



Lipidy

Cholevová Jana
Masarykova univerzita



Lipidy

OBSAH

ÚVOD	4
OBEČNÁ CHARAKTERISTIKA	4
Otázka pro zvědavé chemiky č. 1.....	5
ROZDĚLENÍ LIPIDŮ	5
Mastné kyseliny v lipidech.....	6
JEDNODUCHÉ LIPIDY	7
Acylglyceroly.....	7
Otázka pro zvědavé chemiky č. 2.....	9
Reakce triacylglycerolů.....	9
Vosky.....	11
Prostaglandiny.....	12
SLOŽENÉ LIPIDY	13
Fosfolipidy.....	13
Glykolipidy.....	15
Lipoproteiny.....	16
HLAVNÍ BIOLOGICKÉ FUNKCE LIPIDŮ	16
SHRNUTÍ	17
ODPOVĚDI NA OTÁZKY PRO ZVĚDAVÉ CHEMIKY	19
PROCVIČUJ	20
ŘEŠENÍ PŘÍKLADŮ	22



Lipidy

Vysvětlivky



Řešené úkoly k procvičení – úkoly, které jsou umístěny bezprostředně za probranou látkou. Úlohy obsahují postup i správné řešení.



Úkoly k samostatnému řešení – úkoly, jejichž správné výsledky jsou zobrazeny na konci daného cvičení.



Otázka pro zvědavé chemiky – úloha na zamyšlení, jejímž řešením si lze prohloubit znalosti chemie. Znalost odpovědi není bezprostředně nutná pro zvládnutí základní probírané látky.



Lipidy

ÚVOD

Když zazní slovo lipidy, spousta lidí se domnívá, že jeho synonymem jsou prostě tuky. Většina z nás by mezi tuky zařadila máslo, sádlo a nejspíš i různé druhy olejů, jako je například v kuchyni běžně používaný slunečnicový, řepkový a v neposlední řadě dnes velmi často vyhledávaný olivový olej. My se v této kapitole dozvíme, že tuky jsou pouze jednou ze skupin lipidů, tedy jejich podmnožinou. Příkladem lipidů mohou být totiž nejen **tuky** a **oleje**, ale také **vosky** nebo mnohé **vitamíny** či **hormony**.

S těmito látkami se běžně setkáváme v různých oblastech našeho života. Vždyť časopisy, knihy i internet jsou plné článků a informací o tucích. Často můžeme číst diskuze dietologů a odborníků na zdravou výživu o tom, jestli jsou tuky špatné či dobré nebo například zda daný tuk konzumovat nebo se ho radši vyhnout.

V dnešní době se stal fenoménem mezi tuky palmový olej, který stojí za velkou rozepří odborníků, ochránců přírody a výrobců potravin. Jeho produkce za posledních třicet let mnohonásobně vzrostla a stal se jedním z nejpoužívanějších rostlinných výrobků v potravinářství. Palmový olej se získává lisováním oplodí palmy olejné, která původem pochází ze země západní Afriky. Dnes se však pěstuje hlavně v Indonésii a Malajsii na rozsáhlých plantážích, které vznikly vykácením nebo vypálením původního deštného pralesa. Z těchto plantáží pochází zhruba 85 % veškerého palmového oleje, který běžně jíme v sušenkách nebo pečivu, aniž bychom o tom měli tušení. Přitom palmový olej se neřadí mezi zdravé zcela neškodné látky. Obsahuje totiž velké množství nasycených mastných kyselin, které mohou způsobit například ucívání cév, což může vést k infarktům nebo jiným zdravotním potížím. Proč tedy ničíme planetu i lidské zdraví palmovým olejem, když známe i jiné, přívětivější rostlinné oleje? Odpověď je jednoduchá, palmový olej má výhodné vlastnosti, které se hodí v potravinářství, ale na rozdíl od jiných tuků, které mají vlastnosti podobné, je levný.

*Název lipidy pochází z řeckého **lipos**, což znamená **tučný**.*



Plody palmy olejné

OBEČNÁ CHARAKTERISTIKA

Lipidy můžeme obecně definovat jako malé chemicky i funkčně nesourodé organické sloučeniny, produkované rostlinnými i živočišnými organismy, ve kterých poté tyto látky plní spoustu důležitých funkcí. Jejich nejvýraznější vlastností je velmi **omezená rozpustnost** ve vodě, která je způsobena přítomností velkých nepolárních uhlovodíkových struktur v jejich molekule. Současně ve svých molekulách obsahují jen velice málo atomů O, S, N nebo P schopných vytvářet polární vazby. Naopak dobře rozpustné jsou v organických **nepolárních** rozpouštědlech např. v benzenu, etheru, methanolu nebo chloroformu. Těmito rozpouštědly proto mohou být lipidy snadno extrahovány a izolovány z buněk tkání

Charakteristika



Lipidy

a pletiv organismů. Jak jste si mohli všimnout, lipidy jsou tedy definovány na základě fyzikálních vlastností (rozpustnosti), na rozdíl od jiných skupin organických sloučenin, například sacharidů nebo bílkovin, které jsou definovány podle své struktury.

Otázka pro zvědavé chemiky č. 1

Další důležitou vlastností lipidů je jejich hořlavost. Hořlavost lipidů se dříve využívala ke svícení v domácnostech. Protože se jedná o formu svícení pomocí otevřeného plamene, představuje jisté nebezpečí vzniku požáru. Je obecně známé, že hořící tuk se nesmí hasit vodou. Dokázali byste vysvětlit proč tomu tak je? Pokuste se navrhnout způsob hašení hořícího tuku.



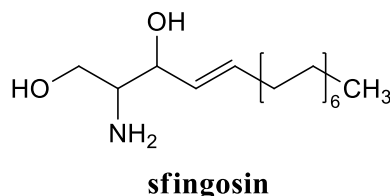
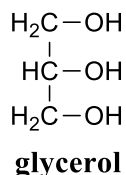
ROZDĚLENÍ LIPIDŮ

Jak už jste se dozvěděli dříve, lipidy jsou různorodé látky, a proto je dělíme do několika skupin podle různých kritérií. Z pohledu trávení lze lipidy rozdělit na dvě základní skupiny. Lipidy **hydrolyzovatelné**, to jsou ty, v jejichž molekule je esterová vazba, kterou lze hydrolyticky štěpit na menší složky, například v tucích a voscích. Druhou skupinu pak tvoří lipidy **nehydrolyzovatelné**, které esterovou vazbu nemají a rozkladu tedy nepodléhají, například cholesterol a jiné steroidy.

Z chemického hlediska pak můžeme lipidy rozdělit na **jednoduché** a **složené**, kdy složené lipidy se od jednoduchých liší tím, že obsahují navíc polární skupinu, popřípadě další části molekuly, které se u jednoduchých lipidů nevyskytují.

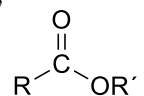
Někdy se k lipidům řadí i takzvané **izoprenoidy**, které dělíme na terpeny a steroidy. Tyto látky však mají odlišnou strukturu a s lipidy je spojují pouze některé společné vlastnosti, například rozpustnost v nepolárních rozpouštědlech.

Obecně můžeme říct, že lipidy jsou obvykle **estery vyšších mastných kyselin a alkoholů**, a to především glycerolu a sfingosinu.



Rozdělení lipidů

Obecný vzorec esteru karboxylové kyseliny



Sfingosin = aminoalkohol

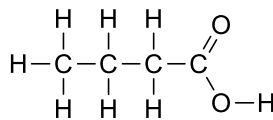


Lipidy

Mastné kyseliny v lipidech

Mastné kyseliny jsou karboxylové kyseliny se čtyřmi až dvaceti šesti atomy uhlíku. V lipidech jsou vázány jako **estery**, tedy jako vyšší monokarboxylové kyseliny. Jedná se o ve vodě nerozpustné olejovité kapaliny nebo krystalické látky nepříjemného zápachu. Tyto kyseliny mohou být **nasyčené** i **nenasyčené** a mít různé struktury. Jejich řetězec může být lineární, rozvětvený i cyklický. Ve svých molekulách obsahují vždy **sudý** počet atomů uhlíku, protože jsou v organismech syntetizovány ze dvouuhlíkatých jednotek (acetylkoenzymu A).

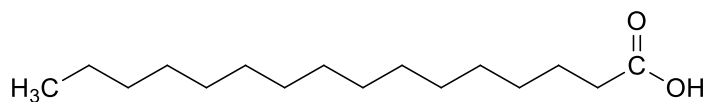
Podle délky řetězce se mastné kyseliny dělí na nižší, které mají 4–6 atomů uhlíku, středně dlouhé, mající 8–10 atomů uhlíku a vyšší, které mají ve svém řetězci více než 12 atomů uhlíku. První mastnou kyselinou je kyselina butanová neboli máselná se čtyřmi atomy uhlíku.



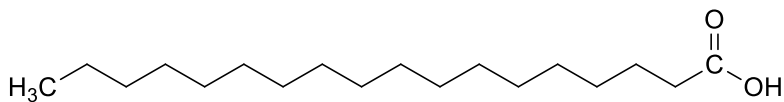
kyselina máselná
(butanová)

Mastné kyseliny s lineárním řetězcem obsahují většinou dvanáct až dvacet čtyři atomů uhlíku, nenasyčené kyseliny obsahují obvykle osmnáct až dvacet čtyři atomů uhlíku. Pokud se v řetězci mastné kyseliny objevují dvě či více dvojných vazeb, tyto vazby jsou izolované a zpravidla umístěné symetricky ve středu molekuly a konfigurace těchto dvojných vazeb pak bývá Z (*cis*).

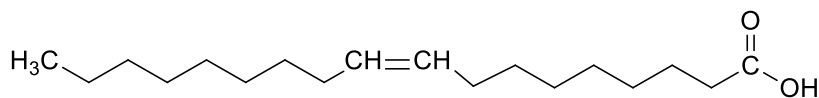
K nejvýznamnějším mastným kyselinám podílejícím se na tvorbě lipidů patří kyselina **palmitová**, **stearová** a **olejová**.



kyselina palmitová $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$



kyselina stearová $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$



kyselina olejová $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$

Mastné kyseliny s větším počtem dvojných vazeb si člověk nedokáže sám syntetizovat, musejí být tedy v dostatečném množství přijímány v potravě, protože jejich nedostatek způsobuje u dětí zpomalení růstu a poškození kůže. Takovýmto

*Mastné kyseliny
v lipidech.*

*Nasyčené MK –
neobsahují žádnou
dvojnou vazbu*

*Nenasyčené MK –
obsahují alespoň
jednu dvojnou vazbu*

*Kyselina máselná je
obsažena v potu a ve
žluklém másle.*

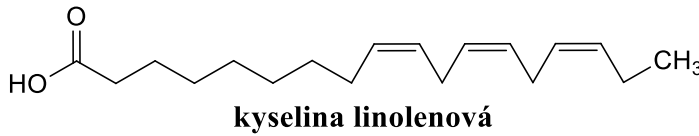


Lipidy

mastným kyselinám se říká **esenciální** a příkladem může být například kyselina **linolová**, **linolenová** a **arachidonová**.



Kyselina linolová
 $C_{17}H_{31}COOH$



Kyselina linolenová
 $C_{17}H_{29}COOH$



Kyselina arachidonová
 $C_{19}H_{31}COOH$

Struktura mastných kyselin obsažených v molekulách lipidů má vliv na jeho fyzikální a chemické vlastnosti. Lipidy, které obsahují především nasycené mastné kyseliny, jsou stabilnější a mají vyšší body tání. Naopak nenasycené mastné kyseliny v lipidech snižují stabilitu molekuly a také i body tání. Vlastnosti lipidů může ovlivňovat i poloha dvojných vazeb. Čím je dvojná vazba blíže ke karboxylové skupině, tím je chemická stabilita a bod tání nižší.

JEDNODUCHÉ LIPIDY

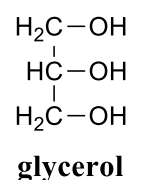
Jednoduché lipidy

Jednoduché lipidy jsou estery vyšších acyklických, nerozvětvených monokarboxylových mastných kyselin a jednosytného nebo vícesytného alkoholu. Hlavními představiteli této skupiny látek jsou **acylglyceroly** a **vosky**. K jednoduchým lipidům se dále dají řadit i fyziologicky významné **prostaglandiny**.

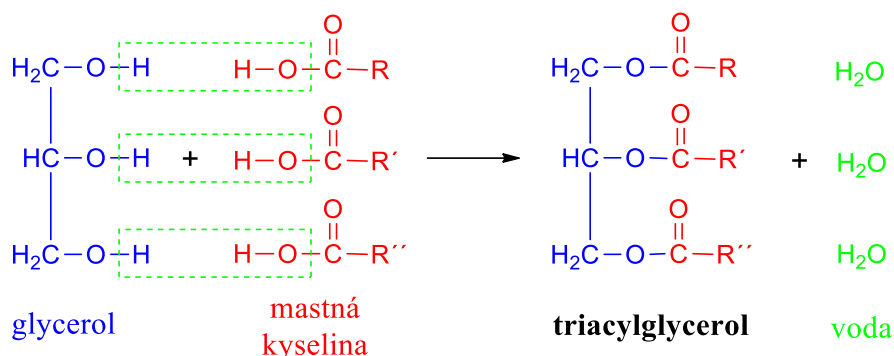
Acylglyceroly

Acylglyceroly

Acylglyceroly jsou **estery** vyšších **mastných kyselin** s trojsytným alkoholem **glycerolem**. Dříve se tyto sloučeniny také nazývaly **glyceridy**. Podle počtu esterifikovaných hydroxylových skupin v glycerolu můžeme acylglyceroly rozdělit na mono-, di- a triacylglyceroly. Nejvýznamnější jsou pak **triacylglyceroly**, tedy estery glycerolu se třemi karboxylovými kyselinami s dlouhým uhlíkatým řetězcem a právě o této skupině lipidů se v potravinářství mluví obecně jako o **tucích**.



Lipidy



Vznik triacylglycerolu
= **esterifikace**

R, R' a R'' =
alkylový řetězec,
většinou $C_{12} - C_{24}$

Mezi triacylglyceroly patří nejrozšířenější lipidy a to živočišné **tuky** a rostlinné **oleje**. Přesto, že se na první pohled zdají být tyto dvě skupiny látek rozdílné, tuky jsou tuhé nebo mazlavé a oleje kapalné, jejich struktura je velmi podobná a liší se pouze v druhu mastných kyselin, které obsahují. Tři mastné kyseliny v triacylglycerolu mohou, ale nemusejí být stejné. Tuky i oleje jsou poté velmi složitým systémem složeným z mnoha různých triacylglycerolů. V přírodních tucích bylo identifikováno více než sto různých mastných kyselin, přičemž asi čtyřicet z nich je rozšířeno ve velkém množství. K nejčastěji zastoupeným mastným kyselinám tuků patří kyselina **palmitová**, **stearová** a vůbec nejčastější mastnou kyselinou je nenasycená kyselina **olejová**. Z nenasycených mastných kyselin jsou pak v rostlinných olejích nejvíce zastoupeny kyselina **linolová** a **linolenová**.

Živočišné tuky jsou tedy tuhé nebo mazlavé směsi triacylglycerolů a ve svých molekulách obsahují převážně nasycené mastné kyseliny, zatímco rostlinné **oleje**, tedy kapalné tuky, obsahují větší podíl nenasycených mastných kyselin. Jak už jsme si uvedli, druhy mastných kyselin v triacylglycerolech ovlivňují chemické i fyzikální vlastnosti tuků a olejů. Obecně platí, že nenasycené mastné kyseliny mají nižší teploty tání než nasycené analoga totéž jde tedy pozorovat i u triacylglycerolů. V olejích je poměr nenasycených kyselin k nasyceným vyšší než u živočišných tuků a proto jsou teploty tání olejů nižší.

Živočišné tuky:
sádlo, máslo, lůj, ...

Rostlinné oleje:
řepkový, slunečnicový,
lněný, olivový, ...

Tuky obsahují asi 40–50 % nasycených mastných kyselin, oleje jen 20 %.



Lipidy

V následující tabulce je zobrazeno přibližné procentuální zastoupení vybraných masných kyselin v některých živočišných tucích a rostlinných olejích.

	Nasycené mastné kyseliny (%)		Nenasycené mastné kyseliny (%)	
	C ₁₆ palmitová	C ₁₈ stearová	C ₁₈ olejová	C ₁₈ linolová
Živočišné tuky:				
sádlo	25	15	50	6
máslo	25	10	25	5
lidský tuk	25	8	46	10
velrybí tuk	12	3	35	10
Rostlinné oleje:				
kokosový	8	2	6	1
kukuřičný	10	4	35	45
olivový	5	5	80	7
arašídový	7	5	60	20
lněný	5	3	20	20

Přibližné procentuální zastoupení některých mastných kyselin v jednotlivých tucích

Otázka pro zvědavé chemiky č. 2

Rozdíly v teplotách tání mezi tuky a oleji jsou důsledkem jejich rozdílného složení. Pokuste se vysvětlit souvislost mezi prostorovým uspořádáním těchto molekul a teplotou tání.



Reakce triacylglycerolů

Tuky snadno podléhají **hydrolýze**, což je opačný proces k esterifikaci, tedy reakci, při které tuky vznikají. Hydrolýza je rozkladná reakce, při které se spotřebovává voda. Může být **kysele** katalyzovaná, kdy vzniká směs mastných kyselin a glycerol, nebo **zásaditá**, která vede ke vzniku glycerolu a solí mastných kyselin neboli **mýdel**. Alkalická hydrolýza tuků se proto nazývá saponifikace neboli **zmýdelnění**. Použijeme-li k alkalické hydrolýze hydroxid sodný, vznikají tuhá sodná mýdla, použijeme-li hydroxid draselný, dostaneme draselná mýdla, která jsou tekutá nebo gelovitá.

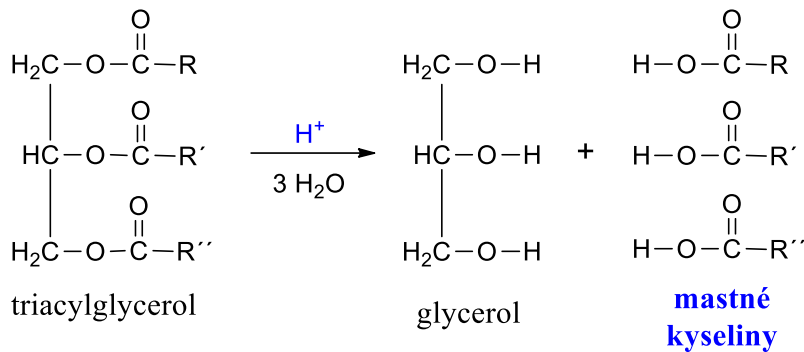
Reakce triacylglycerolů

Mýdlo je směsí sodných nebo draselných solí vyšších mastných kyselin a připravuje se alkalickou hydrolýzou (zmýdelněním) živočišných tuků.



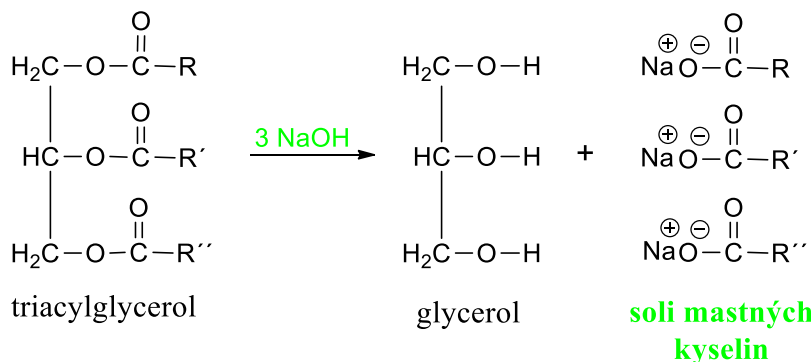
Lipidy

Kyselá hydrolyza triacylglycerolů:



Kyselá hydrolyza

Alkalická hydrolyza triacylglycerolů:



Alkalická hydrolyza

*Mýdla = čistící
neboli detergentní
prostředky*

Oleje a tuky jsou v čistém stavu bez zápachu, ale po delším stání začínají nepříjemně páchnout. Jsou totiž nestálé vůči vzdušnému kyslíku a působení různých mikroorganismů. Dochází tak k procesu, který nazýváme **žluknutí**. Žluknutí je proces, při kterém dochází k souboru reakcí. Probíhá jako oxidace dvojných vazeb nenasycených mastných kyselin obsažených především v tucích a jiných lipidech vzdušným kyslíkem, ale také jako hydrolyza za vzniku mastných kyselin a glycerolu, který se poté rozkládá na akrolein a další látky. Výsledkem těchto procesů je uvolnění aldehydů, ketonů a nižších mastných kyselin, které vznikají jako nežádoucí produkty, protože negativně mění sensorické vlastnosti tuků. Chemickou podstatou žluknutí je adice molekuly vzdušného kyslíku vedle dvojných vazeb mastné kyseliny. Po odštěpení atomu vodíku vedle dvojných vazeb dochází k tvorbě hydroperoxidu a následnému štěpení uhlíkového řetězce za vzniku dvou koncových aldehydických skupin. Tekuté oleje s vysokým podílem nenasycených mastných kyselin jsou k oxidaci náchylnější než tuhé tuky. Oxidaci podporuje působení ultrafialového záření a může být také urychlena vhodnými enzymy. Naopak potlačují ji tzv. antioxidanty.

*Žluknutí lze urychlit
světlem a teplem.*

*Při žluknutí másla
se z něj například
uvolňuje silně
páchnoucí kyselina
máselná.*

Další reakcí, kterou můžeme triacylglyceroly podrobit, je katalytická hydrogenace dvojných vazeb v mastných kyselinách. Tento proces nazýváme **ztužování tuků** a spočívá v adici vodíku na dvojných vazbách nenasycených kyselin a přeměně na tuk odolnější vůči žluknutí, a tím prodloužení jeho trvanlivosti. Zároveň dojde i ke zvýšení teploty tání takto vzniklého tuku, což taktéž prodlouží

Ztužování



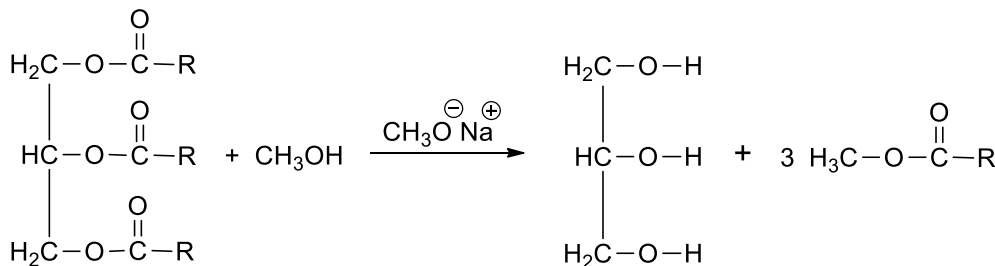
Lipidy

datum jeho spotřeby. Toho se často využívá v potravinářství, kdy v rostlinných olejích se přeměňují nenasycené kyseliny na nasycené a vznikají náhražky másla, margaríny.

Oleje, které obsahují mastné kyseliny s větším počtem násobných vazeb, mohou po rozetření na větší plochu **polymerizovat**. Dochází k ději, který se nazývá vysychání, kdy tenká vrstva oleje vytváří na vzduchu suché trvalé filmy. Toho můžeme využít při torbě fermeží a nátěrových hmot.

Výroba bionafty (bio-dieslu)

Rostlinné oleje představují v dnešní době také surovinu pro výrobu bionafty neboli bio-dieslu. Bionafta se používá jako náhrada nafty pro dieslové motory. Jedná se o směs esterů mastných kyselin s nižšími alkoholy. Celosvětově převládá výroba nafty ze sóji (platí hlavně pro Spojené státy americké), poté palmový olej, slunečnicový olej a olej z řepky. Nejčastějším způsobem výroby je bazicky katalyzovaná transesterifikace olejů nízkomolekulárním alkoholem, nejčastěji methanolem.



Čistá bionafta je netoxické ekologické palivo. Výhodou bionafty je především její výroba z obnovitelných zdrojů a její snadná biologická odbouratelnost. V motoru pak vznikají čistější výfukové plyny s nízkým obsahem škodlivých sazí. Bionafta má vysokou mazací schopnost a tím snižuje opotřebení motoru.

Nevýhodou bionafty je fakt, že pěstování olejin pro výrobu tohoto paliva zabírá ornou půdu, která by mohla sloužit pro pěstování jiných plodin, potřebných v potravinářství. Jednou z nevýhod je také ekonomická náročnost výrobního procesu a to především výroba vstupní suroviny, tedy rostlinného oleje. Bionafta může poškodit kaučukový materiál, napadá tedy i gumové hadice a palivové nádrže.

Vosky

Významnou skupinu jednoduchých lipidů tvoří **vosky**. Z chemického hlediska se jedná o estery vyšších mastných kyselin a vyšších jednosytných acyklických alkoholů. Délka řetězce mastné kyseliny se pohybuje v rozmezí od C₂₄ po C₃₆, u alkoholu mezi C₁₆ a C₃₆. Příkladem alkoholu, který je obsažen v molekule vosku, je například cetylalkohol (C₁₆), stearylalkohol (C₁₈), cerylalkohol (C₂₂) nebo myricylalkohol (C₃₀).

Vysychání olejů = radikálová oxidační polymerace

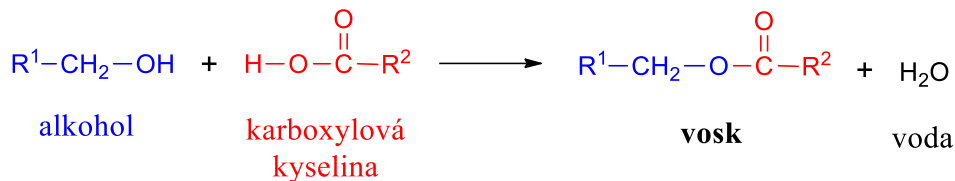
Výroba bionafty

V Evropě se k výrobě bionafty používá zejména řepkový olej, což znamená mohutný nárůst pěstování řepky olejné i na českých polích. Tento nárůst můžeme dobře identifikovat pouhým pohledem do krajiny a tzv. „zežloutnutím“ polí.

Vosky



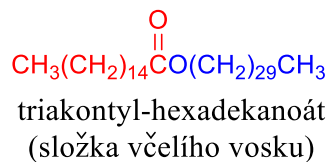
Lipidy



Vznik vosku

Vosky mohou být rostlinného i živočišného původu. Příkladem vosku živočišného původu je například **včelí vosk**, který je vylučován žlázami včel, dělnic, a jsou z něj tvořeny medové plástve. Dalším takovýmto voskem je **lanolin**, který pokrývá povrch vlny ovcí, nebo **vorvaňovina**, což je vosk, který se nachází v lebeční dutině vorvaňů a jiných kytovců. Vosky rostlinného původu tvoří většinou kutikulu, což je ochranná vrstva listů nebo plodů.

Vosky jsou nerozpustné ve vodě a velmi stabilní vůči hydrolyze. Pro živočichy jsou většinou nestravitelné, protože nemohou být rozkládány lipasami. Často se používají v kosmetice k výrobě mastí a krémů a ve farmaceutickém průmyslu.



Příklad hlavní složky včelího vosku

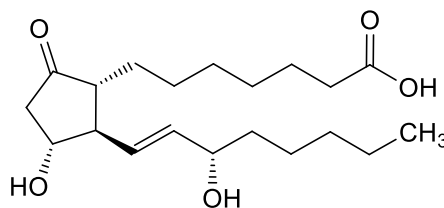
Prostaglandiny

Prostaglandiny

Jedná se o skupinu dvacetihlíkatých lipidů, které mají v molekule pětičlenný kruh se dvěma postranními řetězci. Z chemického hlediska jsou prostaglandiny **hydroxyderiváty** nebo **ketoderiváty** cyklopentanu, které obsahují karboxylovou skupinu na konci jednoho ze dvou postranních řetězců. Tyto látky se v malém množství nacházejí ve všech tělních tkáních a tekutinách. V organismu se tvoří z nenasycených kyselin a to především z kyseliny arachidonové.

Prostaglandiny byly poprvé izolovány z beraní prostaty, podle toho taky dostaly svůj název.

Prostaglandiny mohou mít v organismu různý biologický účinek podle toho, ve kterém orgánu se nacházejí. Mohou například ovlivnit srážení krve, prokrvení orgánů či snižovat krevní tlak nebo sekreci žaludečních šťáv. Účastní se také zánětlivých a imunitních procesů a dále mohou mít vliv na funkci ledvin a činnost reprodukčního systému. Prostaglandiny mohou být připraveny izolací z různých živočišných orgánů, ale umíme je také získat synteticky.



Vzorec prostaglandinu E₁

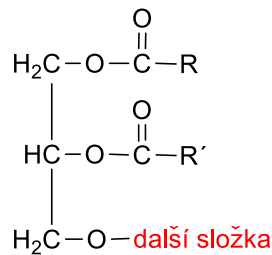


Lipidy

SLOŽENÉ LIPIDY

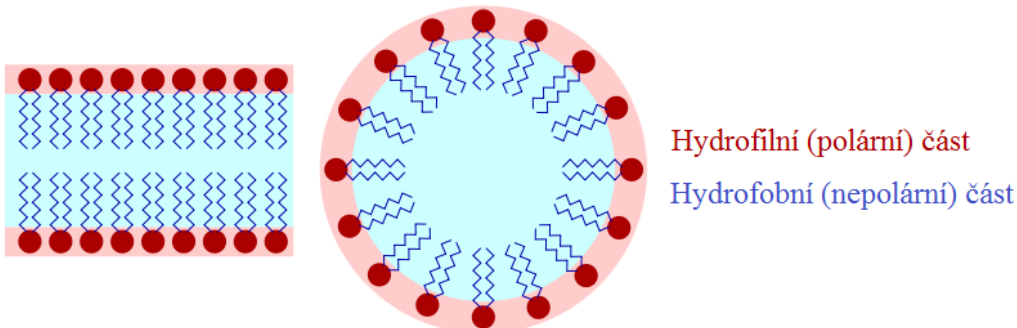
Složené lipidy

Pokud molekula lipidu obsahuje vedle mastných kyselin a alkoholu ještě další funkční skupinu, jedná se o **složení lipid**.



obecný vzorec složeného lipidu

Příkladem látek přítomných v molekule složeného lipidu může být například kyselina fosforečná, cukr, případně jejich deriváty. Jedná se o látky **amfifilní**, které se skládají z hydrofilní (polární) části, která je tvořena řetězcem mastných kyselin, hydrofobní (nepolární) části, kterou představuje například zbytek kyseliny fosforečné nebo cukru. Proto tvoří po překročení určité koncentrace ve vodném prostředí uspořádané struktury (micely nebo dvojvrstvy), pod touto koncentrací existují v homogenním roztoku. Díky těmto vlastnostem mají tyto látky velký význam pro výstavbu a funkci biologických membrán.



Amfifilní charakter uspořádaných struktur vytvořených ze složených lipidů

Nejvýznamnějšími složenými lipidy jsou **glykolipidy**, **fosfolipidy** a **lipoproteiny**.

Fosfolipidy

Fosfolipidy

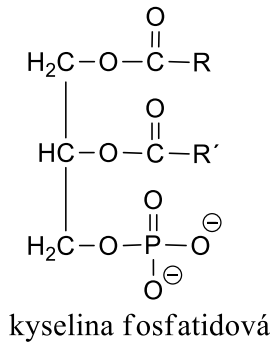
Fosfolipidy jsou látky, které kromě základních složek lipidů obsahují ještě esterově vázaný zbytek kyseliny fosforečné a dusíkatou látku. Alkoholem ve fosfolipidech může být glycerol, pak mluvíme o **fosfoglyceridech**. Všechny tyto látky jsou deriváty **kyseliny fosfatidové**. Zbytek kyseliny fosforečné v kyselině fosfatidové může být esterifikován vhodným alkoholem. Ze vzorce kyseliny fosfatidové je patrné, že nejde o přesně definovanou látku. Jedná se o skupinu látek

Fosfolipidům se také říká fosfatidy.



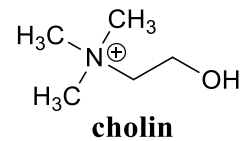
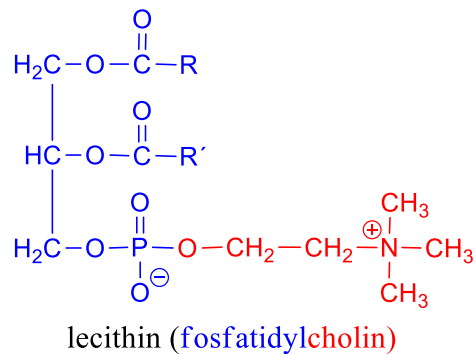
Lipidy

s podobnými vlastnostmi. Liší podle toho, jaké mastné kyseliny jsou obsažené v molekule.

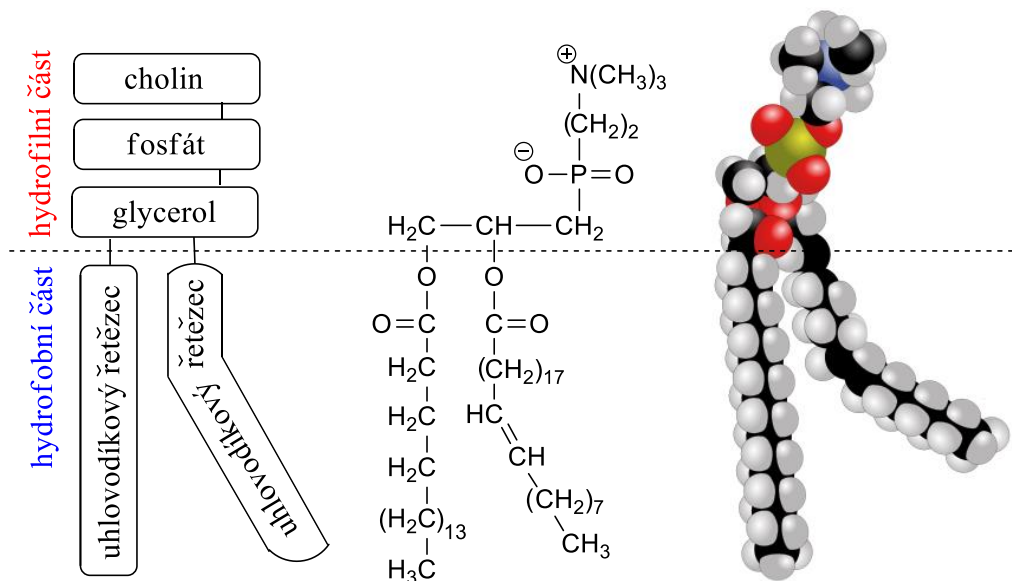


Fosfolipidy nejsou nutnou součástí potravy živočichů, protože si je tělo dokáže vyrobit samo, jejich význam pro život je však nezastupitelný.

Představiteli těchto látek mohou být **lecithiny**, což jsou estery kyseliny fosfatidové a cholinu. Tyto látky mají velkou schopnost emulgovat tuk ve vodném prostředí, jejich emulgačních schopností se využívá v potravinářském a farmaceutickém průmyslu. Lecithiny jsou součástí buněčných membrán, najdeme je především v mozku, nervech, ledvinách a v játrech. Ve velkých koncentracích jsou však obsaženy i ve vaječném žloutku, kvasnicích nebo například v plodech sóje.



Glycerol však není jediný alkohol, který se může podílet na stavbě molekul fosfolipidů. Dalším takovým alkoholem je například aminoalkohol s dlouhým řetězcem, sfingosin. Těmto lipidům poté říkáme podle tohoto alkoholu **sfingolipidy**.

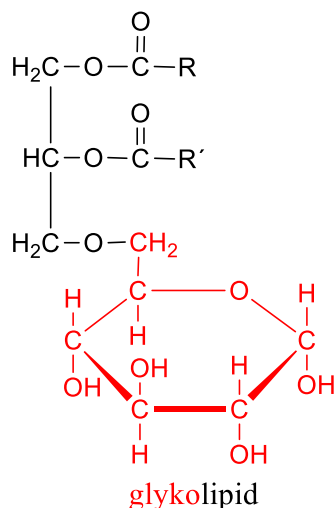


Znázornění hydrofilních a hydrofobních částí v molekule fosfolipidu

Glykolipidy

Glykolipidy

Glykolipidy jsou složené lipidy, které ve svých molekulách obsahují vedle mastných kyselin a alkoholu **sacharidovou** složku, například glukosu nebo galaktosu. Tato cukerná složka může být ještě esterifikována kyselinou sírovou. Nejčastějšími alkoholy v molekulách těchto látek jsou opět glycerol a sfingosin. Glykolipidy mají podobně jako fosfolipidy velký biologický význam, vyskytují se taktéž především v mozku, nervové tkáni, ledvinách a v játrech.



Nadbytek glykolipidů může vyvolat poruchy činnosti nervové soustavy.



Lipidy

Lipoproteiny

Řekli jsme si, že lipidy jsou hydrofobní látky a tedy jen velmi omezeně mísitelné s vodou. Proto se například v krevní plazmě vyskytují ve formě hydrofilních lipoproteinových částic, které vznikají spojením **lipidů** se specifickými **bílkoviny**. Vazba lipidu na bílkovinu poté umožňuje transport lipidů v polárním prostředí, například tedy v krevním řečišti. Lipoproteiny najdeme kromě krevní plazmy i v buněčných membránách, cytoplazmě buněk nebo ve vaječném žloutku.

Lipoproteiny

Lipoproteiny umožňují transport lipidů v hydrofilním prostředí organismů.

HLAVNÍ BIOLOGICKÉ FUNKCE LIPIDŮ

Tuky jsou energeticky nejbohatší složkou potravy, jejich oxidací se uvolní energie $38 \text{ kJ} \cdot \text{g}^{-1}$. V lidském těle představují tuky obrovskou zásobárnu **energie** v podobě podkožní tukové tkáně. Tato tkáň představuje pro organismus také vynikající tepelně izolační látku nebo mechanickou **ochranu** proti fyzikálním vlivům. Tuky snižují vodivost, a proto jsou taktéž ochrana před působením elektrického proudu. Zásobní funkci mohou tuky plnit také u rostlin, které tyto látky uskladňují v olejnatých semenech.

Lipidy však mají mnohem rozmanitější funkce a jsou součástí spousty přírodních struktur. Najdeme je ve všech biomembránách a z lipidů jsou tvořeny například i obaly neuronů, kde jsou tyto polární lipidy nezbytné pro přenos nervových vzruchů. V přírodě jsou lipidy součástí ochranné a izolační vrstvy listů, plodů i některých živočichů. Lipidy mohou sloužit i jako **rozpuštědlo** nepolárních biologicky významných látek jako jsou například vitamíny, hormony nebo některá léčiva a barviva.

Hlavní biologické funkce lipidů

Oxidací sacharidů se uvolní $17 \text{ kJ} \cdot \text{g}^{-1}$.

Nervová tkáň obsahuje až 40 % lipidů.

*Vitamíny rozpustné v tucích – **E, D, K, A***



Lipidy jsou organické látky, **rostlinného** i **živočišného** původu. Chemickým složením se lipidy velmi liší a tvoří tak značně nejednotnou skupinu látek. Obecně můžeme říct, že se obvykle jedná o **estery vyšších mastných kyselin** a **alkoholů**, a to především glycerolu a sfingosinu. Mastné kyseliny v molekulách lipidů mohou být **nasyčené** i **nenasyčené** s velmi rozmanitou strukturou. Jsou složené vždy ze **sudého** počtu atomů uhlíku a jejich délka i struktura mohou ovlivnit některé vlastnosti lipidů (např. stabilitu, bod tání, ...).

K nejvýznamnějším mastným kyselinám tvořící molekuly lipidů patří kyselina **palmitová** a **stearová**, které jsou nasyčené a dále pak kyselina **olejová**, **linolová** a **linolenová**, které řadíme k nenasyčeným mastným kyselinám. Lipidy jsou **hořlavé** látky a jejich nejvýraznější vlastností je **nerozpustnost ve vodě**, která je způsobena přítomností velkých nepolárních uhlovodíkových struktur v jejich molekule, lipidy jsou však dobře **rozpustné v nepolárních rozpouštědlech**.

Lipidy můžeme rozdělit na **hydrolyzovatelné**, jejichž molekula obsahuje esterovou vazbu, kterou můžeme hydrolyticky rozdělit, a **nehydrolyzovatelné**, které esterovou vazbu nemají. Z chemického hlediska dále lipidy dělíme na **jednoduché** a **složené**. Složené lipidy oproti jednoduchým mají navíc polární skupinu, popřípadě další části molekuly, které se u jednoduchých lipidů nevyskytují.

Mezi **jednoduché** lipidy patří **acylglyceroly**, což jsou estery vyšších mastných kyselin s glycerolem, nejvýznamnější jsou pak **triacylglyceroly**, které mají esterifikované všechny tři hydroxyskupiny v glycerolu. Mezi tyto látky patří všechny **živočišné tuky** (např. sádlo, máslo a lůj) a **rostlinné oleje** (např. slunečnicový, řepkový, olivový, ...). Triacylglyceroly podléhají **kyselé hydrolýze** za vzniku směsi mastných kyselin a glycerolu, ale také **zásadité hydrolýze**, při které vzniká glycerol a soli mastných kyselin neboli **mýdla**. Za vhodných podmínek dochází k oxidaci tuků a olejů, tento proces nazýváme **žluknutí**. Další reakcí triacylglycerolů je katalytická hydrogenace neboli **ztužování** tuků a spočívá v adici vodíku na dvojně vazby nenasyčených kyselin. Oleje po roztření na větší plochu mohou vysychat, což je proces radikálové oxidační **polymerace**.

Další skupinou jednoduchých lipidů jsou **vosky**. Z chemického hlediska jsou vosky estery vyšších mastných kyselin a vyšších jednosytných acyklických alkoholů. Vosky mohou být rostlinného i živočišného původu a k nejvýznamnějším patří **včelí vosk**, **lanolin** nebo **vorvaňovina**. K jednoduchým lipidům se dále řadí fyziologicky významné **prostaglandiny**.

Složené lipidy obsahují vedle mastné kyseliny a alkoholu ještě **další** funkční skupinu. Mezi jejich zástupce patří **fosfolipidy**, obsahující navíc zbytek kyseliny fosforečné, které můžeme podle obsahujícího alkoholu rozdělit na **fosfoglyceridy** a **sfingolipidy**. Dalšími skupinou jsou **glykolipidy**, které obsahují navíc sacharidovou složku a dále **lipoproteiny**, které vznikají spojením lipidů se specifickými bílkovinami. Složené lipidy mají **amfifilní** charakter.



Lipidy

Lipidy mají v přírodě nezastupitelný význam a v rostlinném i živočišném organismu plní spoustu důležitých funkcí. Tuky jsou hlavní **zdroj** a **zásoba energie**, mohou být tepelnou i mechanickou **ochranou** organismů. Lipidy jsou součástí všech **biomembrán** a nezbytné jsou i pro přenos **nervových** vzruchů. Slouží také jako **rozpouštědlo** biologicky významných látek, například některých vitamínů.



ODPOVĚDI NA OTÁZKY PRO ZVÍDAVÉ CHEMIKY

*Odpovědi na otázky
pro zvědavé chemiky*

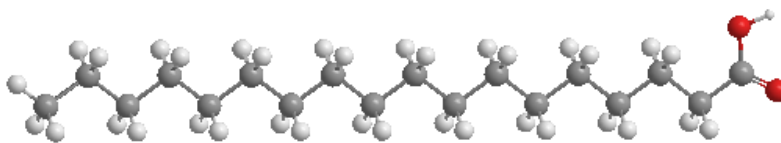
1. Další důležitou vlastností lipidů je jejich hořlavost. Hořlavost lipidů se dříve využívala ke svícení v domácnostech. Protože se jedná o formu svícení pomocí otevřeného plamene, představuje jisté nebezpečí vzniku požáru. Je obecně známé, že hořící tuk se nesmí hasit vodou. Dokázali byste vysvětlit proč tomu tak je? Pokuste se navrhnout způsob hašení hořícího tuku.

Hořící tuk se nesmí hasit vodou, protože voda díky vyšší hustotě klesne pod hladinu tuku a vypaří se. Přitom strhne hořící tuk s sebou a rozptýlí jej v širokém okolí. Tento tuk má stále ještě zápalnou teplotu a může tedy lehce dojít k opětovnému vznícení.

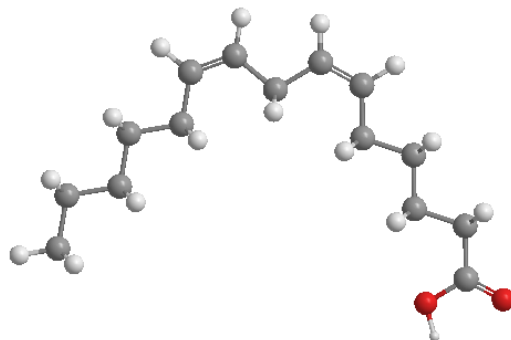
Hořící tuk se proto hasí překrytím. Pokud nám tedy začne například hořet olej na pánvici, hasiči doporučují hasit takovýto typ požáru zamezením přístupu vzduchu. Vhodné je tedy položit na hořící pánvičku například prkénko nebo plech.

2. Rozdíly v teplotách tání mezi tuky a oleji jsou důsledkem jejich rozdílného složení. Pokuste se vysvětlit souvislost mezi prostorovým uspořádáním těchto molekul a teplotou tání.

Nasycené řetězce triacylglycerolu jsou konformačně pohyblivé a umožňují tak snadněji dosáhnout těsnějšího pravidelného uspořádání řetězců v krystalu. Přiblížení řetězců také vede k silnějším vazbám mezi řetězci Van der Waalsovými silami, proto pak tuky tají až při vyšších teplotách. Dvojně vazby nenasycených kyselin v rostlinných olejích však vnášejí do uhlíkatého řetězce zlomy a nepravidelnosti. Následkem těchto poruch se poté řetězce hůře skládají do pravidelného těsného uspořádání a teplota tání oleje je pak nižší.



kyselina stearová $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$



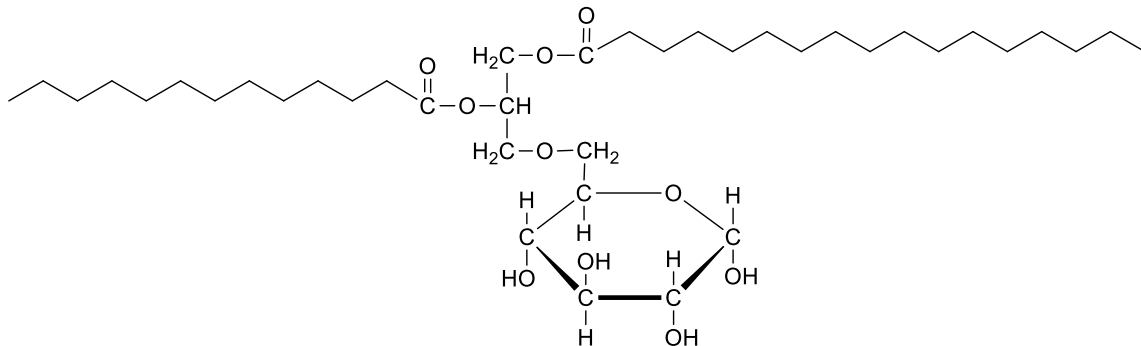
kyselina linolová $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$



Lipidy

PROCVIČUJ

1. V následujícím vzorci lipidu označte polární a nepolární část:



2. Které tvrzení o lipidech je pravdivé:

- a) jsou rozpustné ve vodě
- b) jsou rozpustné v benzínu
- c) jsou chemicky stejnorodé
- d) mají hydrofilní charakter

3. Mezi funkce lipidů nepatří:

- a) rozpouštějí vitamín A
- b) rozpouštějí vitamín C
- c) zásoba energie
- d) ochrana některých orgánů

4. Jaký je společný znak všech vyšších mastných kyselin v molekule lipidu:

- a) jsou pouze nenasycené
- b) jsou pouze nasycené
- c) mají vždy sudý počet uhlíků
- d) mají vždy lichý počet uhlíků

5. V oleji převažují kyseliny:

- a) nenasycené
- b) nasycené
- c) stearová
- d) palmitová

6. Mezi složené lipidy patří:

- a) lanolin
- b) lecithin
- c) acylglyceroly
- d) olivový olej

7. Mezi přírodní vosky nepatří:

- a) lanolin
- b) vorvaňovina
- c) včelí vosk
- d) parafín



Lipidy

8. Žluknutí tuků probíhá:

- a) jako katalytická hydrogenace b) jako polymerace
c) jako oxidace na dvojně vazbě d) jako redukce na dvojně vazbě

9. Pro vysychání olejů neplatí:

- a) probíhá jako polykondenzace b) používá se při výrobě fermeží
c) probíhá jako polymerace d) probíhá radikálovým mechanismem

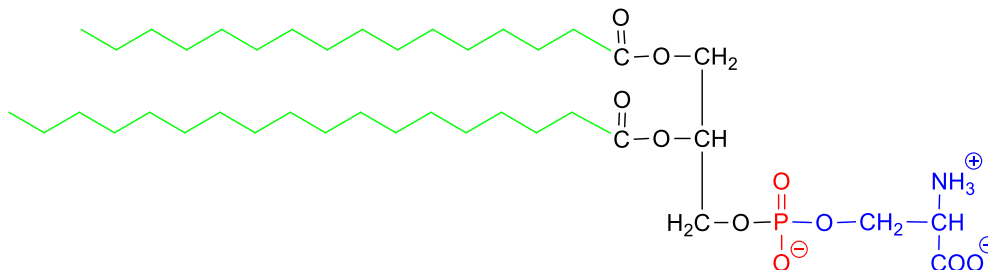
10. Produktem kyselé hydrolyzy acylglycerolu je:

- a) voda b) sůl vyšší mastné kyseliny
c) mýdlo d) směs vyšších mastných kyselin

11. Pro ztužování tuků neplatí:

- a) dochází k přeměně tuků v oleje b) dochází k nasycení dvojných vazeb
c) dochází k přeměně olejů v tuky d) probíhá jako katalytická hydrogenace

12. Která tvrzení o následující látce jsou pravdivá a která nikoli:



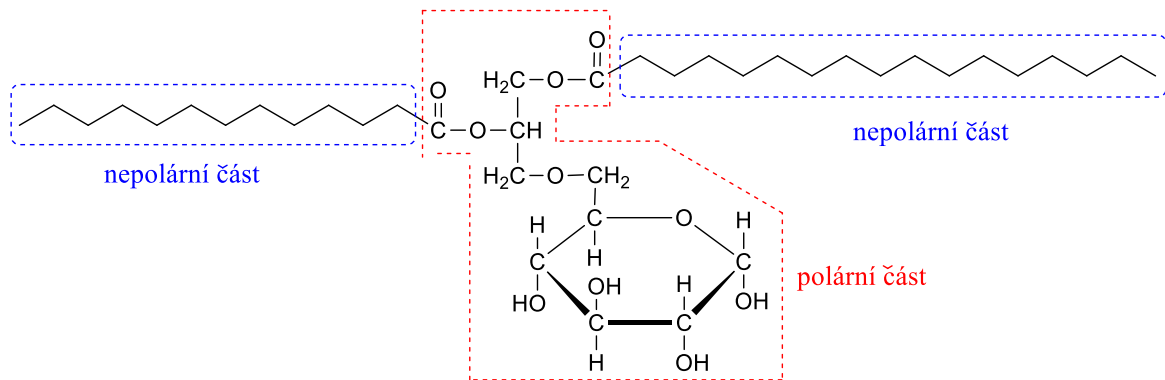
Tvrzení:	ANO/NE
Jedná se o jednoduchý lipid.	
Tato látka má amfifilní charakter.	
Jedná se o glykolipid.	
Tento lipid obsahuje ve své molekule pouze nasycené mastné kyseliny.	
Patří mezi zástupce fosfolipidů.	
Zelená část molekuly je hydrofobní.	
Zelená část molekuly je polární.	
Tuto látku musíme nutně přijímat v potravě.	
Tato molekula obsahuje kromě mastných kyselin a alkoholu ještě sacharidovou složku.	
Látky tohoto typu můžeme najít v membránách některých orgánů, především v mozku, játrech a ledvinách.	
Tato molekula má až na zelenou část hydrofobní charakter.	
Základním alkoholem v této molekule je glycerol.	



Lipidy

ŘEŠENÍ PŘÍKLADŮ

1. V následujícím vzorci lipidu označte polární a nepolární část:



2. Které tvrzení o lipidech je pravdivé:

b) jsou rozpustné v benzínu

3. Mezi funkce lipidů nepatří:

b) rozpouštějí vitamín C

4. Jaký je společný znak všech vyšších mastných kyselin v molekule lipidu:

c) mají vždy sudý počet uhlíků

5. V oleji převažují kyseliny:

a) nenasycené

6. Mezi složené lipidy patří:

b) lecithin

7. Mezi přírodní vosky nepatří:

d) parafin

8. Žluknutí tuků probíhá:

c) jako oxidace na dvojně vazbě



Lipidy

9. Pro vysychání olejů neplatí:

a) probíhá jako polykondenzace

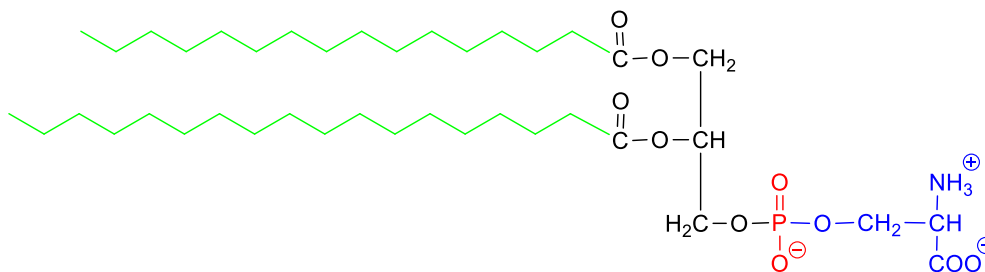
10. Produktem kyselého hydrolyzy acylglycerolu je:

d) směs vyšších mastných kyselin

11. Pro ztužování tuků neplatí:

a) dochází k přeměně tuků v oleje

12. Která tvrzení o následující látce jsou pravdivá a která nikoli:



Tvrzení:	ANO/NE
Jedná se o jednoduchý lipid.	NE
Tato látka má amfifilní charakter.	ANO
Jedná se o glykolipid.	NE
Tento lipid obsahuje ve své molekule pouze nasycené mastné kyseliny.	NE
Patří mezi zástupce fosfolipidů.	ANO
Zelená část molekuly je hydrofobní.	ANO
Zelená část molekuly je polární.	NE
Tuto látku musíme nutně přijímat v potravě.	NE
Tato molekula obsahuje kromě mastných kyselin a alkoholu ještě sacharidovou složku.	NE
Látky tohoto typu můžeme najít v membránách některých orgánů, především v mozku, játrech a ledvinách.	ANO
Tato molekula má až na zelenou část hydrofilní charakter.	ANO
Základním alkoholem v této molekule je glycerol.	ANO