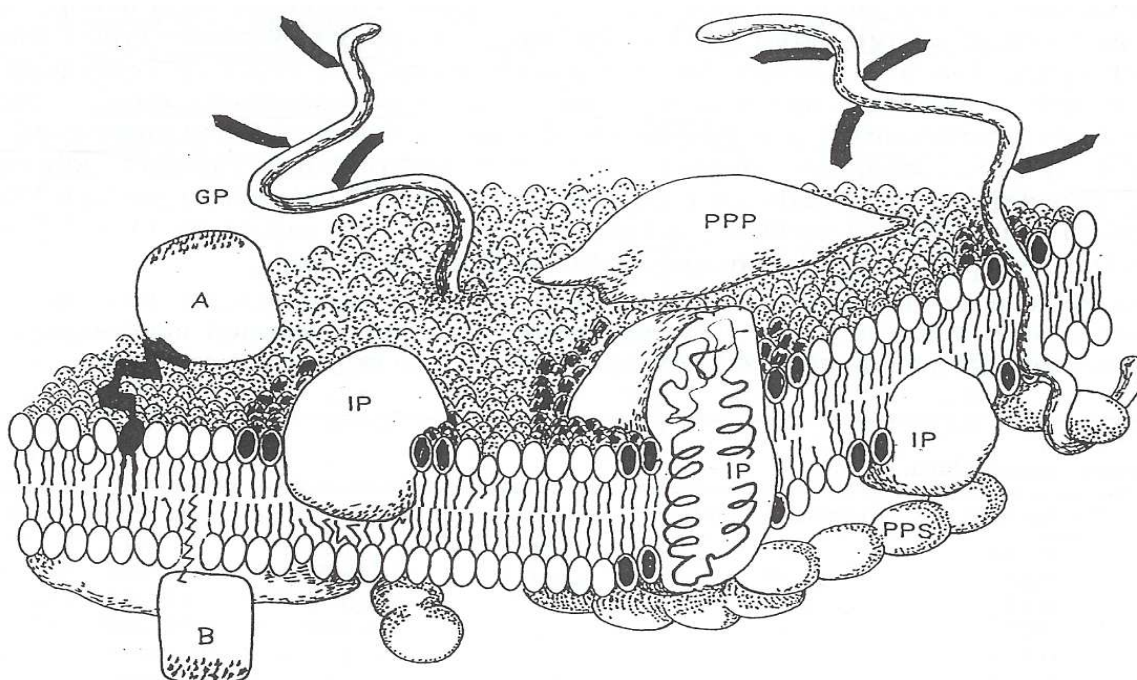
Lipidy mají relativně nejvyšší obsah vodíku a jsou tedy energeticky nejbohatší surovinou pro náš organismus. Odbouráním 1g tuku získá organismus více než dvojnásobek energie než při odbourávání sacharidů. V těle slouží tuk jako vydatný zdroj energie uložený v tukové tkáni.

Tabulka 1. Množství tuku ve vybraném mase

Druh masa	Tuk (%)
kuřecí	11,0
krůtí	13,5
vepřová plec	37,0
hovězí roštěnec	10,3
telecí	3,8
kapr	3,6

1.3.2 Stavební funkce

Lipidy polárního charakteru tvoří spontánně micely, mono- a dvouvrstvy, které jsou stavební složkou biomembrán. Jsou též důležité pro přenos podnětů v nervové tkáni.



Obr. 1. Biomembrána - struktura fosfolipidové dvouvrstvy: IP-integrální proteiny, PPP-povrchové periferní proteiny, PPS-periferní proteiny spektrínového typu, GP-glykoprotein, A-protein zakotvený na fosfatidylinositol, B-protein zakotvený acylovým zbytkem.

1.3.3 Funkce ochranná

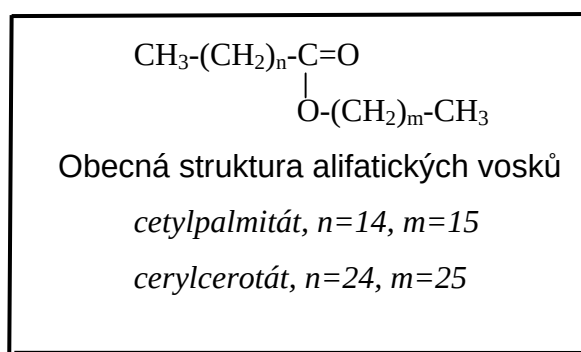
Část tuků obaluje některé orgány (ledviny) a chrání je před mechanickým poškozením. Podkožní tuk chrání organismy před nadměrnou ztrátou tepla, tuky tedy plní i funkci tepelných izolátorů. Například vosky tvoří ochrannou vrstvu na listech, peří, srsti a kůži.

1.3.4 Funkce katalytické

Některé isoprenoidní lipidy jsou biokatalyzátory, např. vitaminy A a D, pohlavní hormony a hormony kůry nadledvin. Nepolární lipidy vytvářejí také elektrickou izolaci, která umožňuje rychlé šíření depolarizačních vln podél myelinových nervových vláken.

1.4 Struktura a názvosloví mastných kyselin

Většina mastných kyselin má sudý počet uhlíkových atomů. Více než polovina mastných kyselin jsou nenasycené (obsahují dvojné vazby). Neobvyklé mastné kyseliny se také objevují jako složky olejů a vosků (estery mastných kyselin a alkoholů s dlouhými řetězci) v některých rostlinách.



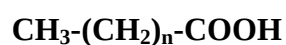
1.4.1 Nasycené mastné kyseliny

Nasycené mastné kyseliny jsou běžnou složkou přírodních lipidů. Obsahují 4 až 60 atomů uhlíků a rovný, nerozvětvený řetězec ponejvíce se sudým počtem uhlíků. Přehled důležitých MK se sudým počtem atomů uhlíku v molekule je uveden v tabulce 2. [2]

Tabulka 2. Nasycené mastné kyseliny

Mastná kyselina	Počet atomů uhlíku	Triviální název
butanová	4	máselná
hexanová	6	kapronová
oktanová	8	kaprylová
dekanová	10	kaprinová
dodekanová	12	laurová
tetradekanová	14	myristová
hexadekanová	16	palmitová
oktadekanová	18	stearová
eikosanová	20	arachová

Obecný vzorec nasycených mastných kyselin

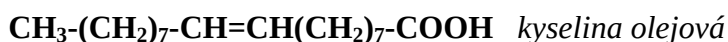


V potravinách bývají složkou lipidů nejčastěji kyselina palmitová a stearová, ale například máslo obsahuje kyselinu máselnou, kapronovou, kaprylovou a kaprinovou, v hovězím loji převládá kyselina stearová a palmitová. Taktéž ve vyšších rostlinách převládají zbytky mastných kyselin s 16 a 18 atomy uhlíku. Tyto mastné kyseliny bývají doprovázeny MK s lichým počtem uhlíků, zejména pentadekanovou a heptadekanovou (margarovou) kyselinou. [2]

1.4.2 Nenasycené mastné kyseliny s jednou dvojnou vazbou (monoenové)

Nenasycené mastné kyseliny se vzájemně od sebe liší počtem atomů uhlíku, polohou dvojně vazby a její prostorovou konfigurací. Mnohé monoenové mastné kyseliny mají triviální názvy, které jsou běžně užívány. Hlavní monoenové mastné kyseliny vyskytující se v lipidech jsou uvedeny v příloze I.

Triviální název se vztahuje pouze na isomer s určitou polohou dvojně vazby. První dvojná vazba nenasyčených mastných kyselin bývá zpravidla mezi C₉ a C₁₀. V mastných kyselinách s větším počtem dvojných vazeb se vyskytují tyto vazby většinou na každém třetím uhlíku. Dvojně vazby nejsou téměř nikdy konjugované (-CH=CH-CH=CH-). Trojně vazby se vyskytují velmi zřídka. Dvojně vazby mají téměř vždy *cis* konfiguraci. [2]



1.4.3 Nenasycené mastné kyseliny s několika dvojnými vazbami (polyenové)

Polyenové mastné kyseliny jsou velmi důležité ve výživě. V přírodních lipidech se jich vyskytuje jen několik.

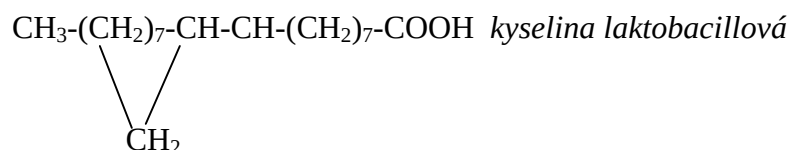
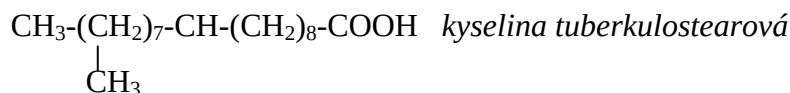
Tabulka 3. Polyenové mastné kyseliny vyskytující se v lipidech

Mastná kyselina	Počet atomů uhlíku	Poloha dvojně vazby	Isomer
hexadekadienová	16	9,12	cis,cis
oktadekadienová	18	9,12	cis,cis
oktadekadienová	18	12,15	cis,cis
oktadekadienová	18	9,12	trans,trans



1.4.4 Mastné kyseliny s trojnými vazbami a různými substituenty

Tyto mastné kyseliny nejsou z hlediska výživy nebo průmyslového využití málo zajímavou skupinou. Příkladem takových mastných kyselin je kyselina tuberkulostearová, nebo laktobacillová.



1.5 Homolipidy

Homolipidy se skládají pouze z mastných kyselin vázaných na alkoholy. Rozdělujeme je výhradně na základě vázaného alkoholu. Většinou je tímto alkoholem glycerol, někdy ethery glycerolu, vyšší jednosytné alifatické alkoholy, alifatické i alicyklické terpenoidní sloučeniny jako jsou například steroidní sloučeniny apod.

Rozeznáváme následující homolipidy:

- estery jednosytných alkoholů
- estery glykolů
- estery glycerolu
- estery vícesytných alkoholů

1.5.1 Estery glycerolu

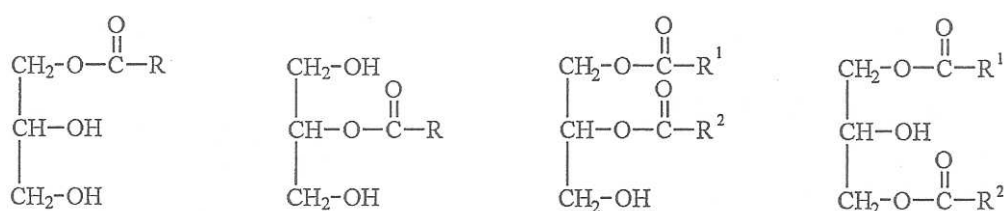
Estery glycerolu představují technologicky nejvýznamnější lipidy. Obvykle se označují podle svého skupenství jako tuky a oleje, které bychom mohli ještě rozdělit podle původu na živočišné a rostlinné. Rostlinné a živočišné tuky a oleje se skládají ze směsi triacylglycerolů (triglyceridů). Jedná se o triestery převážně vyšších mastných kyselin a glycerolu.

- živočišné – tuky (lůj, máslo, sádlo), oleje (rybí tuk)
- rostlinné – tuky (kakaové máslo, palmový tuk), oleje (olivový, řepkový, kukuřičný)

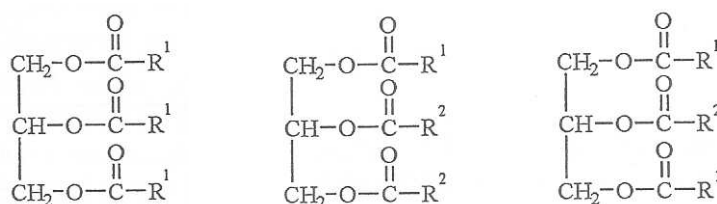
Tuky a oleje (liší se například v tom, že tuky jsou při pokojové teplotě tuhé a oleje tekuté) jsou složité směsi jednoduchých a smíšených triacylglycerolů, jejichž složka tvořená mastnými kyselinami se liší podle druhu organismu. Rostlinné oleje jsou vesměs bohatší na zbytky nenasycených mastných kyselin než živočišné tuky.

Na molekulu glycerolu může být vázána jen jedna mastná kyselina, pak vznikají 1-monoacylglyceroly, které převažují v potravinách nebo 2-monoacylglyceroly. Pokud se na molekulu glycerolu naváží dvě MK, vznikají 1,2- nebo 1,3-diacylglyceroly. Monoacylglyceroly a diacylglyceroly jsou v praxi označovány jako parciální estery glycerolu. Nejvíce se však v přírodě vyskytují triacylglyceroly (dříve nazývané triglyceridy), tzn. že na jednu molekulu glycerolu jsou esterově navázány tři mastné kyseliny.

Pokud jsou na glycerolu navázány tři stejné mastné kyseliny, jedná se o **jednoduché triacylglyceroly**. Příkladem může být 1,2,3-tripalmitoylglycerol, triviálně tripalmitin. Tři acyly odvozené od kyseliny olejové má triolein. Pokud jsou na glycerolu navázány dvě nebo tři různé mastné kyseliny jedná se o **smíšené triacylglyceroly**. Potom vznikají např. triacylglyceroly typu 1-palmitoyl-2-stearoyl-3-oleoylglycerol apod. V přírodních tucích pouze malá část triacylglycerolů má na všech esterových pozicích stejnou mastnou kyselinu, většina z nich jsou smíšené triacylglyceroly.



1-monoacylglycerol 2-monoacylglycerol 1,2-diacylglycerol 1,3-diacylglycerol



jednoduchý triacylglycerol

smíšené triacylglyceroly

Hydrolýzou se tuky štěpí na mastné kyseliny a glycerol. Hydrolýzu můžeme provést minerálními kyselinami, zásadami nebo enzymaticky působením *lipas*. Hydrolytické štěpení triacylglycerolů probíhá v organismu v menší míře *žaludečnými lipasami*, hlavně však *pankreatickou lipasou*, která umožní přechod triacylglycerolů na diacylglyceroly. Na volné mastné kyseliny a glycerol se pak diacylglyceroly rozkládají *intestinální lipasou*.

Tuky jsou vysoce účinné látky pro ukládání metabolické energie. Jsou oxidovány do nižší úrovně než cukry nebo proteiny, a tudíž jejich oxidační odbourávání poskytuje více energie. Plnou oxidací 1 g tuku se uvolní energie kolem 38 kJ.g^{-1} , což je zhruba dvojnásobek obsahu energie sacharidů nebo proteinů o stejné hmotnosti. Nejvíce tukové tkáně je v podkožní vrstvě břišní dutiny. Zajišťuje tepelnou izolaci zejména u tuleňů, velryb a tučňáků.

1.6 Fyzikální vlastnosti tuků a mastných kyselin

O fyzikálních vlastnostech triacylglycerolů rozhoduje charakter acylových zbytků, tj. uhlíkového řetězce odpovídajících MK. Nasycené MK v molekule triacylglycerolu se v plně nataženém tvaru mohou spojovat hydrofobními vazbami a mohou vytvářet stabilní kvazikrystalické struktury. Nenasycené MK mají *cis*- konfiguraci na dvojné vazbě, která fixuje ohyb řetězce a znemožní jeho těsné připojení k sousednímu řetězci. Z tohoto důvodu přítomnost nenasycených MK snižuje teplotu tání triacylglycerolů i ostatních lipidů.

Tabulka 4. Body tání a tuhnutí vybraných tuků

Druh tuku	Bod tání (°C)	Bod tuhnutí (°C)
hovězí lůj	40-50	30-38
vepřové sádlo	28-40	22-42
kakaové máslo	32-36	21-27
ztužené rostlinné tuky	28-42	23-36

Nižší nasycené MK jsou kapalné, od kyseliny dekanové výše jsou při teplotě místnosti tuhé. Jejich bod tání závisí jednak na počtu atomů uhlíku a také na povaze vazeb. Při počtu atomů uhlíku nad 20 se již bod tání příliš nemění. Čím je větší počet vázaných nasycených mastných kyselin, tím vyšší je bod tání tuku.

Nižší MK jsou těkavé za atmosférického tlaku, vyšší MK jsou netěkavé. Bod varu roste s rostoucím počtem atomů uhlíku, počet dvojných vazeb nemá na bod varu významný vliv. Mastné kyseliny s krátkým uhlíkovým řetězcem jsou s vodou mísitelné, další jsou rozpustné. [2] Rozpustnost ve vodě rychle klesá s rostoucím počtem atomů uhlíku v molekule.

Tabulka 5. Charakteristické hodnoty fyzikálních a chemických veličin triacylglycerolů

Triacylglyceroly mastných kyselin	Molekulová hmotnost	Číslo zmýdelnění	Bod tání (°C)	Bod varu(°C) při 0,13Pa	Index lomu při 60°C
kapronová	386,51	436	-25,0	85	-
kaprylová	470,67	358	8,3	128	-
kaprinová	554,83	303	31,5	159	1,4370
laurová	638,98	263	46,4	188	1,4402
myristová	723,14	233	57,6	216	1,4428
palmitová	807,34	208	65,5	239	1,4452

Kyselina kaprylová má ve svém řetězci osm atomů uhlíku a je součástí skupiny nasycených mastných kyselin, vyskytujících se v olejích a živočišných tucích. Název kyseliny kaprylové je odvozen od slova *caper*, což latinsky znamená kozel. Je to bezbarvá, průhledná, lehce nažloutlá olejová kapalina s nepříjemným zápachem. Uplatnění nachází ve výrobě parfémů, medicíně, jako potravinářské aditivum nebo ve farmacii. [3]

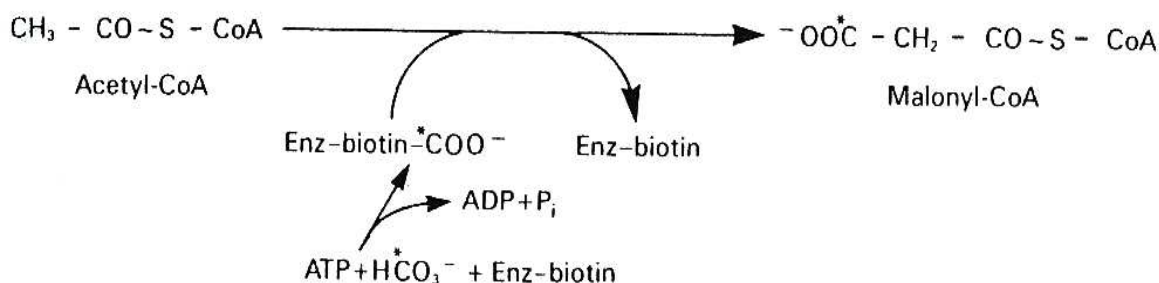
1.7 Biosyntéza mastných kyselin

Podobně jako mnoho jiných degradačních a syntetických procesů, byla syntéza MK (lipogeneze) považována za obrat oxidace probíhající uvnitř mitochondrií. Nyní je zřejmé, že za úplnou syntézu MK z acetyl-CoA odpovídá vysoce aktivní extramitochondriální systém lokalizovaný v cytosolu.

Protože má lipogenetická dráha u lidí menší význam, není překvapující, že neexistují závažná onemocnění spojená s poruchami této metabolické dráhy. Individuální rozdíly

v její aktivitě mohou mít pouze významný vliv na vývoj obezity a na jednu z poruch *insulin-dependentního diabetu mellitus typu I*.

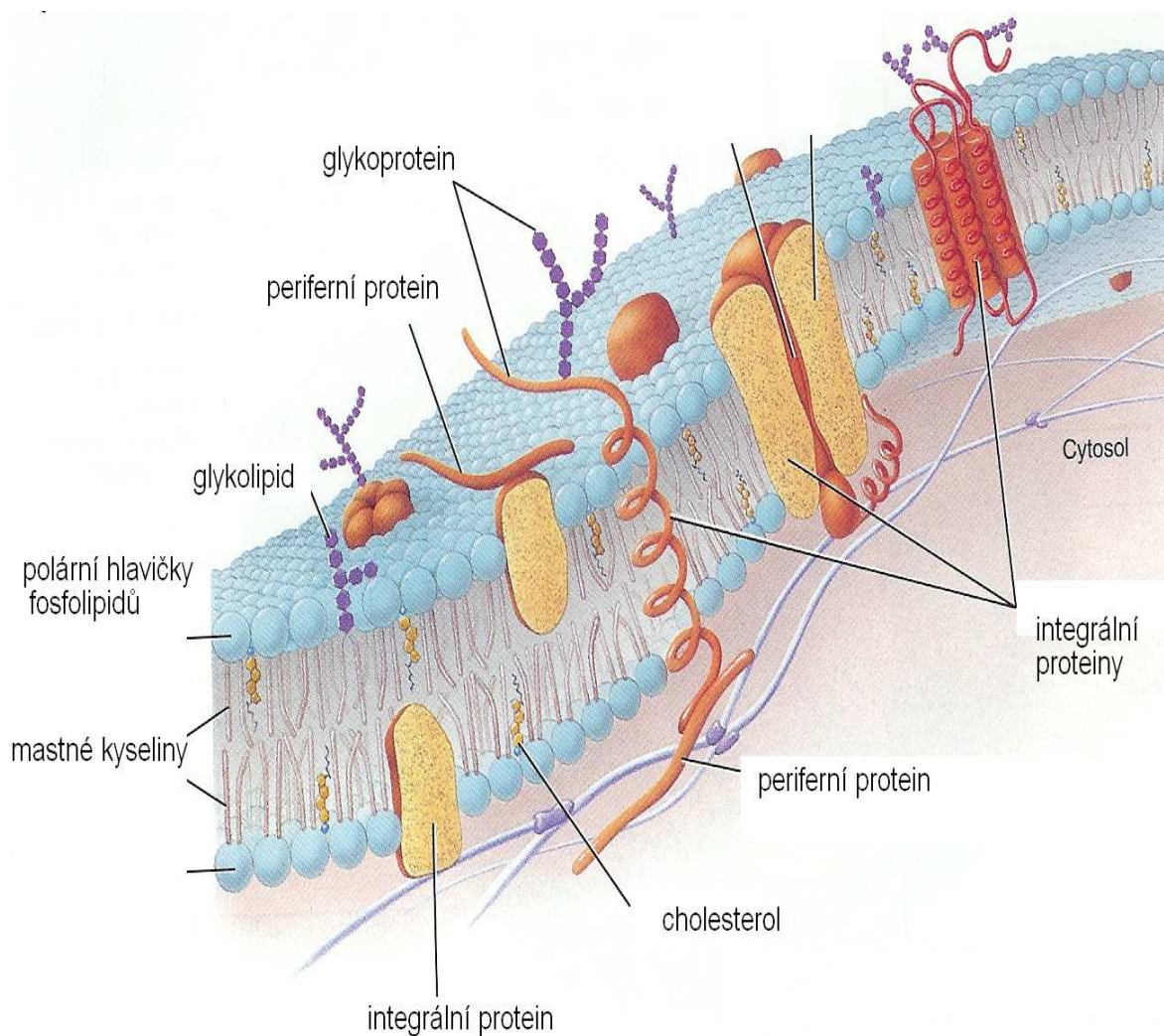
Hlavní dráha syntézy MK se vyskytuje v cytosolu. Tento systém se vyskytuje v mnoha tkáních, včetně jater, ledvin, mozku, plic, mléčných žláz a v tukové tkáni. Produkce malonyl-CoA představuje první a současně regulační krok při syntéze MK. Pro první reakci je nezbytný hydrogenuhličitan jako zdroj CO_2 pro karboxylaci acetyl-CoA na malonyl-CoA za účasti ATP a *acetyl-CoA karboxylasy*. Tento enzym vyžaduje jako kofaktor biotin (vitamin H).



Obr. 2. Biosyntéza malonyl-CoA

V mléčné žláze jsou pro acylové zbytky C_8 , C_{10} , a C_{12} zvláštní *thioesterasy*, které se následně objevují v mléčných lipidech. V mléčné žláze přežvýkavců jsou tyto enzymy součástí komplexu syntézy MK. K prodlužování řetězce MK dochází v endoplazmatickém retikulu. Mikrosomální systém prodlužuje acyl mastné kyseliny na koenzymu A na acyl-CoA (o 2 uhlíky delší) za pomoci malonyl-CoA jako donoru acetylu a NADPH jako reduktantu. Syntéza se většinou zastaví po dosažení 16 až 18 atomů uhlíku. Mechanismus syntézy je uveden příloze II.

Lipogenese je regulována stavem výživy. Mnoho živočichů, včetně lidí, přijímá potravu v rozdělených dávkách a proto musí skladovat energii získanou z potravy mezi jednotlivými jídly. Lipogenese je založena na konverzi glukózy a jejích intermediátů, jako je pyruvát, laktát a acetyl-CoA na tuky. Lipogenese je regulována hormonem insulinem, který lipogenezi stimuluje zvýšeným transportem glukózy do buněk. [5]



Obr. 3. Biomembrána s navázanými MK ve fosfolipidové dvouvrstvě

1.8 Získávání tuků a olejů

1.8.1 Získávání živočišných tuků

Živočišné tuky se získávají nejčastěji působením horké vody, která tuk vyplaví a pak se oddělí od vodné fáze. Naopak mléčný tuk se získává z mléka odstředěním frakce bohaté na tuk (smetana) od vodné fáze (vlastního mléka). Ze smetany se tuk mechanicky oddělí od podmásle obrácením emulze na typ voda v oleji. Kromě tuku obsahuje asi 20 % netukových podílů, hlavně vody. [2]

1.8.2 Získávání rostlinných tuků, olejů a mastných kyselin

Hlavní zdroje surového oleje a tuku jsou semena a plody rostlin. Tuky palmových semen mají vysoký obsah kyseliny laurové, myristové a kyseliny s 6 až 10 atomy uhlíku. (příloha II)

Nejběžnějšími průmyslovými technologiemi získávání surových rostlinných olejů a tuků jsou:

- přímé extrakce rozpouštědly (nejčastěji hexanem) ze semen rostlin s nízkým obsahem oleje
- mechanické vytlačování (lisování) ze semen s vysokým obsahem oleje

Nejčastěji se u olejnin s vysokým obsahem oleje používá kombinace mechanického vytlačování nižším tlakem, tzv. předlisování s následujícím ovlhčením. Záhřevem se rozloží přítomné lipoproteiny a poté se vločky připravené ze semen lisují v kontinuálních šnekových lisech. Vzniklé šroty o obsahu 15 až 20 % tuku se extrahují v kontinuálně pracujících extraktorech. Zbylý extrahovaný šrot obsahuje 2 až 3 % zbytkového tuku se značným podílem heterolipidů. Tento způsob se pokládá za nejúčelnější, neboť výtěžek je největší, předlisování nevyžaduje vysoký tlak a nedochází k velkému zahřívání materiálů. [1, 2]

Získávání rostlinných olejů, tuků a mastných kyselin lisováním

Lisování je nejstarší způsob získávání olejů, který se provádí mechanickým tlakem v lisech různých typů. Semena a plody olejnatých rostlin obsahují různá množství vody, závisující na druhu olejnin a na vlhkosti prostředí. Semena jsou hygroskopická a obsah vody v nich je úměrný relativní vlhkosti vzduchu. Vysoký obsah vody je nevhodný pro zpracování a nebezpečný při skladování (nastává zapaření). Je nutné provést sušení a to ve dvou periodách. V první se vypařuje voda z povrchu a ve druhé zevnitř semen.

Následujícím technologickým krokem je čištění semen od anorganických (hlína, písek, kaménky) a organických nečistot (slupky, stonky, prach). Používají se různá síta, aspirátory, magnety a kombinace. Na těchto zařízeních dochází k odslupkování pro získání většího povrchu, rozrušení rostlinného pletiva i buněčných blan. Pro otevření buněk

obsahujících olej se provádí úprava semena plodů drcením a mletím na malé částice a deformace těchto částic na tenké vločky nebo drobnou drť.

Lisováním se rozumí vytlačování oleje z olejnatého materiálu mechanickým tlakem. Získávání oleje je ovlivněno hlavně obsahem vody, složením olejnin a způsobem úpravy před lisováním. Panenské oleje (nejčastěji olivové) se získávají pouze lisováním bez předcházejícího záhřevu.

Získávání rostlinných olejů, tuků a mastných kyselin extrakcí

Extrakcí se rozumí rozpouštění oleje a MK v olejnatém materiálu vhodným rozpouštědlem a jejich získání z roztoku odpařením tohoto rozpouštědla. Výhody získávání oleje extrahováním spočívají ve vysokých výtěžcích a možnosti rentabilního získávání oleje i ze surovin s nízkým obsahem a lepší jakostí rostlinného zbytku. Materiál obsahuje čtyři základní složky: olej, rostlinné pletivo, vodu a uzavřený vzduch. Předpokládá se, že rozpouštědlo při styku s materiálem vytlačuje z dutin vzduch, naplňuje je a vniká do kapilár rozrušenou strukturou materiálu. Olej se rozpouští a vzniká jeho roztok v rozpouštědle, tzv. micela. Vznikající micela ulpívá na povrchu částic a její koncentrace se vyrovnává s koncentrací volné micely obklopující částice. Tím je možné dosáhnout maximálního extrakčního efektu. Pro extrakční rychlost je rozhodující rychlost toku viskózní micely v kapilárním systému.

Rafinace olejů a tuků

Surové tuky a oleje je třeba před dalším zpracováním zbavit převážně látek netukového charakteru (příloha III). Tyto látky je možno rozdělit na nerozpustné (mech. nečistoty, minerální látky, buněčné tkáně, bílkoviny sacharidů) a rozpustné (volné mastné kyseliny, fosfolipidy, dusíkaté sloučeniny a jejich komplexy se sacharidy, lipochromy, alkoholy, uhlovodíky, fyziologicky účinné látky, jako tokoferoly, steroly, vitaminy A, D, E, K a vosky).

Cílem rafinace je zušlechtit surovinu tak, aby byla zdravotně nezávadná, vůní a chutí příjemná, popřípadě neutrální, vyhovující barvou a dostatečnou trvanlivostí.

Technologický postup rafinace

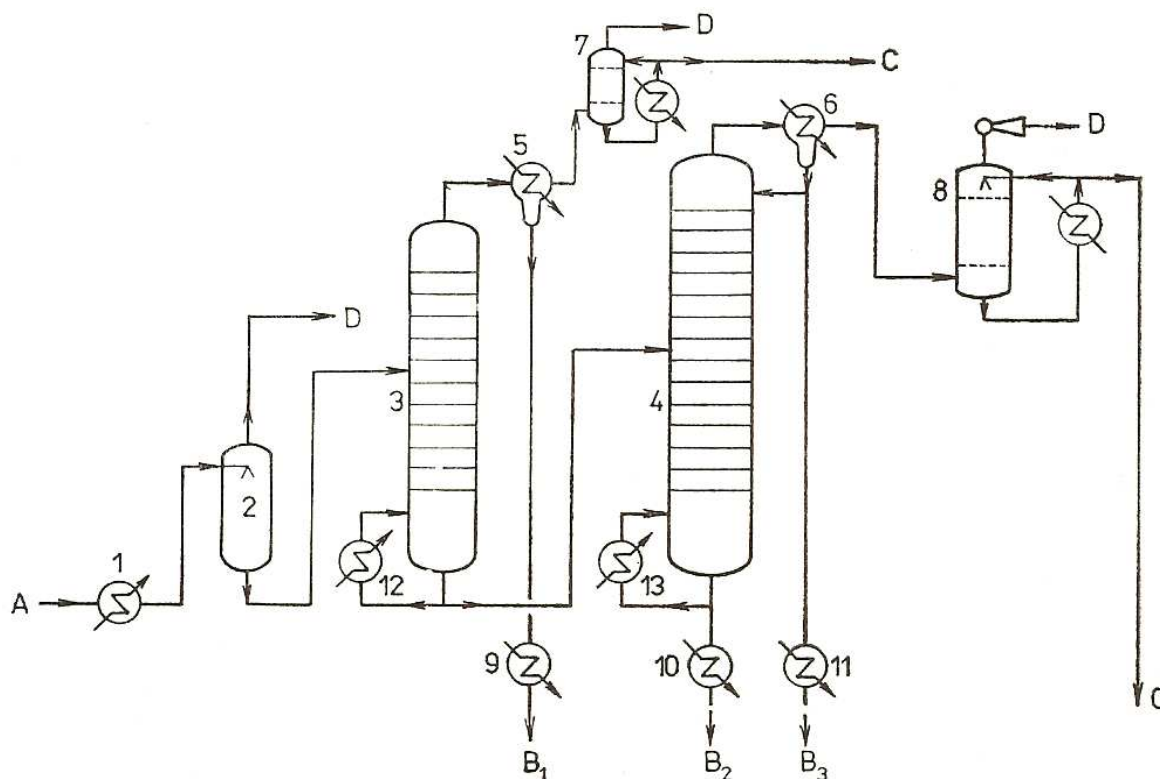
- **odslizování (hydratace)** – cílem je odstranit z olejů a tuků všechny průvodní látky, které jsou v olejích suspendovány v nerozpustné formě a z původně rozpustných látek v olejích ty, které za přítomnosti vody jsou hydratovatelné, popřípadě při zvýšené teplotě mohou koagulovat. To spočívá v záhřevu surového oleje s vodou nebo s roztoky kyselin a následným oddělením sraženiny.
- **odkyselování** – surové tuky, oleje a MK obsahují kolísavé množství volných mastných kyselin, vzniklých enzymovým, popřípadě autooxidačním štěpením triacylglycerolů. Běžná hodnota je v rozmezí 0,5 až 3,5 %. Výjimku tvoří kokosový a palmojádrový olej, který obsahuje 5 až 7 % MK. Volné mastné kyseliny se musí dokonale odstranit, poněvadž ovlivňují negativně jejich chuť a vůni. Tímto způsobem lze oddělit i kyselinu kaprylovou z mastných kyselin. Odkyselení oleje probíhá alkalickou rafinací což je neutralizace hydroxidem nebo uhličitánem sodným, kdy klesne obsah volných mastných kyselin pod hranici 0,1 %.
- **deodorace** – je poslední stupeň rafinace olejů, tuků a MK. Jejím cílem je odstranit látky, které jsou nositeli nežádoucích vůní a chuti (nasycené a nenasycené uhlovodíky). Odstranění těchto nežádoucích, převážně těkavých látek se provádí destilací vodní parou za vakua. Tímto způsobem je možno získat těkavou kyselinu kaprylovou. [1,2]

Frakcionace mastných kyselin

Mastné kyseliny získané průmyslově štěpením tuků a destilací obsahují vždy řadu mastných kyselin, jejichž složení závisí na druhu výchozího tuku. Při rektifikaci směsí mastných kyselin se zpravidla zajímáme o získání destilačních frakcí mastných kyselin, jejichž obsah je v surovině vysoký, zatímco destilační zbytky se zužitkují jako směsi mastných kyselin.

Pro získání destilačních frakcí mastných kyselin $C_6 - C_{16}$ se používají mastné kyseliny z kokosového a palmojádrového oleje. Počet destilačních frakcí, které se z jednotlivých typů surovin získávají, se pohybuje od dvou do pěti, takže se v praxi vystačí s rektifikační stanicí s jednou až čtyřmi rektifikačními kolonami.

Podstata rektifikace (frakční destilace) spočívá v tom, že směs par mastných kyselin vznikajících při jednoduché destilaci je v protiproudu vedena proti kondenzátu těchto par a to tak, aby mezi kapalnou a plynnou fází docházelo k intenzivnímu styku. Přestupem hmoty, který potom nastává, se pak dosahuje rozdělení původní kapalné směsi mastných kyselin.



Obr. 4. Dvukolonová rektifikace mastných kyselin: 1 - přehříváč, 2 - sušič, 3,4 – rektifikační kolony, 5, 6 – povrchové kondenzátory, 7, 8 – sprchové kondenzátory, 9, 10, 11 – chladiče, 12,13 – přehříváče, A – štěpené mastné kyseliny, B₁, B₂, B₃ – destilační frakce mastných kyselin, C – lehce těkavý podíl, D – zdroj vakua

Jednoduché zařízení pro rektifikaci mastných kyselin se skládá z vařáku, v němž se vyrábí směs par, které vstupují do rektifikační kolony, kde dochází k rozdělení směsi z kondenzátu sloužícího ke zpětné kondenzaci par složky o nižším bodu varu, které opouštějí rektifikační kolonu. Část získaného kondenzátu se jako zpětný tok (reflux) vrací do rektifikační kolony a stéká dolů proti stoupajícím páráům. Zbytek kondenzátu se přes chladič odtahuje jako produkt dělicí operace (destilační frakce). Zbývající část rektifikované kapalně směsi je jako produkt o vyšším bodu varu (zbytek) odtahována z vařáku nebo je vedena do další rektifikační kolony, pokud se požaduje rozdělení na více frakcí. [1]

1.9 Využití kyseliny kaprylové v potravinářském průmyslu

Jednou z možností využití kyseliny kaprylové je její použití jako aditivum do potravinářských výrobků. Aditiva, neboli přídatné látky jsou látky, které se z technologických důvodů záměrně přidávají do potravin při jejich výrobě a stávají se tak součástí konečné potraviny. K nejvíce používaným přídatným látkám patří barviva, náhradní sladidla, konzervační látky, antioxidanty, látky chuťové a zahušťovadla. Každé aditivum, které má být schváleno pro použití do potravin, musí projít přísným hodnocením zdravotní nezávadnosti. [4]

Tabulka 6. Seznam názvů potravin v nichž je možné použít E471

Název potraviny obsahující E 471	NPM ³⁾ mg.l ⁻¹ nebo mg.kg ⁻¹
kakao, čokoláda a výrobky z čokolády	NM ⁴⁾
džemy a výběrové rosoly	NM ⁴⁾
ovocné pomazánky a podobné výrobky z ovoce včetně těchto výrobků se sníženým obsahem využitelné energie	NM ⁴⁾
předvařená rýže	NM ⁴⁾
neemulgované oleje a tuky živočišného nebo rostlinného původu (kromě panenských olejů a olivových olejů)	10 000
oleje a tuky živočišné nebo rostlinného původu speciálně určené k vaření a/nebo smažení a pro přípravu omáček	10 000
chléb (druhy připravené výlučně z mouky, vody, soli, droždí, kypřících látek a koření)	NM ⁴⁾
nesušené (čerstvé) těstoviny	NM ⁴⁾
běžný francouzský chléb	NM ⁴⁾

³⁾ nejvyšší povolené množství

⁴⁾ nezbytné množství podle § 2 odst.1 vyhláška č. 446 /2004Sb.

Vyhláška 446/2004Sb. ze dne 16. července 2004 stanoví chemické požadavky na zdravotní nezávadnost jednotlivých druhů potravin a potravinových surovin, podmínky použití látek přídatných (aditiv), pomocných a potravních doplňků. Dále v §1 tato vyhláška stanoví přípustná množství látek kontaminujících, které smějí potraviny a potravinářské suroviny obsahovat. Tato vyhláška taktéž stanoví seznam názvů potravin, kde je možno využít aditivum E 471. [4,6]

Kyselina kaprylová se používá jako emulgátor, tj. látka umožňující tvorbu stejnorodé směsi dvou nebo více nemísitelných kapalných fází. Každé aditivum má své značení, které se skládá z písmene E a trojmístného číselného kódu. Mono a diacylglyceroly mají označení E 471 a slouží jako emulgátory a stabilizátory. Sodné, draselné a vápenaté soli mastných kyselin jsou označeny E 470 a slouží jako emulgátory, stabilizátory a protispékavé látky. [6]

Potraviny a potravinové suroviny, které obsahují vyšší než povolené množství látek přídatných a pomocných, nelze uvádět do oběhu. Nejvyšší přípustné množství se pro látky přídatné stanoví číselnou hodnotou nebo množstvím nezbytným pro dosažení zamýšleného technologického účinku při zachování správné výrobní praxe (dále jen „nezbytné množství“ - NM). [6]

Množství látky E471, která může být používána k výrobě kojenecké výživy, vyrobené na bázi kravského mléka a určené k výživě kojenců do ukončeného čtvrtého měsíce věku pokud nemohou být kojeni (počáteční mléčná výživa) a k výrobě výživy pro nedonošené děti a děti s nízkou porodní hmotností je 4000 NPM mg.l⁻¹ resp. mg/kg

Množství látky E471, která smí být používána při výrobě příkrmů pro kojence a malé děti - piškoty, sušenky a suchary, obilné výrobky, ostatní výrobky pro kojence a malé děti činí 5000 NPM mg.l⁻¹ resp. mg/kg

1.10 Využití mastných kyselin ve farmaceutickém průmyslu

Protilátky, které jsou preparovány z neporušeného koňského imunoglobulinu G (IgG) jsou používány v lidské medicíně k léčbě různých otrav způsobených kousnutím a píchnutím různými zvířaty, jako jsou hadi, pavouci, štíři, mořští živočichové nebo kontaktem s jedovatými rostlinami. Protilátky jsou získávány fragmentací plazmatu získaného z naočkovaných koní, nebo méně často z ovcí. Výrobní proces zahrnuje použití *pepsinu*, trávícího enzymu *papainu*, sraženinu sulfidu amonného, sraženinu soli kyseliny kaprylové, tepelnou koagulaci nebo chromatografii. Většina výrobních procesů nemá zavedenou virovou deaktivaci, protože nebyl zatím zaznamenán virový přenos na člověka těmito protilátkami. V poslední době vznikla potřeba provést důkladné hodnocení virové bezpečnosti dle seznamu chorob, které jsou přenosné ze zvířat na člověka. Tato studie diskutuje možnosti některých výrobních kroků k zabránění virové kontaminace. Analýzy výrobních údajů ukazují, že úpravou izolátů koňských imunoglobulinů na kyselé pH pomocí sraženin s kyselinou kaprylovou lze tyto využít k výrobě některých lidských IgG výrobků, které mají lepší potenciál k virové deaktivaci protijedů. [7]

1.11 Využití kyseliny kaprylové ve veterinární medicíně

Předmětem studie bylo vytvořit výrobní proces jako prostředek k frakcionaci koňské $F(ab')_2$ protilátky. K získání optimálních podmínek pro efektivní separaci IgG, albuminu, pepsinu a kyseliny kaprylové (CA) z $F(ab')_2$ produktu byl testován analytický kationtový výměník.

Ze sraženiny kyseliny kaprylové a pepsinu byla metodou sloupové chromatografie s využitím lineárního solného gradientu postupným vyluhováním získána $F(ab')_2$ protilátka. Celková návratnost protilátky byla 65 %. Tento proces současně a efektivně odstranil zbytkový pepsin, celky s vysokou molekulovou hmotností a kyselinu kaprylovou z finálního $F(ab')_2$ produktu a mohl by být vhodný pro širokou škálu frakcionací terapeutických koňských protijedů. [8]

Další výzkum si dal za cíl zjistit vliv podávání dietního sojového oleje, s 52,6 % kyseliny linolové, na lipidový metabolismus u dvouletých vykastrovaných bílých koz z Holandska. Jako kontrolní oleje byly využity produkty s triacylglyceroly se středními

řetězci triacylglycerolů obsahující 48,9 %, kyseliny kaprylové (C₈) a 41% kyseliny kaprinové (C₁₀). Šest koz bylo krmeno stravou obsahující buď sojový olej nebo směs triacylglycerolů dle křížového modelu 21 x 21 dní. Příděly obsahovaly okolo 15% syrového tuku v sušině. Krmivo se sojovým olejem výrazně zvyšovalo absolutní množství kyseliny linolové v plazmě. Obsahy heptadekanové kyseliny (C₁₇) v plazmě se snížily krmením stravou se sojovým olejem. Skladba mastných kyselin v červených krevních buňkách nebyla ovlivněna dietními tuky. Dietní sojový olej významně zvyšoval v plazmě celkový cholesterol o 47 %, HDL cholesterol o 50 % a fosfolipidy o 39 %, ale v plazmě zůstal obsah triacylglycerolů a neesterifikovaných mastných kyselin (kaprylová, kaprinová) nezměněn. Výsledkem studie bylo zjištění, že dietní linolenová kyselina může unikát z biohydrogenace v bachoru koz a ukázala, že typ podávaného dietního tuku má značný vliv na lipidový metabolismus u koz. [9]

1.12 Výzkumné trendy při využívání kyseliny kaprylové

Kyselina kaprylová nachází využití při vývoji nových emulgujících glykolipidů z bakteriálního kmene, který byl izolován v ledové mořské vodě v oblasti stanice Terra Nova Bay nacházející se v Antarktidě u Rossova moře. Antarktická psychrotrofní bakterie *Halomonas* sp. ANT.3b byla izolována na minerálním prostředí doplněném 2 % naftového paliva, sloužícího jako výhradní uhlíkový a energetický zdroj pro běžný růst. Bakterie rostla v minerálním prostředí doplněném n-hexadekanem při teplotě mezi 4 a 20°C. Výsledkem byla produkce emulgující sloučeniny, pokud však bylo minerální prostředí doplněno o D-fruktosu, pak nedocházelo k produkci této emulgující sloučeniny. Byla provedena předběžná charakteristika tohoto ulgátoru, který z poloviny obsahoval směs mastných kyselin s následujícím složením v molárních poměrech: kyselina kaprylová 18,85; kyselina myristová 1,0; kyselina palmitová 9,68; kyselina almitoolejová 5,69. Polysacharidová složka obsahovala směs cukrů v následující poměrech: mannosy 1,71; galaktosa 1,1; glukosa 2,96. [10]

Předmětem další studie byl extrakční proces oleje z brutnákového semene, kdy se zkoumal vliv rozdílných lisovacích tlaků CO₂ a přidavek methylesteru kyseliny kaprylové jako rozpouštědla. Zvýšení tlaku CO₂ z 10 na 35 MPa způsobilo zvýšení výtěžnosti z 0,14 na 24,3 % (w/w) při zanedbatelných změnách ve složení výtěžku. Nejvyšší rozpustnost čistého methylesteru kyseliny kaprylové v hustém CO₂ bylo stanoveno při 10 a 30 MPa (přibližně 1g esteru v 1g CO₂). Přídavek tohoto rozpouštědla

zvyšoval výtěžnost čistého extraktu až 47,8 krát při 10MPa, 2,4 krát při 20 a 30MPa. Protože ester kyseliny kaprylové má vysokou rozpustnost při 0,001Pa je jednoduché oddělit rozpouštědlo, které tvořilo pouze 4,22 % z celého extraktu brutnákového semene. [11]

Další výzkum byl proveden na bázi syntézy nových triacylglycerolů obohacených o n-3 polynenasycené mastné kyseliny, o kyselinu eikosapentaenovou (EPA) a dokosaheptaenovou (DHA). Bylo použito acidolýzy oleje z tresčích jater, za přítomnosti kyseliny kaprylové. Celý tento děj byl katalyzován imobilizovanou lipasou. Bylo vypracováno reakční schéma, kde došlo pouze k výměně mastných kyselin na pozici 1 a 3 hlavního řetězce glycerolu kyselinou kaprylovou. Výsledné složení triacylglycerolů bylo C₈ 57 %, EPA 5,1 %, DHA 10%, a 6,3 % kyseliny palmitové. Tento triacylglycerol by mohl být v budoucnu povolen jako vhodný doplněk stravy. [12]

Novým trendem ve výzkumu triacylglycerolů z palmového oleje je jejich syntéza s vysokým zastoupením MK. Enzymatická acidolýza rafinovaného, vyběleného a deodorizovaného palmového oleje s kyselinou kaprylovou byla uskutečněna v bioreaktoru s vrstvou ionexu ve filtru k výrobě strukturovaných lipidů. Ty slouží ke konzumaci a přenášejí metabolický benefit. V této studii byl použit jako biokatalyzátor enzym specifické 1,3 lipázy z lipozomu IM 60 bakterie *Rhizopus miehei*. Po 24 hodinách kdy reakce probíhala, tvořila kyselina kaprylová 30,5 % z veškerého obsahu MK v modifikovaném palmovém oleji. [13]

Mezi hlavní patogeny zapojující se do degradace potravinářských výrobků (bombáží) patří *Listeria monocytogenes* a *Escheria coli* O157:H7. Touto degradací jsou postihovány nepasterované i pasterované mléčné pokrmy a produkty. Byl sledován antibakteriální účinek kyseliny kaprylové (CA, C₈) a jejího monoglycerolu „monokaprylinu (MC)“ na *L. monocytogenes* a *E. coli* O157:H7 v mléce. Do vzorků pasterovaného mléka obsahující dané koncentrace C₈ a MC byly naočkovány směsí těchto mikroorganismů. Při teplotě 37°C měly všechny vzorky sníženu populaci obou patogenů přibližně o 5,0log CFU/ml za 6 hodin. Výsledky ukázaly, že MC může být potenciálně použit k potlačení *L. monocytogenes* a *E. coli* O157:H7 v mléce a mléčných výrobcích, ale je ještě potřeba provést senzorické studie předtím, než se doporučí jejich použití. [14]

Potravinové konzervační prostředky chránící potraviny před botulinovým toxinem byly konfrontovány na protibotulinovou účinnost za přídatku volných mastných kyselin kaprylové, kapronové, myristové, olejové a linoleové do sledovaných vzorků.

Při dodání 20 % tuku bylo prokázáno výrazné snížení protibotulinového účinku. Tato studie ukázala, že tuk může snižovat účinnost proti mikrobiálních přípravků přidaných, nebo přirozeně se nacházejících v potravinách. [15]

ZÁVĚR

Bakalářská práce předkládá ucelený přehled zařazení kyseliny kaprylové do velké skupiny organických látek a představuje hlavní trendy v jejím průmyslovém využití.

Kyselina kaprylová je získávána průmyslovou technologií ze semen a plodů rostlin (palmového semena), které mají vysoký obsah mastných kyselin s 6 až 10 atomy uhlíku v řetězci. Využití kyseliny kaprylové je rozděleno na stávající praxi a na seznámení se s trendy, které jsou ve světě nastartovány. V současnosti se kyselina kaprylová využívá v potravinářství jako přídatná látka (aditivum), která slouží jako emulgátor s označením E471 a je využívána v potravinách dle vyhlášky 446/2004Sb.

Dalším sledovaným odvětvím je farmaceutický průmysl, kde je diskutována problematika důkladného přehodnocení virové bezpečnosti protilátek získaných z neporušeného koňského imunoglobulinu a tím zabránění virové kontaminace ze zvířete na člověka. Ve veterinární medicíně byl vytvořen výrobní proces vhodný pro získání široké škály terapeutických koňských protijedů. Dále byl sledován vliv dietního sojového oleje na lipidový metabolismus u koz za současného podávání kontrolních olejů obsahujících kyselinu kaprylovou a jiné MK.

Využití kyseliny kaprylové ve výzkumu obsahuje nové trendy, které nemají přesné zařazení k jednotlivým odvětvím průmyslu. Jedná se o studie vyvíjející nové emulgující glykolipidy z bakteriálních kmenů, které obsahují směs MK s důležitým zastoupením kyseliny kaprylové. Další studie se zabývají vlivem různých lisovacích tlaků CO₂ s přídavkem methylesteru kyseliny kaprylové jako rozpouštědla na extrakční proces brutnákového oleje. Následující výzkum byl prováděn na triacylglycerolu, který byl obohacen o polynenasycené MK. Bylo vypracováno reakční schéma, kdy došlo pouze k výměně MK na pozici 1 a 3 hlavního řetězce glycerolu kyselinou kaprylovou. V budoucnu by se mohl takto upravený triacylglycerol stát vhodným doplňkem stravy. Jiná studie popisuje získání triacylglycerolu z palmového oleje se zastoupením kyseliny kaprylové pomocí enzymatické acidolýzy v bioreaktoru na výrobu strukturovaných lipidů při použití specifické lipázy. Takto upravený triacylglycerol by při konzumaci přinášel metabolický benefit. V další studii byl sledován antibakteriální účinek kyseliny kaprylové a jejího monoacylglycerolu na mikroorganismy *Listeria Monocytogenes* a *Escheria coli* O157:H7 v mléce a mléčných výrobcích. Bylo provedeno srovnání potravinových konzervačních

prostředků chránící potraviny před botulinovým toxinem s konzervačním prostředkem obohaceným o MK. Bylo prokázáno výrazné snížení protibotulinového účinku právě u konzervačních prostředků s kyselinou kaprylovou.

Z těchto studií vyplývá, že lze pokračovat cestou výzkumu vlivu kyseliny kaprylové na bakteriální mikroflóru, dále je možno zabývat se izolací a syntézou emulgujících glykolipidů. Neméně zajímavou cestou je obohacování potravinových doplňků o triacylglyceroly, které váží alespoň 2 molekuly kyseliny kaprylové do své molekuly a tím zvyšují potravinový benefit. Světový výzkum taktéž směřuje na oblast imunologie, která již s menšími úspěchy využívá právě kyselinu kaprylovou.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] POKORNÝ, J., DUBSKÁ, L.: *Technologie tuků*, Praha :SNTL, 1986, s. 450
- [2] VELÍŠEK, J.: *Chemie potravin 1*, 1.vyd., OSSIS, Tábor, OSSIS, 1999, s. 352
ISBN 80-902391-3-7
- [3] ŠTEKLOVÁ, V.: Aplikace kyseliny kaprylové na celkový počet mikroorganismů na kůži chlazené drůbeže (metodou emulgate kyseliny kaprylové), [SVOČ], UTB ve Zlíně, 2005, s. 21
- [4] KAŠPÁRKOVÁ, E.: Vliv kyseliny kaprylové na celkový počet mikroorganismů na kůži chlazené drůbeže (metodou stěru), [SVOČ], UTB ve Zlíně, 2005, s. 25
- [5] MURRAY, R. K., GRANNER, D. K., MAYES, P. A., RODWELL V. W.: *Harperova biochemie, Lange medical book*, 4.vyd., Nakladatelství H+H, 2002, ISBN, 80-7319-013-3, s. 872
- [6] Vyhláška 446/2004 Sb. Ministerstva zdravotnictví ze dne 16. července 2004
- [7] BURNOUF, T., GRIFFITHS, E., PADILLA, A., SEDDIK, S., STEPHANO, M. A., GUTIÉRREZ J.: Assessment of the viral safety of antivenoms fractionated from equine plasma. *Biologicals*. **32**, 2004, 3, 115-128
- [8] RAWEERITH, R., RATANABANANGKOON, K.: Fractionation of equine antivenom using caprylic acid precipitation in combination with cationic ion-exchange chromatography. *Journal of immunological methods*. **282**, 2003, 63 – 72
- [9] YEOM, K.-H., SCHONEWILLE, J. T., EVERTS, H., ZOET, J.M., BEYNEN, A.C.: Impact of dietary soybean oil versus medium-chain triglycerides on plasma fatty acids in goats. *Small Ruminant Research*. **48**, 2003, 201–208
- [10] PEPI, M., CESARO, A., LIUT, G., BALDI, F.: An antarctic psychrotrophic bacterium *Halomonas* sp. ANT-3b, growing on *n*-hexadecane, produces a new emulsifying glycolipid. *FEMS Microbiology Ecology*. 2004,
- [11] DAUKŠAS, E., VENSKUTONIS, P. R., SIVIK, B.: Supercritical fluid extraction of borage (*Borago officinalis* L.) seeds with pure CO₂ and its mixture with caprylic acid methyl ester. *The Journal of Supercritical Fluids*. **22**, 2002, 3, 211-219

-
- [12] PAES, B. C., MEDINA, A. R., RUBIO, F. C., MORENO, P. G., GRIMA E. M.: Production of structured triglycerides rich in n-3 polyunsaturated fatty acids by the acidolysis of cod liver oil and caprylic acid in a packed-bed reaktor: equilibrium and kinetics. *Chemical Engineering Science*. **57**, 2002, 8, 2002, 1237-1249
- [13] LAI, O.M., LOW, C.T., AKOH, C.C.: Lipase catalyzed acidolysis of palm olein and caprylic acid in a continuous bench-scale packed bed bioreactor. *Food Chemistry*. **92**, 2004, 3, 527-533
- [14] NAIR, M.K.M., VASUDEVAN, P., HOAGLAND, T., VENKITANARAYANAN, K.: Inactivation of *Escheria coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes* in milk by caprylic acid and monocaprylin. *Food Mikrobiology*. **21**, 2004, 5, 611-616
- [15] GLASS, A. K., JOHNSON, A.E.: Antagonistic effect of fat on the antibotulinal activity of food preservatives and fatty acids. *Food Mikrobiology*. **21**, 2004, 6, 675-682

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

MK	mastná kyselina
C ₆	kyselina kapronová
C ₈ , CA	kyselina kaprylová
C ₁₀	kyselina kaprinová
C ₁₂	kyselina laurová
C ₁₄	kyselina myristová
C ₁₆	kyselina palmitová
C ₁₇	kyseliny heptadekanová
IgG	Imunoglobulin G
EPA	kyselina eikosapentaenová
DHA	kyselina dokosaheptaenová
MCT	triacylglyceroly se středně dlouhými řetězci mastných kyselin
MC	monokaprylin – monoacylglycerol kyseliny kaprylové
NADPH	nikotinaminadeninukleotid fosfát (redukovaná forma)

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Biomembrána - struktura fosfolipidové dvouvrstvy.....	9
Obr. 2. Biosyntéza malonyl-CoA	16
Obr. 3. Biomembrána s navázanými MK ve fosfolipidové dvouvrstvě	17
Obr. 4. Dvoukolonová rektifikace mastných kyselin	21

SEZNAM TABULEK

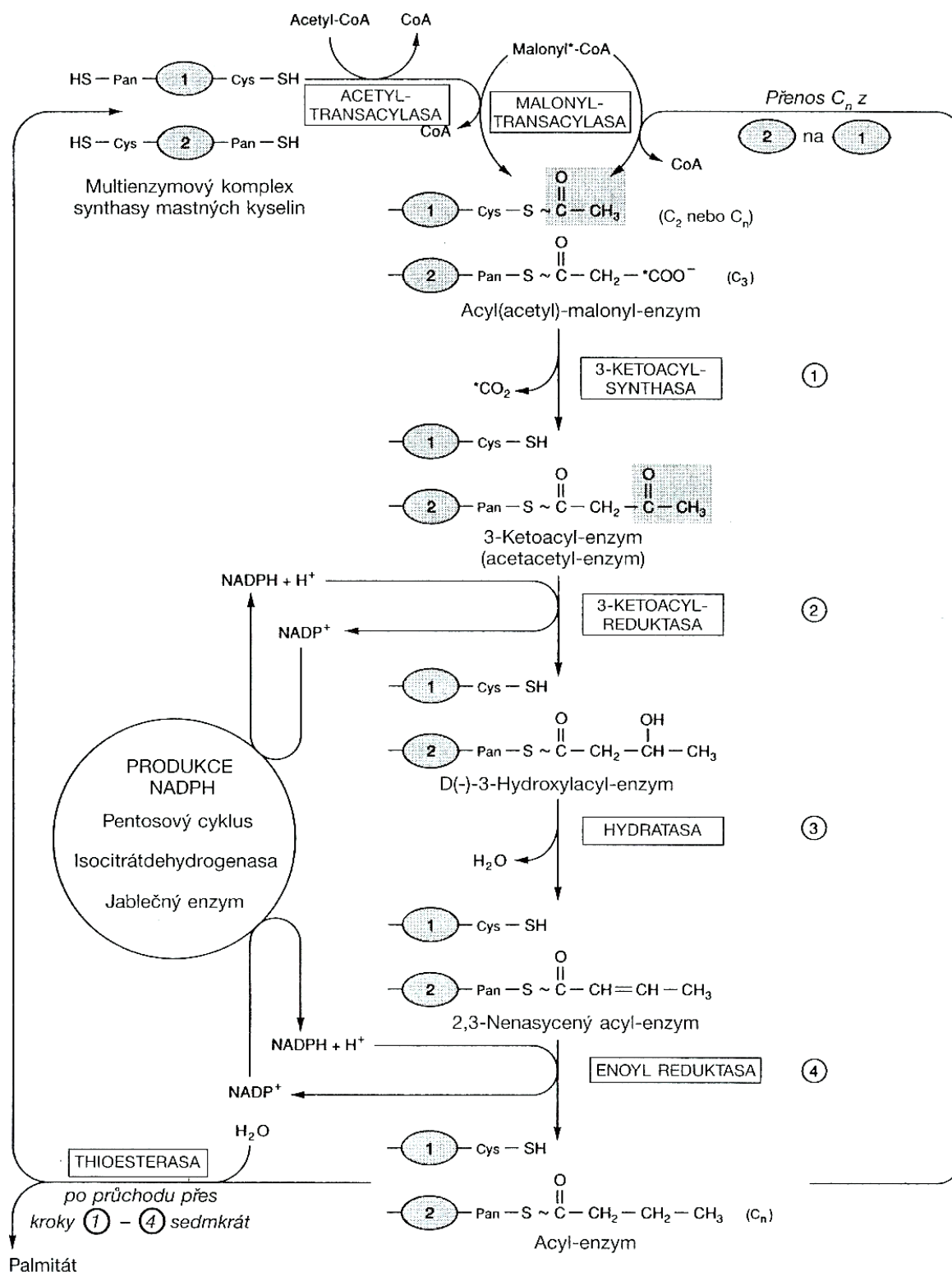
Tabulka 1. Množství tuku ve vybraném mase	8
Tabulka 2. Nasycené mastné kyseliny	10
Tabulka 3. Polyenové mastné kyseliny vyskytující se v lipidech	11
Tabulka 4. Body tání a tuhnutí vybraných tuků	14
Tabulka 5. Charakteristické hodnoty fyzikálních a chemických veličin triacylglycerolů ..	15
Tabulka 6. Seznam názvů potravin v nichž je možné použít E471	22

SEZNAM PŘÍLOH

P I. Hlavní monoenové mastné kyseliny vyskytující se v lipidech	36
P II. Biosyntéza mastných kyselin s dlouhým řetězcem.....	37
P III. Složení mastných kyselin tuků ze semen palem (% veškerých MK).....	38
P IV. Rafinace extrahovaných a za tepla lisovaných olejů.....	39
P V. Potraviny v nichž byl použit E471	40
P VI. Potravinové doplňky v nichž byl použit E471	42

P I. Hlavní monoenové mastné kyseliny vyskytující se v lipidech

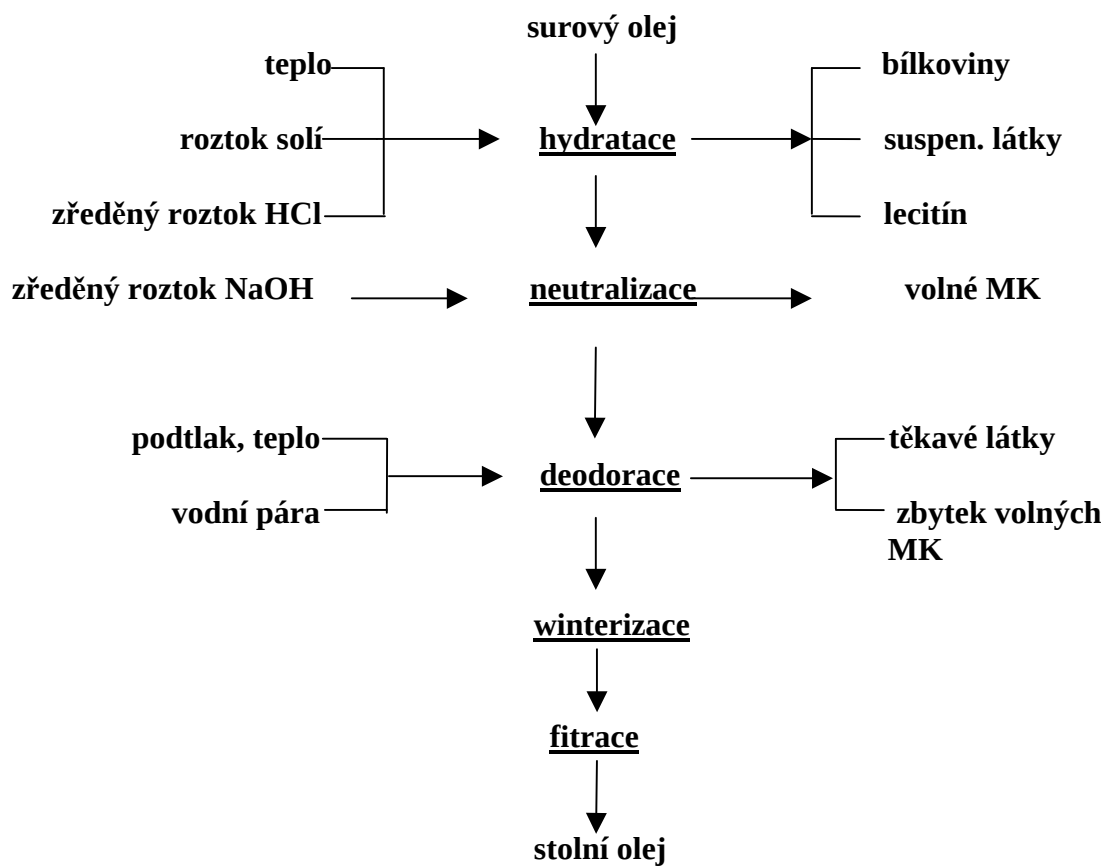
Mastná kyselina	Počet atomů uhlíku	Poloha dvojné vazby	Isomer	Triviální název
decenová	10	4	<i>cis</i>	obtusilová
decenová	10	9	<i>cis</i>	kaprolejová
dodecenová	12	3	<i>cis</i>	linderová
dodecenová	12	9	<i>cis</i>	laurolejová
tetradecenová	14	4	<i>cis</i>	tsuzuová
tetradecenová	14	9	<i>cis</i>	myristolejová
hexadecenová	16	9	<i>cis</i>	palmitolejová
hexadecenová	16	9	<i>trans</i>	palmitelaidová
oktadecenová	18	6	<i>cis</i>	petroselová
oktadecenová	18	6	<i>trans</i>	petroselaidová
oktadecenová	18	9	<i>cis</i>	olejová
oktadecenová	18	9	<i>trans</i>	elaidová
oktadecenová	18	11	<i>trans</i>	vakcenová
eikosenová	20	9	<i>cis</i>	gadolejová
eikosenová	20	11	<i>cis</i>	gondová
dokosenová	22	11	<i>cis</i>	cetolejová
dokosenová	22	13	<i>cis</i>	eruková
dokosenová	22	13	<i>trans</i>	brassidová
tetrakosenová	24	15	<i>cis</i>	selacholejová
hexakosenová	26	17	<i>cis</i>	ximenová
triakonteová	30	21	<i>cis</i>	limekvová

P II. Biosyntéza mastných kyselin s dlouhým řetězcem

Detailní vysvětlení mechanismu, jakým dochází k prodloužení řetězce o dva uhlíky po přidavku malonylového zbytku. Cys- cysteinový zbytek, Pan – 4'- fosfopantherthein. Detailní zobrazení syntézy mastných kyselin viz. Obrázek 2. 1 a 2 označují jednotlivé monomery syntézy mastných kyselin.

P III. Složení mastných kyselin tuků ze semen palem (% veškerých MK) [2]

Mastná kyselina	Kokosový tuk	Palmojádrový tuk	Tuk babassu	Palmový olej	Palmstearin	Palmolein
kapronová	0,0-0,6	0,0-0,8	-	0,0-0,2	0,1-0,4	0,1-0,5
kaprylová	4,6-9,4	2,1-4,7	2,6-7,3	0,7-1,3	1,1-1,8	0,9-1,4
kaprinová	5,5-7,8	2,6-4,5	1,2-7,6	40,1-73,8	48,4-73,8	38,2-42,9
laurová	45,1-50,3	43,6-53,2	40,0-55,0	0,0-0,3	0,1-0,2	0,1-0,3
myristová	16,8-20,6	15,3-17,2	11,-27,0	4,0-6,5	3,9-5,6	3,7-4,8
palmitová	7,7-10,2	7,1-10,0	5,2-11,0	36,7-40,9	15,6-36,0	39,8-43,9
stearová	2,3-3,5	1,3-3,0	1,8-7,4	9,4-12,1	3,2-9,8	0,4-13,4
olejová	5,4-8,1	11,9-19,3	9,0-20,0	0,1-0,4	0,1-0,6	0,1-0,6
linolová	1,0-2,1	1,4-3,3	1,4-6,6	0,1-0,7	0,3-0,6	0,2-0,6
linolenová	0,0-0,2	0,0-0,7	0	0,0-0,2	-	-
arachová	0,0-0,2	0,0-0,3	0	0,0-0,1	-	-
einkosenová	0,0-0,2	0,0-0,5	0	0,0-0,2	-	-

P IV. Rafinace extrahovaných a za tepla lisovaných olejů

P V. Potraviny v nichž byl použit E471

KNACK s hořkou čokoládou - knäckebrot s polevou

Složení: žitná mouka celozrnná, žitná mouka, sůl, droždí, emulgátor E471, čokoládová poleva



Stella EXTRA

Složení: rostlinné oleje, ztužené rostlinné oleje, voda, syrovátka (laktóza, mléčné bílkoviny), emulgátory: E 471 a E 322, jedlá sůl, máslové aroma, kyseliny: kyselina mléčná (E 270) a kyselina citrónová (E 330), konzervanty: 0,05% kyselina sorbová (E 200), vitamíny E, vitamin A, barviva: beta – karoten (E 160a)



Bianka fit

Složení: voda, rostlinné oleje, ztužené rostlinné oleje, emulgátory: E471 a E476, jedlá sůl (0,5%), kyseliny: kyselina mléčná (E270) a kyselina citrónová (E330), máslové aroma, vitamin E, barviva: annato a kurkumin, vitamin A



Alfa Optima

Složení: rostlinné oleje a tuky, voda, sušené podmásli (laktóza, mléčné bílkoviny), emulgátory E 471 a E 322, jedlá sůl, kyseliny: kyselina mléčná (E 270), máslové aroma, barviva beta-karoten (E 160a), vitamín E, A, D3

P VI. Potravinové doplňky v nichž byl použit E471



BOOSTER BIKE S L-KARNITINEM, S KREATINEM

Složení: laktoalbumin v práškové formě, glukóza, fruktóza, rýže, cereálie, voda, stabilizátor (E466), emulgátor E471 a lecitin, aroma, kreatin monohydrát, antioxidant E300, kyselina citrónová.



Prostafitky

Složení: 1 kapsle obsahuje 200 mg suchého extraktu kořene kopřivy a 300 mg oleje z dýňových semen. Výrobek dále obsahuje želatinu, glycerol, sorbitol, barviva E 172, E 155, E 133 a E 171, emulgátor E 471, antioxidant BHA.