

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky



Tuky a jejich role ve výživě živočichů

Bakalářská práce

Autor práce: Šárka Půbalová

Vedoucí práce: doc. Ing. Alois Kodeš, CSc.

© 2013 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Tuky a jejich role ve výživě živočichů" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala doc. Ing. Aloisovi Kodešovi, CSc. především za poskytnutí cenných rad, za podporu a čas, který mi věnoval. Dále všem, kteří mi zapůjčili odbornou literaturu či jinak mě podpořili při psaní této bakalářské práce.

Tuky a jejich role ve výživě živočichů

Fats and Their Role in Animal Nutrition

Souhrn

Práce pojednává o jedné z důležitých živin – tuku. Zabývá se významem tuků ve výživě živočichů a především také nejdůležitější složkou tuků – mastnými kyselinami.

Cílem je zdokumentovat informace týkající se tuků a mastných kyselin. Stručně popisuje živinové složení potravy, klasifikaci lipidů, přičemž se dále práce zabývá zejména tuky, nejdůležitější složkou lipidů z hlediska výživy.

Dále se zabývá výskytem tuků v potravinách a krmivech rostlinného i živočišného původu, jejich trávením v organismu a chemickou podstatou. Mastné kyseliny jsou v práci podrobněji popsány v samostatné kapitole. Popisuje jejich rozdělení, výskyt a vliv na organismus.

V práci je také zdůrazněn pozitivní a negativní vliv tuků a mastných kyselin na zdraví živočichů. Na konci jsou uvedeny některé studie, které se zabývají cíleným využíváním tuků ve výživě k ovlivnění kvality a nutriční hodnoty potravin živočišného původu.

Klíčová slova: zemědělství, krmiva, výživa zvířat, kvalita produkce, mastné kyseliny

Summary

The thesis discusses one of the most important nutrients – the fat. It deals with the importance of fats in the animal nutrition with the concentration on fatty acids, the most significant component of fats.

The aim of this paper is to document information concerning fats and fatty acids. It briefly describes nutrient composition of nourishment, classification of lipids, whereas it

further concerns especially with fats, the most important component of lipids, as far as the nutrition is concerned.

It also deals with the occurrence of fats in nourishment and feed, both vegetable and animal origin, with digestion of fats in organism and with their chemical substance. Fatty acids are described in detail in a separated chapter. It describes their division, occurrence and impact on organism.

The positive and negative effect of fats and fatty acids towards the health of animals is also emphasised in the thesis. At the end, there are stated certain studies concerning target usage of acids in nourishment towards the quality and nutritional value of nourishment of animal origin.

Keywords: agriculture, feed, animal nutrition, production quality, fatty acids

Obsah

1	ÚVOD.....	1
2	CÍL.....	1
3	LITERÁRNÍ REŠERŠE.....	2
3.1	Živiny a živinové složení potravy	2
3.1.1	Živinové složení krmiv	2
3.1.2	Dělení živin.....	3
3.2	Živiny energetické – lipidy	4
3.2.1	Klasifikace lipidů.....	4
3.2.2	Chemická podstata tuků.....	6
3.2.3	Výskyt tuků v krmivech a potravinách.....	7
3.3	Trávení a vstřebávání lipidů.....	10
3.3.1	Trávení tuků v tenkém střevě.....	11
3.3.2	Vstřebávání a přeměna tuků	11
3.3.3	Trávení v předžaludku u přežvýkavců.....	12
3.4	Mastné kyseliny	13
3.4.1	Rozdělení mastných kyselin	13
3.4.2	Nasyčené mastné kyseliny	14
3.4.3	Nenasycené mastné kyseliny	14
3.4.4	Mastné kyseliny esenciální	15
3.4.5	Výskyt některých mastných kyselin	18
3.4.6	Vliv mastných kyselin na organismus	20
3.5	Stabilita lipidů	22
3.6	Rizika tuků s ohledem na zdraví	23
3.6.1	Žlutý tuk.....	24
3.6.2	Dioxiny a PCB	24
3.6.3	Kyselina eruková	25
3.7	Krmné tuky.....	26
3.8	Cílené využívání tuků k ovlivnění kvality potravin živočišného původu	27
3.8.1	Produkce ryb s vysokým podílem omega-3 mastných kyselin.....	27

3.8.2	Kachní maso a vejce	28
3.8.3	Králíčí maso	28
3.8.4	Palmový olej	29
4	ZÁVĚR.....	30
5	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	31
6	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	36

1 ÚVOD

Různá krmiva a potraviny obsahují velmi různorodou škálu živin. Některé z těchto živin mohou být pro organismus prospěšné, některé mohou naopak zdraví ohrožovat. Každý živý organismus z potravy získává potřebnou energii a bez přísunu živin by nebyl schopný přežít. Aby je mohl využít k nejrůznějším procesům ve svém těle, musí je nejen přijmout v potravě, ale další podmínkou je, aby je uměl vstřebat a přeměnit na jiné látky a potřebnou energii. Jednu z takových nezbytných živin představují lipidy. Lipidy se navzájem od sebe liší svými vlastnostmi i chemickým složením. Ve vztahu k výživě se mluví převážně o tucích, triacylglycerolech, které jsou hlavní skupinou lipidů.

Tuky ve výživě zvířat, ale i lidí mají významnou roli a zastávají v organismu mnoho důležitých funkcí. Jejich součástí jsou velmi důležité mastné kyseliny, kterých je mnoho a liší se svou chemickou strukturou a zastoupením v samotných tucích. Některé z mastných kyselin jsou pro živočichy nezbytné a navíc je musí přijímat potravou, protože organismus si je není schopný syntetizovat. Označují se jako esenciální a mají převážně pozitivní vliv na zdraví živočichů. Na druhou stranu existují mastné kyseliny, které zdraví prospěšné nejsou.

Tuky v přírodě můžeme nalézt v živočišných i rostlinných organismech, ale jejich zastoupení v nich je variabilní. Nejčastěji je však můžeme nalézt v olejninách a živočišných tucích jako je sádlo nebo lůj. Pro živočichy jsou tuky ze všech živin nejbohatším zdrojem energie, ale je nezbytné, aby je přijímali v optimální míře. Lipidy tedy mohou představovat i určitá rizika z hlediska zdraví. Mohou je navíc doprovázet látky, které jsou jak pro zvířata, tak i pro lidi toxické. Proto je žádoucí, aby živinové složení krmiv a potravin bylo vyvážené a samozřejmě neobsahovalo látky škodlivé. V posledních letech se také čím dál více zkoumá, zda je možné ovlivnit složení potravin živočišného původu cílenou výživou zvířat, mimo jiné i cíleným využíváním tuků.

2 CÍL

Cílem této práce bylo zdokumentovat informace týkající se tuků a mastných kyselin, jejich chemické podstaty, funkce a významu pro živý organismus, výskytu v krmivech a možnosti využití ve výživě živočichů.

3 LITERÁRNÍ REŠERŠE

3.1 Živiny a živinové složení potravy

Živiny jsou chemicky definovatelné látky, které živý organismus využívá k pokrytí existenčních (záchovných) a produkčních potřeb (tvorba živočišných produktů, výkonu apod.). Živiny tedy zajišťují, materiálně i energeticky, řádný průběh veškerých metabolických procesů spojených se základními životními projevy od narození jedince, přes jeho růst, zapojení do reprodukce, až po závěrečnou etapu jeho existence (Veselý a kol., 1984).

Do výměny látkové se zapojuje jen určité množství přijatých živin, které vstoupily do trávicí soustavy dutinou ústní jako nedílná součást krmiv. Jedná se o živiny strávené – vstřebané do krevního řečiště, které neodešly z těla ven výkaly. Pokud ještě tyto živiny nebyly vymočeny, tak můžeme hovořit o živinách v těle zadržovaných – retenovaných, které jsou organismu k dispozici pro využití (Zeman a kol., 2006).

V krmivech je přítomno ohromné množství nejrůznějších látek. Řadu z nich živý organismus využívá jako nezbytné látky – živiny – nutrienty. Společně s nimi se v krmivech vyskytují i látky, které organismus nevyužívá, přičemž mu ani neškodí. Takovým látkám říkáme, že jsou inertní, pro organismus indiferentní (Zeman a kol., 2006). K těmto látkám patří nejrůznější balasty či minerální sloučeniny, které k výživě přímo neslouží, buď jsou pro tělo nestravitelné, nebo jen velmi obtížně (Pánek a kol., 2002). Jiné látky obsažené v krmivu mohou mít na lidský, ale i zvířecí organismus negativní vliv. Neslouží jako živiny a nejrůznějšími biochemickými mechanismy zhoršují jejich stravitelnost (proteinů, lipidů, cukrů, vitaminů i minerálních látek). Nazýváme je jako látky antinutriční (Velíšek a Hajšlová, 2009). Řada z těchto látek dokonce může mít toxické účinky, které jsou příčinou onemocnění zvířete (Straková a kol., 2008).

3.1.1 Živinové složení krmiv

Různé druhy a různá plemena zvířat mají odlišné nároky na živiny a energetickou hodnotu krmiva. Optimální složení potravy je základním předpokladem pro dosažení požadované produkce, zachování zdraví zvířete, reprodukce i vysoké nutriční hodnoty vyráběných potravin. Krmivo se skládá z nejrůznějších chemických látek a každé krmivo má jiný specifický obsah jednotlivých živin. K zjištění jednotlivých živin v krmivu se může použít základní rozbor krmiva, který se provádí pomocí Weendenské metody, pro stanovení vlhkosti (voda) a sušiny a základních živin v ní obsažených. To jsou organická hmota, kterou

představují dusíkaté látky, lipidy a sacharidy, anorganickou hmotu představují popeloviny – soli makro a mikroprvků (Zeman a kol., 2006).

V dnešní době již Weendenská analýza nemá dostačující vypovídající schopnost (Straková a kol., 2012).

3.1.2 Dělení živin

Jak již bylo uvedeno, krmiva obsahují živiny, které mají pro organismus různý význam a podle něj je můžeme rozlišovat. Například se mohou rozdělit podle důležitosti a potřeby pro organismus nebo podle funkce pro tělo. Z hlediska důležitosti a potřebnosti pro organismus jsou to živiny esenciální (nepostradatelné, např. některé aminokyseliny, mastné kyseliny) a neesenciální (postradatelné), (Zadák, 2012). Esenciální živiny jsou takové, které jsou pro život nezbytné, ale organismus je není schopný tvořit v rámci svého intermediálního metabolismu, nebo je pouze tvoří v nedostatečné míře. Neesenciální živiny pak tedy jsou ty, které organismus syntetizovat umí (Straková a kol., 2008).

Veselý a kol. (1984) dále v sušině rozlišují živiny podle jejich úlohy v organismu na stavební, energetické a biofaktory (specificky účinné látky).

- **Živiny stavební**

Stavební živiny organismus využívá při tvorbě buněk a tkání, a ty tak tvoří základ živé hmoty. Patří mezi ně jak látky organické, tak látky anorganické. Z organických jsou to především dusíkaté látky a organické kyseliny, z látek anorganických minerální látky a voda.

- **Specificky účinné látky**

Biofaktory jsou látky, které regulují činnost metabolických procesů. Uplatňují se například jako biokatalyzátory (vitaminy), imunostimulační látky, hormonální látky. Mohou to být látky organické, anorganické i syntetické.

- **Živiny energetické**

Každý organismus k životu potřebuje zdroj energie, bez ní by živočišný, ale ani rostlinný organismus nemohl existovat. Nejvýznamnějším zdrojem energie jsou souhrnně nazývané živiny energetické. Takovými živinami jsou organické látky, tedy sacharidy, lipidy a i bílkoviny přijímané v nadbytku. Jako zdroj energie mohou být využívány i některé organické sloučeniny, jako jsou například některé kyseliny a alkohol (Veselý a kol., 1984). Z nich jsou však nejvýznamnějším zdrojem energie lipidy (Velíšek a Hajšlová, 2009).

3.2 Živiny energetické – lipidy

Lipidy jsou hlavní skupinou energetických živin, z nichž nejvýznamnější jsou tuky a představují nedílnou součást potravy. Tuky mají v organismu mnoho důležitých funkcí. V první řadě slouží jako zdroj a rezerva energie (tuk zásobní), (Zeman a kol., 2006).

Pánek a kol. (2002) uvádí, že jejich největší skupina acylglyceroly obsahuje relativně velké množství vodíku oproti jiným živinám, a proto jsou nejbohatším zdrojem energie ze všech živin – jejich oxidací vzniká asi dvojnásobné množství energie než oxidací sacharidů. Oxidací tuků vzniká $38 \text{ kJ} \times \text{g}^{-1}$, sacharidů $17 \text{ kJ} \times \text{g}^{-1}$.

Tuk, který není přetvořen a následně využit jako zdroj energie, se v těle ukládá a tvoří tak tuk zásobní. Ten se v těle ukládá na různá místa. Tukové rezervy uložené kolem vnitřností označujeme jako tuk viscerální, tuk uložený v podkoží pak jednoduše jako podkožní. Velmi důležitým úložištěm tuků jsou také játra. Ukládání tuku v játrech je ale možné jen v omezeném množství. Největší množství rezervního tuku bývá uloženo v podkoží (Pánek a kol., 2002).

Tuky však nejsou pouze rezervou a zdrojem energie, ale mají řadu dalších funkcí. Viscerální tuk obaluje některé vnitřní orgány (srdce, ledviny aj.). Tento ochranný obal je chrání před otřesy a mechanickým poškozením. Tuk, který je uložený v podkoží, neslouží jen jako zásoba energie, ale také je izolační vrstvou zabraňující nadměrné ztrátě tepla (Vodrážka, 1996).

Samotné tuky také zlepšují i senzorickou texturu potravin a krmiv, což může ovlivňovat jejich lepší chutnost a zkrmování (Pánek a kol., 2002). Obsahují velmi důležité esenciální mastné kyseliny a jejich prekurzory a některé tuky jsou potřebné pro resorpci a transport lipofilních vitaminů (A, D, E, K). Na druhou stranu ale tuky mohou podléhat různým faktorům jako je například světlo, teplo, vlhkost, působení mikroorganismů a plísní a pod jejich vlivem se mohou začít rozkládat, a to pak může negativně ovlivňovat nejen chutnost potravin, ale především zdraví (Veselý a kol., 1984).

3.2.1 Klasifikace lipidů

Tuky zařazujeme do heterogenní skupiny hydrofobních látek, kterou souhrnně nazýváme lipidy (Vránová, 2012). Podle chemického složení lipidy třídíme do tří velkých skupin – homolipidy, heterolipidy a komplexní lipidy. Další významnou skupinou jsou doprovodné látky lipidů, které jsou svou strukturou od lipidů odlišné, ale v praxi se též považují za lipidy (Velíšek a Hajšlová, 2009). Tyto látky často neobsahují ve své struktuře

mastné kyseliny, ale mají s lipidy společné některé vlastnosti. Patří sem některé steroidy, barviva, lipofilní vitaminy, přírodní antioxidanty aj. Ke steroidům řadíme například cholesterol, velmi důležitý při syntéze vitamínu D a steroidních hormonů. S lipofilními barvivy se můžeme setkat v rostlinných lipidech, především s karotenoidy. Vitaminy rozpustné v tucích jsou A, D, E, K a v živočišných tucích jich bývá jen málo. Zároveň vitamin E je významný přírodní antioxidant (Velíšek a Hajšlová, 2009).

Lipidy zahrnují velké množství různých tuků a dalších látek tukového charakteru (Reece, 2011). Pokud se hovoří o tucích a olejích ve výživě, většinou se toto označení vztahuje na triacylglyceroly, které jsou hlavní složkou lipidů (Vojtaššáková a kol., 2000). Označení tuky, se využívá převážně ve vztahu k výživě, výrobě potravin a v potravinářské praxi (Vránová, 2012).

- **Homolipidy**

Mezi homolipidy, též jednoduché lipidy, zahrnujeme sloučeniny mastných kyselin a alkoholů. Vzájemně se liší strukturou navázaného alkoholu, kterým je v přírodních lipidech nejčastěji glycerol. Největšími skupinami jednoduchých lipidů jsou vosky a tuky (Velíšek a Hajšlová, 2009).

Vosky, nacházející se v přírodě, mají především ochrannou funkci. Tvoří hydrofobní vrstvu na vnějších částech rostlin, a tak je chrání před ztrátami vody a některými vlivy vnějšího prostředí, jako například před napadením mikroorganismy. U živočichů jsou vosky vylučovány na povrch kůže a srsti, včely je používají při stavbě plástů (Vodrážka, 1996).

- **Heterolipidy**

Heterolipidy také obsahují sloučeniny mastných kyselin a alkoholů, na které jsou ještě navíc vázány další složky, například kyselina fosforečná či některé cukry. Podle navázaných složek se rozlišují fosfolipidy, glykolipidy, sulfolipidy (Velíšek a Hajšlová, 2009).

Fosfolipidy ve své hydrofilní části navíc obsahují kyselinu fosforečnou a jsou základními stavebními prvky všech biomembrán. Glykolipidy obsahují vázané cukry a jsou například přítomné v nervové tkáni. Sulfolipidy mají navázanou kyselinu sírovou (Vodrážka, 1996).

- **Komplexní lipidy**

Jsou to makromolekulární látky, jejichž lipidová složka je vázána na nelipidový podíl, nejčastěji různými fyzikálními vazbami. Nelipidový podíl může být například protein nebo polysacharid. Do komplexních lipidů se řadí lipoproteiny, mukolipidy a lipidové klathráty (Velíšek a Hajšlová, 2009).

Nejdůležitějšími komplexními lipidy jsou lipoproteiny tvořené z lipidů a bílkovin. Jsou nezbytné při transportu lipidů v krevní plazmě a jsou velmi dobře prozkoumány, protože mají velký význam při rozvoji chorob krevního oběhu. Některé mukolipidy jsou přítomné v nervových tkáních. Lipidové klathráty jsou sloučeniny, jejichž struktura nemá žádné chemické vazby, ale jedná se o mechanickou strukturu, kde jedna složka tvoří pouzdro, v němž jsou umístěny další složky (Velíšek a Hajšlová, 2009).

3.2.2 Chemická podstata tuků

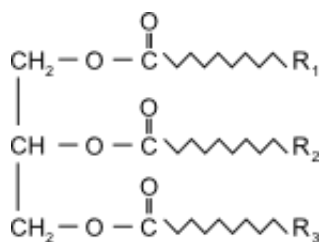
Lipidy jsou sloučeniny přírodního a organického charakteru a jsou produkovány jak živočišnými, tak i rostlinnými organismy. Z chemického hlediska jsou tuky estery glycerolu a vyšších mastných kyselin, které jsou na molekulu glycerolu navázány esterovou vazbou. Tyto látky jsou z pohledu potravinářského nejvýznamnější skupinou lipidů.

Pokud je na glycerol vázána pouze jedna mastná kyselina, hovoříme o monoacylglycerolech. Vzniklé estery se označují 1-monoacylglycerol nebo 2-monoacylglycerol podle uhlíku, na který se mastná kyselina váže. V případě, že jsou na molekulu glycerolu vázány dvě mastné kyseliny, mluvíme o diacylglycerolech. Vznikají 1,2-diacylglyceroly nebo 1,3-diacylglyceroly. Nejčastěji však v přírodě vznikají triacylglyceroly, a to když se na glycerol naváží tři mastné kyseliny (obr. 1).

Triacylglyceroly se dále dělí na jednoduché a smíšené. O jednoduché triacylglyceroly se jedná v případě, že jsou mastné kyseliny vázané na triacylglycerol všechny stejné. Pokud jsou ale dvě nebo tři různé, tak se jedná o triacylglyceroly smíšené, kterých je v přírodních tucích většina.

Potraviny a krmiva obsahují téměř výhradně triacylglyceroly. Zastoupení tuků v potravě je tedy zejména ve formě triacylglycerolů, ale dále potrava může obsahovat jiné látky, jako jsou například fosfolipidy a doprovodné látky (cca 1 %), (Velíšek a Hajšlová, 2009).

Obrázek 1: obecný vzorec triacylglycerolu



3.2.3 Výskyt tuků v krmivech a potravinách

Všichni živočichové přijímají tuk v potravě, ale podstatná část tuku vzniká také v samotném organismu, a to ze sacharidů. Tuky obsažené v krmivech jsou heterogenní směsí především triacylglycerolů, fosfolipidů, vosku, cholesterolu a dalších látek. V krmivech se tuk přirozeně většinou nevyskytuje v takovém množství, aby pokryl energetické potřeby zvířete, zejména u vysokoprodukčních zvířat, a proto je nezbytné obohacovat krmné směsi o tuky již při jejich výrobě. Pro tento účel jsou zvláště využívány rostlinné tuky (oleje), často řepkový a sójový (Straková a kol., 2008).

Podle původu dělíme tuky na živočišné a rostlinné. U rostlin se jedná obvykle o tuk semen a oplodí. Je obsažen i v klíčcích semen, u kterých je hlavní rezervní látkou škrob. U živočichů je obsažen především v rezervních tkáních a mléce (Velíšek a Hajšlová, 2009). V krmivech a potravinách se tuky vyskytují téměř vždy jako triacylglyceroly, ale také mohou obsahovat v malém množství (asi 1 %) další látky, například fosfolipidy a doprovodné látky. (Velíšek a Hajšlová, 2009). Zastoupení tuků v jednotlivých krmivech je velmi různorodé. Ke krmivům nejbohatším na tuk patří zejména olejnatá semena (např. semena slunečnice), zbytky po zpracování olejnatých semen (např. řepkové pokrutiny), rostlinné tuky (oleje, např. slunečnicový) a živočišné tuky (rybí tuk), (Jeroch a kol., 2006). V běžných krmivech, jako jsou zrniny a olejniny, se obsah tuků pohybuje v rozmezí 1 – 45 %. Nejen obsah tuku v krmivech je proměnlivý, v těle zvířat a následně v jejich produktech je také značný rozdíl v jeho množství (Zeman a kol., 2006).

Nejvyšší obsah lipidů je v živočišném tuku (sádlo, lůj aj.) a v rostlinných olejích (95,5 %). V menším zastoupení je jich ve lněných a slunečnicových semenech (37 – 48 %), dále v mlezivu je 26,0 % lipidů, v zelené píce a siláži 2,1 – 5,0 %, v seně 1,5 – 2,8 % a v zrninách 1,3 – 5,5 % (Zeman a kol., 2006)

- **Výskyt lipidů živočišného původu u vybraných potravin**

K potravinám živočišného původu patří maso, vejce, mléko a mléčné výrobky. Obsah tuku u potravin živočišného původu je velmi variabilní a závisí na mnoha faktorech. V následujících odstavcích bude především rozebrán obsah tuku v jednotlivých druzích masa.

Rozložení tuku v mase je velmi nerovnoměrné. Menší část vytváří takzvané mramorování, které je velmi žádané, protože dodává masu šťavnatost, křehkost a lepší chutnost. Jedná se o tuk uložený mezi svalovými vlákny. Zbývající část tuku je uložena v podobě zásobního tuku. Tento tuk je poměrně bohatý na nenasycené mastné kyseliny, které můžeme považovat za zdraví prospěšné. Vyskytují se zde však i nasycené mastné kyseliny, jejichž příjem by měl být naopak omezen, protože zvyšují sérový cholesterol, což je příčinou vzniku aterosklerózy – ukládání tuku do stěn cév. Cholesterol je však na druhou stranu nezbytný ve výživě člověka, ale měl by být konzumován v optimální míře. V libové svalovině je obsažen v 50 – 100 mg na 100g. Výhodou je, že podkožní a jiný zásobní tuk lze od samotného masa před konzumací oddělit (Katina a Kšána, 2012).

Maso je nedílnou součástí výživy člověka. V místních podmínkách mají velký význam červená masa (maso vepřové a hovězí), (Katina a Kšána, 2012). Z běžných druhů masa konzumovaných především v České republice nejvíce tuku obsahuje maso vepřové. Nejméně tuku pak určité druhy ryb a drůbeže. Poměrně široké rozpětí (viz tabulka 1) u ryb je způsobeno druhovou variabilitou. Obsah tuku také závisí na ročním období. Mezi tučné ryby patří například kapr, dále pak úhoř nebo sled, mezi libové treska. Stejně tak u hovězího a vepřového masa závisí obsah tuku především na konkrétním plemeni a dalších faktorech (Velíšek a Hajšlová, 2009). Vysokou zmasilostí a nízkým obsahem loje se vyznačují masná plemena skotu. Lůj v určitých partiích vytváří již zmíněné žádoucí mramorování masa. Typickými masnými plemeny jsou: Aberdeen angus, Limousin, Charolais, Hereford aj. V případě prasat masná plemena (Velké bílé anglické, Dánský landrase) mají velmi libové maso, naopak plemena masosádelná (Přechtické černostrakaté) se vyznačují výraznějším mramorováním (Katina a Kšána, 2012). V tabulce 1 jsou uváděny hodnoty týkající se našich tradičních výrobků (Velíšek a Hajšlová, 2009).

V dnešní době se však šlechtí i plemena s výrazně nižším obsahem tuku ve svalovině, například prasat. Mléko některých nových plemen dojníc má také snížený obsah tuku (Velíšek a Hajšlová, 2009).

Tabulka 1: Výskyt lipidů živočišného původu u vybraných potravin

Potravina	Obsah lipidů v sušině v %
maso vepřové libové	51
maso vepřové tučné	75
maso hovězí	9 - 63
maso drůbeže hrabavé	5 - 50
maso drůbeže vodní	40 - 65
ryby	2 - 44
vaječný žloutek	66
vaječný bílek	0,15
mléko plnotučné	30

Poznámka: Velíšek, J., Hajšlová, J., Chemie potravin

- **Výskyt lipidů rostlinného původu u vybraných krmiv**

Největší zastoupení lipidů rostlinného původu je v olejninách konkrétně v jejich semenech (viz tabulka 2). Mají vysokou energetickou hodnotu, ale ve výživě zvířat se nevyužívají příliš často. Olejninu ve většině případů obsahují látky, které pokud jsou zařazovány do krmných dávek ve větší míře, mohou nepříznivě ovlivnit zdravotní stav zvířat a kvalitu produktů (Zeman a kol., 2006). Mezi takové dieteticky nepříznivé látky patří především alkaloidy¹, glykosidy², aj. Lepší využití mají krmné zbytky po odstranění tuku z olejnatých semen (pokrutiny a extrahované šroty), (Opletal a Skřivanová, 2010). Extrahované šroty obsahují tuku maximálně do 4 %, běžně však mají tuku asi 1 % (Zeman a kol., 2006).

Mezi nejvýznamnější olejninu na našem území patří sója, semeno lnu setého, řepka olejná a slunečnice roční (Suchý a kol., 2008). Semeno lnu setého obsahuje velké množství polynenasycených kyselin (Zeman a kol., 2006). Je doporučováno pro zvířata nemocná, rekonvalescentní nebo u mláďat (Veselý a kol., 1984). Další velmi důležitou plodinou je sója, která se sice řadí mezi luštěniny, ale kvůli vysokému obsahu tuku je popisována jako olejninu. Plnotučná sója v krmných dávkách je vhodná pro všechna zvířata, je chutná a má velký obsah energie (Zeman a kol., 2006). Tuk rostlinného původu v ostatních krmivech nemá příliš významné zastoupení.

¹ Alkaloidy jsou sekundární rostlinné metabolity, které obsahují minimálně jeden atom dusíku, nejčastěji v heterocyklické formě. Mají zásaditý charakter. Zvířata se rostlinám, které je obsahují, vyhýbají pro jejich hořkou chuť (Zeman a kol., 2006).

² Glykosidy se vyskytují v řadě rostlin, především v čeledi brukvovitě. Vyvolávají palčivou chuť, zápach a leptají sliznice (Zeman a kol., 2006).

Tabulka 2: Obsah tuků u významných olejnin

Olejнина	Obsah tuků v %
semeno lnu setého	30 - 45
řepka olejná	40
sója	20

Poznámka: Zeman a kol., Výživa a krmení hospodářských zvířat

- **Výskyt lipidů u vybraných krmiv živočišného původu**

Všechna mláďata savců po narození jsou krmeny matčíným mlékem, zprvu mlékem nezralým, mlezivem (colostrum). To se od mléka zralého liší obsahem jednotlivých živin. Je bohatší především na bílkoviny, ale i na tuk. V kravském mlezivu je přibližně obsaženo tuku 5 %, v mléce asi 4 %. Obsah tuku v mléce je variabilní a liší se podle druhové a plemenné příslušnosti a závisí na mnoha dalších faktorech (Zeman a kol., 2006).

K nejkvalitnějším krmivům živočišného původu patří rybí moučka. Je produktem pro výrobu krmiv používaná k výživě prasat, drůbeže a telat. Tuk v nich ale snadno žlukne, a proto by ho rybí moučky měly obsahovat co nejméně (Zeman a kol., 2006).

3.3 Trávení a vstřebávání lipidů

Příjem potravy s potřebnými živinami je jednou z podmínek k zachování vlastní existence. Aby mohly být živiny využity k potřebným tělesným funkcím, musí být z potravy určitým způsobem získávány. Živočichové dokážou bez příjmu potravy vydržet jen určitou dobu, kdy využívají své tělesné zásoby energie. Pokud hladovění trvá příliš dlouho, končí úhynem zvířete. (Reece, 2011).

Samotné trávení zahrnuje řadu fyzikálních a chemických změn, kdy v jejich průběhu je potrava postupně rozkládána na části a je nakonec připravena k resorpci z trávicího traktu do krevního oběhu (Straková a kol., 2008). Základními částmi trávicího traktu, kudy potrava prochází, je dutina ústní, zuby, jazyk, hltan, jícn, žaludek, tenké a tlusté střevo. Přidatnými orgány jsou slinné žlázy, játra a slinivka břišní. Trávení lipidů je poměrně složitý děj a podílí se na něm především trávicí enzymy a soli žlučových kyselin (Reece, 2011).

Lipidy jsou hydrofobní látky a jejich trávení probíhá hlavně pomocí trávicích enzymů, které ale působí ve vodném prostředí. Proto nejprve musí být tuky emulgovány (rozptýleny do drobných kapének), což usnadní jejich následné štěpení pomocí enzymů - lipáz (Straková a kol., 2008). Emulgací dochází k zvětšení celkového povrchu tukových částic, a tak je k nim

zajištěn přístup trávicích enzymů. Emulgace probíhá v tenkém střevě, ale z malé části jsou tuky emulgovány již v žaludku působením žaludečních pohybů. Tím se promíchávají s ostatními složkami chymu (trávenina – směs žaludečních sekretů a potravy), (Reece, 2011). Jelínek a kol. (2003) píše, že v jednodukomorovém žaludku je přítomná žaludeční lipáza, která je ale jen málo aktivní a štěpí pouze dobře emulgovaný tuk. Uplatňuje se především u mláďat při trávení mléčného tuku.

3.3.1 Trávení tuků v tenkém střevě

Střevo je nejdelší částí trávicího ústrojí zvířat a v jeho části – v tenkém střevě se vlivem trávicích šťáv odehrává trávení živin, tuků, sacharidů a bílkovin. Z žaludku vstupuje chymus do tenkého střeva, kde jsou tuky štěpeny pomocí pankreatické šťávy, střevní šťávy a žluče.

Nejprve soli žlučových kyselin obsažené ve žluči tuky emulgují. Poté, co jsou takto zpřístupněny trávicím enzymům, nastupuje hydrolytické štěpení. Pankreatická lipáza (obsažena v pankreatické šťávě) a střevní lipáza (ve střevní šťávě) štěpí tuky na glycerol a mastné kyseliny (Sova a kol., 1990).

3.3.2 Vstřebávání a přeměna tuků

Vstřebávání je proces, při kterém látky pronikají buněčnými membránami prostřednictvím krve a lymfy do všech buněk a tkání živého organismu. Tuk se vstřebávají hlavně v tenkém střevě. Vzniklý glycerol a mastné kyseliny s krátkým řetězcem se lehce rozpouští ve vodě, a proto se resorbují jednoduchou difuzí. Mastné kyseliny s delším řetězcem a glycerol společně se solemi žlučových kyselin tvoří komplexy, které se označují jako smíšené micely. Tyto micely usnadňují transport tuků do enterocytů (Sova a kol., 1990).

Uvnitř epitelových buněk jsou mastné kyseliny a monoacylglyceroly opět syntetizovány na triacylglyceroly. Dohromady s fosfolipidy a cholesterolem tvoří chylomikra. Tento lipoproteinový komplex umožňuje jejich vstup do mízních cév a následně do krevního oběhu (Reece, 2011). Krví jsou chylomikra dále transportována k orgánům. Část triacylglycerolů chylomiker je štěpena znovu na glycerol a mastné kyseliny, které jsou transportovány k orgánům a slouží jako zdroj energie. Tento proces štěpení probíhá vlivem lipoproteinové lipázy. Důležitou roli při přeměně tuků také mají játra. Zbytková chylomikra jsou do nich transportována a dále jsou využita k tvorbě dalších lipoproteinů (Sova a kol., 1990). Jelínek a kol. (2003) píše, že lipoproteiny představují transportní prostředek více jak

95 % lipidů v krevní plazmě a vzájemně se liší svým složením. Dále uvádí, že je můžeme podle hustoty rozdělit do pěti hlavních tříd:

- **Chylomikra**

- **VLDL (Very low density lipoproteins)**

Největší část je tvořena v játrech. Důležitou funkcí VLDL je transport triacylglycerolů z jater do tukové tkáně a mléčné žlázy.

- **IDL (Intermediate density lipoproteins)**

Vznikají odbouráním triacylglycerolů z VLDL.

- **LDL (low density lipoproteins)**

Tyto lipoproteiny vznikají po odbourání VLDL a IDL. Jejich úkolem je transportovat cholesterol k cílovým buňkám. Vysoká hladina LDL v plazmě je příčinou vzniku aterosklerózy.

- **HDL (high density lipoproteins)**

HDL vážou cholesterol periferních tkání a endotelových buněk krevních cév a je pomocí těchto lipoproteinů transportován do jater. HDL mají na rozdíl od LDL antisklerotický účinek.

3.3.3 Trávení v předžaludku u přežvýkavců

Přežvýkavci se od ostatních hospodářských zvířat liší především tím, že zpracovávání a trávení u nich probíhá z větší části v předžaludku (Straková a kol., 2008). Předžaludek přežvýkavců je přizpůsoben bakteriální fermentaci přijaté potravy. Tento proces zajišťuje získávání energie, kterou by jinak nebyli schopni získat (Reece, 2011). Mikrobiální trávení probíhá v bacheru, trávení enzymatické ve slezu a tenkém střevě (Straková a kol., 2008).

V bacheru přežvýkavců se nachází velké množství bakteriálních a protozoálních (prvoci) mikroorganismů, jejichž vlivem dochází k fermentaci živin, tedy i tuků. Na hydrolýze lipidů se podílejí zejména lipolytické bakterie, méně prvoci (Jelínek a kol., 2003). Triacylglyceroly podléhají hydrolýze za vzniku glycerolu a mastných kyselin. Mastné kyseliny přecházejí do tenkého střeva, kde jsou dále tráveny. Z některých nenasycených mastných kyselin se mohou tvořit kyseliny nasycené (Reece, 2011).

Glycerol je v bacheru dále fermentován, obvykle na kyselinu propionovou. Ta se řadí mezi těkavé mastné kyseliny, které představují velký zdroj energie. Těkavé mastné kyseliny u přežvýkavců představují asi 70 % pokrytí potřeby energie. K dalším takovým kyselinám vznikajícím při fermentaci v bacheru patří kyselina octová a máselná. Tyto tři zmíněné těkavé mastné kyseliny – octová, propionová a máselná se tvoří v bacheru v největším množství a jsou i produkty při trávení sacharidů a bílkovin. Kyselina propionová je pak využita při tvorbě glukózy a kyselina octová je prekurzorem mléčného tuku (Reece, 2011).

Kromě rozkladu tuků v předžaludku dochází i k syntéze mikrobiálních lipidů. Jelínek a kol. (2003) uvádí, že o tom svědčí skutečnost, že v krmivu je méně mastných kyselin, než jich nakonec opouští slez. Nejvyšší zastoupení zde má kyselina palmitová, stearová a olejová.

3.4 Mastné kyseliny

Lipidy jsou složeny převážně z mastných kyselin (Zeman a kol., 2006). Z hlediska výživy se jedná o nejdůležitější a nejvýznamnější složku lipidů (Velíšek a Hajšlová, 2009). Mastné kyseliny jim dodávají mastnou, voskovou nebo olejovou povahu. V přírodě bylo objeveno více jak 50 mastných kyselin a slouží především jako pohotový zdroj energie (Vodrážka a Fomenková, 1998).

Z pohledu chemického mastné kyseliny jsou karboxylové kyseliny s dlouhými uhlovodíkovými řetězci. V přírodě se volně vyskytují jen vzácně, často jsou hlavními složkami lipidů v esterifikované formě. Většina mastných kyselin má sudý počet atomů uhlíku (Voet a Voetová, 1995). Od sebe se vzájemně liší v délce řetězce a v počtu konfigurací a poloze dvojných vazeb. Jejich struktura vypadá následovně: dlouhý řetězec uhlíkových atomů, na kterých je navázán atom vodíku a na konci karboxylová skupina – COOH (Vojtaššáková a kol., 2000).

3.4.1 Rozdělení mastných kyselin

Mastné kyseliny v lipidech se vyskytují v přírodě v těchto skupinách: nasycené mastné kyseliny, nenasycené a mastné kyseliny s trojnými vazbami a různými substituenty. Poslední z uvedených mastných kyselin jsou ve vztahu k výživě méně důležité než ostatní mastné kyseliny (Velíšek a Hajšlová, 2009). Proto dále budou zmíněny pouze mastné kyseliny nasycené a nenasycené.

Živočichové neumí všechny mastné kyseliny ve svém těle syntetizovat, proto je nezbytné, aby je přijímali v potravě. Takové mastné kyseliny, které jsou pro organismus důležité, ale neumí si je sám syntetizovat, se nazývají esenciální mastné kyseliny (Zeman a kol., 2006).

Mastné kyseliny se běžně dělí i podle délky řetězce. Mastné kyseliny s řetězcem obsahujícím čtyři až šest atomů uhlíků označujeme jako kyseliny s krátkým řetězcem (SCFA). Za středně dlouhý řetězec (MCFA) se považuje takový, ve kterém je osm až dvanáct atomů uhlíku, od čtrnácti do osmnácti atomů hovoříme o řetězci dlouhém (LCFA), (Velíšek a Hajšlová, 2009). V literatuře se ovšem často můžeme setkat s mírně odlišným dělením. Hranice mezi jednotlivými skupinami není striktně definována. Kyseliny s řetězcem delším než dvacet atomů uhlíku se označují jako kyseliny s velmi dlouhým řetězcem (VLCFA), (Denic a Weissman, 2007).

3.4.2 *Nasyčené mastné kyseliny*

Nasyčené mastné kyseliny (SFA) jsou tuhé povahy a patří mezi běžnou složku lipidů (Velíšek a Hajšlová, 2009). Pro organismus představují rychlý a pohotový zdroj energie (Zeman a kol., 2006).

V řetězci nasyčených mastných kyselin se nevyskytuje žádná dvojná vazba (Zeman a kol., 2006). Zpravidla mají nerozvětvený řetězec, který obvykle bývá složen sudým počtem uhlíků (Velíšek a Hajšlová, 2009). Mezi významné nasyčené mastné kyseliny, které jsou fyziologicky přítomny v organismu, patří kyselina stearová, laurová, palmitová a myristová (Zeman a kol., 2006). V těle mohou být syntetizovány, řadí se mezi neesenciální mastné kyseliny.

3.4.3 *Nenasycené mastné kyseliny*

Nenasycené mastné kyseliny jsou olejovité látky a obsahují vždy alespoň jednu dvojnou vazbu. Když obsahují pouze jednu dvojnou vazbu, nazýváme je monoenové, pokud mají více jak jednu dvojnou vazbu, mluvíme o polyenových mastných kyselinách (Vojtaššáková a kol., 2000). Z hlediska výživy je důležité jejich prostorové uspořádání, konfigurace *cis* a *trans*, která u kyselin se stejným počtem uhlíků a dvojných vazeb způsobuje rozdílné vlastnosti ve výživě. *Cis*-konfigurace se v přírodě vyskytuje přirozeně v rostlinách. *Trans*-nenasycené mastné kyseliny se vyskytují v tuku přežvýkavců a v mléčném tuku. Přirozeně vznikají přeměnou potravy v bachoru za pomoci mikroorganismů, které jsou

přítomny v předžaludku přežvýkavců. Uměle se tvoří při průmyslové hydrogenaci nenasycených mastných kyselin nebo při dlouhotrvající tepelné zátěži tuků (smažení). *Trans*-nenasycené mastné kyseliny nepůsobí na organismus prospěšně, nepříznivě ovlivňují hladinu cholesterolu (zvyšují hladinu LDL cholesterolu) a jejich zvýšený příjem se stává příčinou vzniku aterosklerózy (Homolka a Kudrna, 2007).

- **Nenasycené mastné kyseliny s jednou dvojnou vazbou (MUFA)**

Monoenové mastné kyseliny se od sebe navzájem liší polohou dvojně vazby, její prostorovou konfigurací a počtem atomů uhlíku. Nejčastěji se vyskytují v *cis*-konfiguraci, méně často pak v *trans*-konfiguraci (Velíšek a Hajšlová, 2009). Monoenové mastné kyseliny se fyziologicky v organismu vyskytují dvě – palmitoolejová a olejová. Organismus si je stejně jako nasycené mastné kyseliny dokáže syntetizovat, proto se také označují jako neesenciální mastné kyseliny (Zeman a kol., 2006).

- **Nenasycené mastné kyseliny s více dvojnými vazbami (PUFA)**

Polyenové mastné kyseliny ve svém řetězci mají dvě nebo více dvojných vazeb (Zeman a kol., 2006). Mastné kyseliny se dvěma dvojnými vazbami (dienové) jsou z hlediska výživy velmi důležité, protože některé z nich jsou pro organismus esenciální. Oproti mastným kyselinám monoenovým jich není v přírodních lipidech obsaženo mnoho. Nejdůležitější z dienových mastných kyselin a vůbec nejdůležitější mastnou kyselinou pro živočichy je kyselina linolová. (Velíšek a Hajšlová, 2009). Dalšími důležitými polynenasycenými kyselinami jsou kyselina linolenová, arachidonová, eicosapentaenová a docosahexaenová.

3.4.4 Mastné kyseliny esenciální

Z chemického hlediska jsou esenciální mastné kyseliny polyenové kyseliny s první dvojnou vazbou na třetím nebo šestém uhlíku (Zeman a kol., 2006).

Esenciální mastné kyseliny mají nezastupitelnou roli ve výživě zvířat, ale také lidí. Je nezbytné dodržovat jejich dostatečný přísun do těla potravou a hlídat jejich nedostatek. Nedostatečné množství esenciálních mastných kyselin může nepříznivě ovlivnit zdraví. V živočišném organismu se podílejí na řadě důležitých procesů. Velké množství esenciálních mastných kyselin je spotřebováno při tvorbě intracelulárních a buněčných membrán, včetně membrán pokožky. Jejich příjem je důležitý pro výstavbu nervových tkání, reprodukci a k syntéze eikosanoidů (viz níže), (Pánek a kol., 2002).

Esenciální mastné kyseliny by měly tvořit z celkové energetické hodnoty krmiva nejméně 1 %. Jejich nedostatek vyvolává u zvířat patologické změny jako je zpomalení růstu, zvýšený příjem vody, změny na kůži, snížená odolnost proti stresům a úhynu a degenerativní změny na varlatech u samců nebo na vaječnících u samic (Zeman a kol., 2006). Mezi významné esenciální kyseliny patří kyselina linolová.

Kyselina linolová (LA) je kyselinou esenciální, organismus si jí sám nedokáže vytvořit, musí tedy být přijímána v potravě. Mezi další esenciální kyseliny se řadí mastné kyseliny – arachidonová (AA), linolenová (GLA, ALA), eicosapentaenová (EPA) a docosahexaenová kyselina (DHA), (Zeman a kol., 2006). Kyselina linolová je považována z dietetického hlediska za jednu z nejvýznamnějších esenciálních mastných kyselin, protože z ní je organismus schopný syntetizovat další polynenasycené mastné kyseliny a z nich vysoce biologicky účinné látky (např. eikasanoidy), (Straková a kol., 2008). Vodrážka (1996) uvádí, že lze kyselinu linolovou považovat za jedinou esenciální kyselinu, protože pokud je její přísun v potravě dostatečný, mohou si z ní savci vyrobit kyselinu linolenovou a arachidonovou. Dále z kyseliny linolenové může částečně vznikat i kyselina eicosapentaenová a docosahexaenová (Zeman a kol., 2006). V jiné literatuře se však často dočteme o dvou základních mastných kyselinách, kyselině linolové a linolenové. Vysvětlením může být, jak píše Straková a kol. (2008), že organismus většiny živočichů umí z kyseliny linolové tvořit kyselinu linolenovou, ale například masožravci tuto vlastnost nemají.

Výchozí kyselinou při biosyntéze vyšších mastných kyselin řady n-6 (viz níže) je u savců kyselina linolová. A právě z ní pak vzniká kyselina γ -linolenová (GLA) a konečným produktem je kyselina arachidonová. Pro řadu n-3 (viz níže), výchozí kyselinou je α -linolenová (ALA), z které se při biosyntéze tvoří eicosapentaenová a docosahexaenová kyselina (Velíšek a Hajšlová, 2009).

Kyseliny linolová a arachidonová patří do skupiny n-6, jindy nazývána omega-6, to znamená, že mají první dvojnou vazbu na šestém uhlíku. Kyseliny α -linolenová, eicosapentaenová a docosahexaenová se řadí do skupiny n-3 (omega-3), jejich první dvojná vazba se vyskytuje na třetím uhlíku (Vojtaššáková a kol., 2000). Z hlediska zásad správné výživy se doporučuje dodržovat v dietě příznivý poměr 1:5 (10) mezi mastnými kyselinami řady n-6 a n-3 polynenasycenými mastnými kyselinami (Suchý a kol., 2008).

- **Kyselina linolová**

Jak již bylo uvedeno, kyselina linolová (obr. 2) patří mezi nejvýznamnější polynenasycené mastné kyseliny. Její nedostatek, nebo naopak i přebytek v krmných dávkách

negativně ovlivňuje zdravotní stav a produkci zvířat. Poruchy z nedostatku kyseliny linolové se mohou projevit poklesem růstové intenzity či poklesem intenzity produkce (masa, vajec), patologickými změnami na kůži, zhoršením hojení, poruchami látkové výměny a dalšími patologickými změnami. Nadbytek může vést ke zvýšení hladiny eikasanoidů, především prostaglandinů a může způsobit fyziologické změny v krevním oběhu (poruchy srážení krve), (Suchý a kol., 2008). Vhodná koncentrace kyseliny linolové v kompletních krmných dávkách je 10 - 15 g/kg krmiva (Straková a kol., 2008).

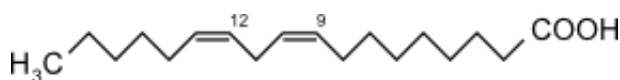
- **Konjugovaná kyselina linolová**

Konjugovaná kyselina linolová (CLA) má velký význam v kvalitě živočišných produktů a stala se již po řadu let velmi zkoumanou mastnou kyselinou. Důvodem všeobecného zájmu jsou její fyziologické účinky, které by mohly mít prospěšný vliv na lidské zdraví (Marounek, 2007).

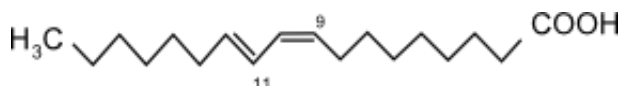
Konjugovaná kyselina linolová (obr. 3) představuje skupinu isomerů kyseliny linolové. Konjugovaná znamená, že její isomery mají dvojně vazby v konjugované poloze – nejsou odděleny methylenovou skupinou (-CH₂-). Ke konjukci dvojných vazeb dochází při určitých chemických reakcích. Jejím zdrojem jsou produkty přežvýkavců (maso a mléko) nebo může být také připravena uměle. V organismu přežvýkavců se na vzniku CLA podílejí bachorové bakterie a také k její syntéze může docházet v mléčné žláze (Marounek, 2007).

Ke zjištění fyziologických účinků CLA na organismus bylo provedeno mnoho experimentů. Při těchto pokusech byla obvykle používána syntetická CLA a experimenty byly prováděny na různých zvířecích modelech, ale i na lidech. Zjistilo se, že konjugovaná kyselina linolová by mohla být používána k prevenci zhoubného bujení, k posílení imunitního systému či ke snížení zásobního tuku. Je však důležité zmínit, že jednotlivé isomery CLA mají rozdílné účinky na organismus (Marounek, 2007). Navíc podle Komprdy (2003) k dosažení zmíněných účinků, by CLA musela být konzumována v takových dávkách, které při běžném stravování jsou těžko dosažitelné.

Obrázek 2: kyselina linolová



Obrázek 3: konjugovaná kyselina linolová



3.4.5 Výskyt některých mastných kyselin

- **Nasyčené mastné kyseliny**

Z nasyčených mastných kyselin se nejčastěji v přírodě vyskytuje palmitová kyselina. Je to kyselina s dlouhým řetězcem. Je obsažena téměř ve veškerých živočišných i rostlinných lipidech, v triacylglycerolech a fosfolipidech. V lipidech živočišných tkání je kyseliny palmitové přítomno 20 – 30 %, v rostlinných olejích ze semen je výskyt kyseliny palmitové nižší (5 – 30 %).

Další běžnou mastnou kyselinou s dlouhým řetězcem vyskytující se v lipidech většiny živých organismů je kyselina myristová. Ve větším množství je obsažena v kravském mléce a v kokosovém a palmojádrovém oleji.

Mezi mastné kyseliny s dlouhým řetězcem patří dále kyselina stearová a v nejvyšším množství se vyskytuje v tucích přežvýkavců – v loji i mléčných tucích.

V mléčných tucích se však nejčastěji vyskytují mastné kyseliny s kratším řetězcem, například kyselina máselná a kapronová. Menšinou složkou v triacylglycerolech mléčných tuků jsou mastné kyseliny se středně dlouhým řetězcem například kyselina kaprylová, kaprinová a laurová.

Vzácně se v přírodě vyskytují nasyčené mastné kyseliny s lichým počtem uhlíkových atomů (C13 – C19), a to jako stopové složky v triacylglycerolech. Ve vyšším množství se vyskytují jen v lipidech některých mikroorganismů, v zásobním i mléčném tuku přežvýkavců a kožních lipidech. Jedná se především o kyseliny pentadekanovou a heptadekanovou. Jejich obsah může být i 5 % a více (Velíšek a Hajšlová, 2009).

- **Nenasycené mastné kyseliny**

V živočišných tucích a v rostlinných lipidech se nejčastěji z nenasycených mastných kyselin vyskytuje kyselina olejová. V těchto tucích je obsažena alespoň ve stopovém

množství, mnohdy i ve větším. Například v tukové tkáni živočichů tvoří 30 – 40 % všech mastných kyselin, v olivovém oleji až 78 % (Velíšek a Hajšlová, 2009).

Z pohledu výživy je však důležité věnovat pozornost polyenovým mastným kyselinám řady n-3 a n-6. Z takových polyenových mastných kyselin je poměrně velmi běžná kyselina linolová. V tucích je obsažena v celkem širokém rozpětí. Větší obsah je v rostlinných olejích, menší pak hlavně v tucích živočichů, kam se dostává pouze s potravou, je kyselinou esenciální (Velíšek a Hajšlová, 2009). Významné zastoupení kyseliny linolové je v řepkovém oleji, vyšší obsah v oleji slunečnicovém (Vojtaššáková a kol., 2000).

Další kyselina z řady polyenových je kyselina linolenová, která je také kyselina esenciální a tím pádem se více vyskytuje též v rostlinných tucích, především v olejích. Například v sojovém a lněném. V živočišných tucích je nejvíce zastoupena v tukové tkáni koní, do 10 % z celkových MK, u ostatních tvoří pouze nejvíce 1 % (Velíšek a Hajšlová, 2009).

Některá netradiční krmiva také obsahují značné množství nenasycených mastných kyselin. Například olej z konopí setého obsahuje těchto kyselin velký podíl a mají příznivý vliv na nosnost vajec. Ve výživě zvířat se používají velmi hodnotné pokrutiny a celé plody, které se dají využít v ptačím zobu a pro krmení ryb. Výlisky obsahují tuku asi 4,3 %. Dalším netradičním krmivem je světlice barvířská. Je pěstována hlavně jako olejnina a je srovnatelná s olejem slunečnicovým. Její olej má velký obsah kyseliny linolové (80 %), ale kyseliny linolenové má pouze do 2 %. Zkrmovány jsou celkem dobře její pokrutiny. (Opletal a Skřivanová, 2010).

- **Výskyt mastných kyselin v mléčném tuku**

Kravné mléko obsahuje přibližně 87 % vody, 4,6 % laktózy, 3,4 % bílkovin, 4,2 % tuku, 0,8 % minerálních látek a 0,1 % vitamínů. Složení mléka neustále prochází změnami v závislosti například na fázi laktace, ročním období a krmné strategii. Mléčný tuk se skládá především z triacylglycerolů (přibližně 98 %), zbytek tvoří diacylglyceroly, cholesterol, fosfolipidy a volné mastné kyseliny.

Mléčné mastné kyseliny jsou odvozeny téměř stejným dílem ze dvou zdrojů, z přijatého krmiva a mikrobiální aktivity v batoru. Triacylglyceroly mléčného tuku jsou syntetizovány z více než 400 různých mastných kyselin, což z mléčného tuku dělá nejsložitější tuk ze všech přírodních tuků. Téměř všechny z těchto kyselin jsou přítomny ve stopovém množství a pouze asi 15 kyselin v množství větším než jedno procento.

Nasyčené mastné kyseliny v mléce představují asi 70 %, nenasycené 30 %. Obsah nasyčených mastných kyselin je nižší, když se krávy pasou. Z hlediska množství je nejdůležitější mastnou kyselinou kyselina palmitová, která tvoří přibližně 30 % hmotnosti všech mastných kyselin. Dalšími kyselinami zastoupenými ve větším množství jsou kyselina myristová a kyselina stearová. Množství vybraných mastných kyselin je uvedeno v tabulce č. 3 (Månsson, 2008).

Tabulka 3 Obsah MK nasyčených v mléčném tuku (% veškerých MK)

Mastná kyselina	Kravské mléko
máselná	2,8 – 4,0
kapronová	1,4 – 3,0
kaprylová	0,5 – 1,7
kaprinová	1,7 – 3,2
laurová	2,2 – 4,5
myristová	5,4 – 14,6
palmitová	26 - 41
stearová	6,1 – 12,1

Poznámka: Velíšek, J., Hajšlová, J., Chemie potravin

3.4.6 Vliv mastných kyselin na organismus

Mastné kyseliny v živočišném organismu zastávají mnoho důležitých rolí. Dále budou zmíněné pouze vybrané účinky některých mastných kyselin.

- **Esenciální mastné kyseliny jako prekurzory eikosanoidů**

Eikosanoidy se řadí mezi látky, které významně ovlivňují činnost organismu a jsou považovány za tkáňové hormony. I při nízkých koncentracích mají značné fyziologické účinky (Voet a Voetová, 1995).

Prekurzorem této skupiny látek je kyselina linolová, za pomoci enzymů se dehydrogenuje na kyselinu γ -linolenovou, ze které pak postupně vzniká kyselina arachidonová. Z ní se oxidují eikosanoidy (Pánek a kol., 2002).

Mezi eikosanoidy patří prostaglandiny, leukotrieny, prostacykliny, thromboxany a lipoxiny. Eikosanoidy dokážou produkovat všechny savčí buňky kromě červených krvinek (Velíšek a Hajšlová, 2009). Ovlivňují četné tělesné procesy, jako je zánětlivá odpověď, zprostředkovávají pocit bolesti a horečku, kontrolu některých reprodukčních funkcí - vyvolání

porodních stahů (Voet a Voetová, 1995). Dále se uplatňují při regulaci tlaku a srážení krve jako agregační a antiagregační látky krevních destiček aj. (Velíšek a Hajšlová, 2009).

- **Mastné kyseliny s antimikrobiálním účinkem**

Organické kyseliny, především mastné, se již delší dobu používají jako přísady a konzervační prostředky v potravinách a krmivech zabraňující kažení a k prodloužení jejich trvanlivosti (Ricke, 2003). Důvodem je jejich antimikrobiální účinek, ten však není u všech mastných kyselin stejný. Závisí na délce řetězce a přítomnosti dvojných vazeb. Omezený antimikrobiální účinek mají mastné kyseliny s krátkým řetězcem, které jsou přítomny ve větším množství v bacherové tekutině. Naopak k nejvhodnějším mastným kyselinám s antimikrobiálním účinkem se řadí kyseliny se středně dlouhým řetězcem, například kyselina kaprylová a kaprinová. Dále Opletal a Skřivanová (2010) uvádí, že mastné kyseliny se středně dlouhým řetězcem mohou být použity v dietě u mláďat v době odstavu, aby nedocházelo k úhynům. Mastné kyseliny s dlouhým řetězcem mají jen slabý antimikrobiální účinek. Podle Opletala a Skřivanové (2010) mají nejlepší účinek mastné kyseliny se středně dlouhým řetězcem. Ricke (2003) ale popisuje i pozitivní vliv mastných kyselin s krátkým řetězcem. Uvádí například protiplísňové působení propionové kyseliny a jejích solí v drůbežím krmivu. Podobný vliv má na bakterie rodu *Salmonella* spp.

Marounek a kol. (2003) zjistili, že kyselina kaprylová a kaprinová inhibují růst bakterie *Escherichia coli*. V pokusu jejich antimikrobiální aktivita byla největší při nízkém pH, naopak snížená aktivita těchto dvou kyselin byla v přítomnosti částic krmiva. Dále prokázali, že aktivita kyseliny kaprinové byla potlačena v přítomnosti vyšších koncentrací vápníku.

- **Mastné kyseliny podporující imunitní systém**

Jeden z nejvýznamnějších zdrojů látek, které mají imunostimulační efekt, jsou semena lnu setého. Ta obsahují řadu důležitých látek, které mají vliv na imunitní systém. Mezi ně můžeme zařadit i kyselinu α -linolenovou a lignany. Obě tyto látky zvyšují imunitní odpověď (Opletal a Skřivanová, 2010). Lignany jsou látky charakteru fytoestrogenů (Opletal a Šimerda, 2010). Kyselina α -linolenová, jak již bylo uvedeno, je prekurzorem pro tvorbu kyseliny eicosapentaenové a docosahexaenové. Kyselina eicosapentaenové vykazuje protizánětlivý efekt. V semenech lnu setého je také obsažena kyselina linolová. Směs jejích izomerů zvyšuje imunitní funkce (Opletal a Skřivanová, 2010).

3.5 Stabilita lipidů

Lipidy patří k nejreaktivnějším složkám potravin. Soubor reakcí vedoucích ke zhoršení organoleptických vlastností potravin obsahující lipidy se nazývá žluknutí. Může být různé povahy, ale hlavní příčinou nepříjemných nutričních a sensorických změn potravin s obsahem lipidů je oxidace mastných kyselin. Takové potraviny, které jsou k těmto procesům snadno náchylné, jsou zejména tučnější potraviny živočišného původu a z rostlinných především semena (Vodrážka, 1996).

Vlastnosti tuku jsou především dány zastoupením mastných kyselin, zejména vzájemným poměrem mezi nasycenými a nenasycenými mastnými kyselinami. Z hlediska výživy je žádoucí, aby tuk obsahoval více nenasycených mastných kyselin. Z pohledu technologického je tomu právě naopak kvůli přítomnosti nenasycených vazeb v těchto kyselinách, které zvyšují možnost oxidace a tím i žluknutí (Václavková a Bečková, 2009). Nejvíce rozšířené jsou autokatalytické oxidace, kterým snadněji za běžných teplot podléhají právě nenasycené mastné kyseliny. Nasycené oxidují vzdušným kyslíkem teprve až při teplotách nad 100 °C (Vodrážka, 1996). Velíšek a Hajšlová (2009) píše, že k autooxidaci nasycených mastných kyselin dochází především při pečení, smažení a pražení a k autooxidaci nenasycených mastných kyselin při běžných teplotách za podmínek, které jsou typické při skladování potravin. Některé produkty oxidačního žluknutí mohou vyvolávat charakteristické pachutě.

Žluknutí však nezpůsobuje pouze oxidace mastných kyselin, ale může být také výsledkem jiných reakcí. Můžeme tedy rozlišit různé druhy žluknutí: hydrolytické, oxidační, ketonové a chuťovou reverzi. Při žluknutí hydrolytickém se uvolňují mastné kyseliny především s krátkým řetězcem a mohou způsobovat nepříjemný zápach. Při ketonovém žluknutí se mastné kyseliny s 6 – 12 atomy uhlíku přeměňují působením mikrobiálními lipázami na tzv. methylketony. Některé methylketony mají specifickou parfémovou příchut', proto se tento typ žluknutí také nazývá parfémové. Chuťová reverze je způsobena různými sloučeninami vznikajícími rozkladem hydroxiperoxidů (viz dále), které způsobují charakteristickou chuť (Velíšek a Hajšlová 2009).

Pro ochranu tuků a lipofilních vitaminů se používají antioxidanty. Jedná se o látky, které mají schopnost snadno přijímat kyslík, a tím předcházejí či zpomalují oxidativním změnám ve svém okolí. Mohou být přirozené nebo syntetické. Mezi přirozené patří například vitaminy E. V krmivech pro ochranu tuku jsou však nejčastěji používány syntetické

antioxidanty, např. etoxyquin, butylhydroxytoluen a butylhydroxyanisol (Zeman, a kol., 2006).

Sohaib a kol. (2012) uvádí, že oxidační stabilita masa a masných produktů záleží na vyvážení antioxidantů, prooxidantů a oxidačního substrátu, včetně polynenasycených mastných kyselin, cholesterolu, bílkovin a pigmentů. Antioxidanty mohou být použity ke snížení oxidace lipidů v mase, ale použití určitých směsí antioxidantů může mít silnější efekt v porovnání s jednotlivými antioxidanty, protože dva nebo více antioxidantů dohromady mohou působit synergicky. Sohaib a kol. (2012) přidávali do krmné dávky kuřecích brojlerů směs kyseliny lipové a vitamínu E, a potvrdili tak experimentálně synergický účinek těchto dvou antioxidantů. Maso (prsá) a masné produkty měly zlepšený antioxidační potenciál, stabilitu lipidů a nutriční hodnotu.

3.6 Rizika tuků s ohledem na zdraví

Tuky jsou ve výživě zvířat i lidí sice nezastupitelnou živinou, ale jejich příjem představuje také různá rizika z pohledu zdraví. V případě zařazování tuků do krmných dávek je velmi důležité dodržování jejich optimální dávky, která by neměla být překročena. Pokud není optimální dávka dodržována, může to mít pak negativní dopad na zdraví zvířete. Průměrný obsah tuku v sušině krmné dávky pro skot je 2,5 – 3,5 %. U monogastričních zvířat lze tento rozsah zvýšit až na 7 %, u skotu vyšší dávky narušují procesy v borchu (Zeman a kol, 2006).

Obecně platí, že příliš vysoké dávky tuků mají negativní vliv na zdravotní stav. Narušují správnou funkci intermediálního metabolismu a trávicích pochodů jako je trávení a resorpce, dále způsobují obezitu a zvyšují sérový cholesterol (Suchý a kol., 2008). Nadbytek tuků v krmné dávce také negativně působí na mikroflóru trávicího ústrojí, stravitelnost ostatních živin a jakost živočišných produktů (Straková a kol., 2008). Vysoký přísun tuku v dietě také vede k jeho nadměrnému ukládání v játrech. Tento patologický jev se označuje jako jaterní steatóza, která však může vymizet, pokud škodlivý vliv přestane působit (Jelínek a kol., 2003). Na druhou stranu nedostatek lipidů ve výživě je také nežádoucí. Krmné dávky s příliš nízkým obsahem tuku mohou snižovat produkci, výkonnost a zhoršovat reprodukci zvířat (Straková a kol., 2008). Například narušením metabolismu tuků a nedostatek sacharidů v krmné dávce může vést u vysokoprodukčních dojnic ke ketózám (Zeman a kol., 2006). Ketóza je metabolická porucha, při které se zvyšuje množství ketolátek v krvi. Ketolátky vznikají při metabolismu lipidů v játrech (Jelínek a kol., 2003).

3.6.1 Žluklý tuk

Pouhým dodržováním optimální dávky tuků však nezabráníme případnému negativnímu dopadu na zdraví. Jak již bylo uvedeno, tuky podléhají vnějším faktorům a mohou se rozkládat, a tím vznikat nežádoucí žluklý tuk (Zeman a kol., 2006). V průběhu žluknutí, se odehrávají různé reakce, při kterých se tvoří látky způsobující zápach (žluklý pach) a dokonce některé z takto vzniklých látek mohou být toxické. Škodlivost oxidace mastných kyselin navíc spočívá i v tom, že při procesech, jež na ně navazují, se potraviny ochuzují o další cenné látky, jako jsou karoteny, lysin aj. (Vodrážka, 1996).

Podle Velíška a Hajšlové (2009) vyšší obsah hydroperoxidů mastných kyselin, což jsou primární produkty při autooxidaci, vyvolává příznaky nedostatku vitamínu E a esenciálních mastných kyselin. Dále uvádějí, že vysoký příjem oxidovaných tuků zvyšuje jejich hladinu v krevním séru a oxidované mastné kyseliny mohou reagovat s některými bílkovinami krevního séra a stěn cév za vzniku aterosklerotických usazenin. Jiné oxidační produkty lipidů mohou mít negativní vliv na vznik nádorového bujení.

3.6.2 Dioxiny a PCB

Dioxiny a PCB (polychlorované bifenyly) jsou nebezpečné toxické a všudypřítomné chemické sloučeniny, které mohou vstoupit do potravního řetězce a hromadit se na vyšších trofických úrovních (Chobtang a kol., 2011). Jsou to lipofilní sloučeniny, a proto se kumulují v tukových tkáních. Když jsou dioxiny a PCB uvolněny do prostředí mohou kontaminovat rostlinná krmiva různými cestami. Pokud jsou tyto sloučeniny pozřeny hospodářskými zvířaty, hromadí se v tukových tkáních. Opětovné použití těchto tuků ve výrobě krmiv vede ještě k závažnější kontaminaci (Sapkota a kol., 2007).

Jejich riziko spočívá v tom, že se dostávají do živých organismů včetně člověka, kde mohou vyvolat různé patologicko – fyziologické a morfologické změny. Důsledkem jsou těžká onemocnění u zvířat a člověka, v závažných případech způsobují smrt. Vyvolávají tyto negativní účinky: poruchy imunity, poruchy hormonálního systému, poškození nervového systému, poruchy reprodukce, zvýšení embryonální mortality aj. (Opletal a Skřivanová, 2010).

Strategie Evropské unie s cílem snížit ohrožení lidí dioxiny zahrnuje povinné monitorování krmiv a potravin v každém členském státě (Piskorska-Pliszczynska a kol., 2012). Podle nařízení Evropské komise č. 225/2012 ze dne 15. března 2012 je stanovena minimální povinná frekvence monitoringu pro ty, kdo uvádí na trh krmné tuky a oleje

a výrobky z nich získané. Protokol o laboratorní zkoušce je vyžadován vždy u následujících krmiv: surový kokosový olej, rostlinné oleje, recyklovaný olej, směsné tuky a přísný dohled je též vyžadován nad výrobcí rybího tuku. Jejich zjišťování vyžaduje náročné metody, nákladné vybavení a nástroje, trénovaný personál a drahá chemická činidla (Chobtang a kol., 2011).

Tyto sloučeniny mají především antropogenní původ aj. (Piskorska-Pliszczynska a kol., 2012). PCB vznikají při nedokonalém spalování organických materiálů, při jejich spalování mohou vznikat dioxiny. Jejich výroba skončila oficiálně v roce 1983, přesto byly používány ještě několik následujících let. Rezidua těchto látek můžeme však nalézt v krmivech a potravinách ještě v dnešní době (Opletal a Skřivanová, 2010).

Dioxiny jsou organické aromatické uhlovodíky (Opletal a Skřivanová, 2010). Jsou to nezamýšlené vedlejší produkty, spojované s určitými průmyslovými odvětvími, spalovnami a spalovacími procesy obzvláště chlorovaných materiálů (Piskorska-Pliszczynska a kol., 2012).

3.6.3 Kyselina eruková

Řepka (*Brassica napus* L. nebo *Brassica campestris* L.) je bylina pocházející z Evropy, která je pěstována pro její semena obsahující velké množství oleje. Ten byl využíván především k průmyslovým účelům – k výrobě maziv. Potravinářské či krmivářské využití bylo provázáno problémy. Příkladně některé studie zjistily, že u potkanů, kteří byli krmení tímto olejem, se vyskytly patologické změny. Podstatně se jim zvýšila hladina cholesterolu v nadledvinách a začala jim degenerovat tuková tkáň v srdečních buňkách. Tento efekt byl zaznamenán také u kuřat, krůt a kachen, které byly krmeny ve větší míře řepkovým olejem, což vedlo ke zpomalení růstu, úmrtnosti a lipidózy v srdeční tkáni. Jako příčina všech těchto patologických jevů byla zjištěna kyselina eruková. Je to mastná kyselina s dlouhým řetězcem s jednou nenasycenou vazbou (Dolan a kol., 2010). Podle Zemana a kol. (2006) může dále poškozovat cévy a u nosnic způsobovat pokles snášky a hmotnost vajec.

Nicméně v současné době se pěstují odrůdy řepky (tzv. „00“) s velmi malým obsahem kyseliny erukové. Dolan a kol. (2010) píše, že jarní odrůda typu Canola, která byla vyšlechtěna v Kanadě na konci 70. let, obsahuje kyseliny erukové méně jak 2 % z celkového množství mastných kyselin. Oleje starších odrůd řepky (tzv. beznulky – erukové) obsahovaly 25 – 45 % této kyseliny (Opletal a Skřivanová, 2010).

Baranyk a kol. 2010 píše, že ale vyššímu využití řepky v ČR stále brání přetrvávající obavy zemědělců z negativních účinků antinutričních látek obsažených v řepce. Dále uvádějí, že v zahraničí je zkrmování řepky běžnou záležitostí.

3.7 Krmné tuky

Ke zkrmování a výrobě krmiv se dají používat oleje a tuky živočišného či rostlinného původu, pokud jsou uvedeny jako krmné suroviny, například různé oleje, které se získávají lisováním nebo extrakcí z rostlin. Přidáváním tuků do krmiv a zařazením do výživy lze značně ovlivnit nutriční hodnotu krmiv a následnou produkci (produkty) zvířat. Nutriční hodnota krmiv se tak zvýší, což se může uplatnit u dojnic a také jejich cíleným využíváním se může ovlivnit například právě složení mléka.

Homolka a Kudrna (2007) píše, že vysokoužitkové dojnice, potřebují zejména v prvním období laktace (rozdojování) zvýšený příjem energie, neboť negativní energetická bilance má nepříznivý vliv na užitkovost i zdravotní stav. V přirozené dávce přežvýkavců je množství tuku menší než 50 g/kg. Kováč (2005) uvádí, že nedostatečný příjem energie v objemovém krmivu lze zlepšit v tomto období zkrmováním vysokoenergetických složek krmiva. Takovým doplňkem energie pro laktující dojnice jsou bachorově chráněné tuky. Existují tři generace bachorově chráněných tuků – vápenné soli mastných kyselin, volné mastné kyseliny a chráněné triacylglyceroly rostlinného původu. V podstatě se jedná o takové tuky, které by měly být tráveny až v tenkém střevě, nikoli již v bachoru, a mohou tak ovlivňovat činnost bachorových mikroorganismů. Jestliže jsou tuky tráveny v bachoru, snižují tím příjem sušiny a narušují fermentaci vlákniny.

Ochrana bachorově chráněných tuků spočívá v saponifikaci (zmýdelnění) mastných kyselin, nebo je založena na vysokém bodu tání. Vysoký bod tání je způsoben vyšším obsahem nasycených mastných kyselin, kterého je dosaženo ztužením hydrogenací, případně frakční destilací (Kováč, 2005).

Podle Homolky a Kudrny (2007) použitím chráněných tuků se může uplatnit až 7,5% sušiny krmné dávky. Pokud je ale celkový obsah tuku vyšší než tato úroveň, mohou se vyskytnout uvedené trávicí problémy. Částice vlákniny jsou pak tukem chráněny před mikroorganismy v bachoru. Stádník a kol. (2000) uvádí, že nechráněné tuky, kterými jsou nenasyčené tuky (bavlníková semena, semena olejnin), ovlivňují více trávení vlákniny než nechráněné tuky nasycené (lůj a další živočišné tuky).

3.8 Cílené využívání tuků k ovlivnění kvality potravin živočišného původu

V současné době čím dál více roste zájem o zdravý životní styl a tím pádem i o kvalitní potraviny, které mohou mít příznivý vliv na lidské zdraví. Z tohoto důvodu je stále více zkoumáno, jestli je možné složení potravin živočišného původu různým způsobem ovlivnit tak, aby obsahovaly více prospěšných a žádaných složek v potravě. Na toto téma bylo publikováno mnoho takových studií. Jednou z možností jak pozitivně ovlivnit složení živočišných produktů, zejména složení mastných kyselin, je cílené využívání tuků ve výživě zvířat.

3.8.1 Produkce ryb s vysokým podílem omega-3 mastných kyselin

Omega-3 polynenasycené (omega-3, resp. n-3 PUFA) mastné kyseliny mají příznivý účinek na lidský organismus, proto zájem o ně stoupá. Dostatek těchto mastných kyselin v potravě příznivě ovlivňuje zánětlivá onemocnění, snižuje krevní tlak, předchází vzniku infarktu a podobně.

Zdrojem těchto kyselin v lidské výživě jsou především ryby. Pomocí vhodné technologie je možné zvýšit obsah omega-3 PUFA v tuku sladkovodních ryb. Prekurzorem omega-3 PUFA je esenciální kyselina α -linolenová (viz kap. 3.4.4). Efektivita biosyntézy omega-3 vysoce nenasycených mastných kyselin (omega-3 HUFA) je však v lidském těle velice malá. Výrazně lépe tvořit HUFA dokážou právě sladkovodní ryby.

Zajíc a kol. (2011) dále píše, že pravděpodobně nejspolehlivěji vysokého obsahu omega-3 HUFA lze docílit podáváním krmiva, které přímo obsahuje HUFA. Takovým krmivem je rybí olej. Ten se ovšem stává v současné době hůře dostupným a jeho cena stále roste. Z tohoto důvodu je možné uplatnit technologii „finishing feeding“, nebo používat krmné směsi obsahující prekurzory HUFA. Technologie „finishing feeding“ spočívá v předkládání rybího oleje zejména v konečné fázi výkrmu. V předchozím stadiu je rybí olej z části nahrazen oleji rostlinnými. Ty sice hodnotu n-3 PUFA ve svalovině snižují, ale na konci výkrmu je tato hodnota opět zvýšena použitím rybího oleje. Vhodnými zdroji prekurzorů HUFA je řepkové a lněné semínko či jejich oleje. Ke krmným směsím, jejichž základem jsou obiloviny, je také možné použít jako aditivum řepkové výlisky a lněné semínko.

Kowalska a kol. (2011) navíc píše, že negativní dopad na zdraví ryb kvůli nahrazení rybího oleje v krmné směsi rostlinnými oleji může být spojen s nedostatkem EPA a DHA, které se v rostlinných olejích nevyskytují, ale pro imunitní systém ryb jsou zásadní.

3.8.2 Kachní maso a vejce

Složení mastných kyselin ve svalové tkáni a vejcích kachen z velké části odráží složení lipidů v krmivu. Proto zvyšování příjmu n-3 mastných kyselin může být dosaženo obohacením tradičně konzumovaných výrobků, jako je maso, PUFA s dlouhým řetězcem. Cílem studie Liu a kol. (2011) bylo zkoumat účinek diet s obsahem různých mastných kyselin na složení lipidů v těle a vejcích nosných kachen Shaoxing. Zkoumané kachny byly rozděleny do skupin podle typu diety. Jednotlivým skupinám byl do krmné dávky přidán rybí olej, slunečnicový olej a směs palmového oleje s hovězím lojem. Všechny kachny byly krmeny ad libitum.

Liu a kol. (2011) na konci experimentu pozorovali rozdíly v obsahu nasycených mastných kyselin ve vejcích. Obsah PUFA jak ve svalech, tak ve vejcích se lišil výrazně ve všech skupinách. SFA byly bohatší ve svalovině nohou, zatímco MUFA byly bohatší v prsních svalech a PUFA byly nejbohatší ve vejcích. Úroveň oxidace lipidů výrazně vzrostla ve skupině krmené směsí palmového oleje a hovězího loje. Kachny krmené dietou s přidavkem rybího oleje měly nižší poměr n-6/n-3 mastných kyselin, snesená vejce byla bohatší na n-3 PUFA a maso celkově lépe vyhovovalo lidským požadavkům.

3.8.3 Králičí maso

Králičí maso je často upřednostňované odborníky na výživu před ostatními druhy masa, protože je snadno stravitelné, chutné a nízkokalorické. Králičí maso je však stále považováno za specifický produkt, především kvůli časové náročnosti přípravy, která vyžaduje kulinářské umění a kvůli kulturním rozdílům mezi evropskými spotřebiteli.

Současný výzkum produkce králičího masa se zaměřuje na vývoj strategie výkrmu s cílem dále zvýšit nutriční hodnotu tohoto masa zahrnutím n-3 polynenasycených mastných kyselin, konjugované linolové kyseliny, vitaminů a antioxidantů v dietě a hodnocením jejich efektu na vlastnosti syrového i zpracovaného masa.

Navzdory omezené schopnosti metabolismu přeměnit kyselinu α -linolenovou na polynenasycené mastné kyseliny s delším řetězcem, jako je EPA a DHA, může být ALA prospěšná pro lidské zdraví nezávisle na přeměně na DHA. Lněné semínko je obzvláště bohaté na ALA (50 – 60 % všech mastných kyselin).

Složení mezisvalových mastných kyselin u monogastrů závisí na obsahu mastných kyselin v dietě, a proto je užití lněného semínka v jejich výživě doporučováno odborníky jako způsob zvýšit obsah n-3 PUFA a hlavně ALA v drůbežím, vepřovém a králičím mase.

Zahrnutí lněného semínka do diety králíků v množství od 3 % do 6 % může být považováno za způsob jak obohatit maso kyselinou α -linolenovou a zaručit přitom uspokojivou stabilitu produktu (Petracci a kol., 2009).

3.8.4 Palmový olej

Palmový olej se získává z oplodí palm, nikoli ze semen (z těch se získává palmojádrový). Palmový olej z palmy olejné je jedním z nejběžnějších rostlinných olejů. Obsahuje vysoké množství vitamínu E a přírodních karotenů. Hlavní složkou tohoto oleje je kyselina laurová. (Opletal a Šimerda, 2009).

Ponnampalam a kol. (2011) zjistili, že přírodní palmový olej s vysokým obsahem palmitové kyseliny použitý v krmné dávce u prasat jako doplněk potravy, může vést k nižšímu ukládání tělesného tuku. Kromě toho může přidání palmového oleje do krmné dávky zvířat chovaných na maso snížit obsah nasycených tuků v mase a masných produktech. To pozitivně ovlivňuje hladinu cholesterolu v krvi člověka.

4 ZÁVĚR

Tuky jsou důležitou složkou potravy a ve výživě živočichů patří k jedné z hlavních živin, které jsou nezbytné pro zdraví a vývoj organismu. V živočišném těle tuky představují zejména významný zdroj a zásobu energie, tepelnou izolaci a ochranu vnitřních orgánů. Ze všech živin mají největší výživnou hodnotu. Tuky jsou tedy nepostradatelnou živinou ve výživě, avšak je zřejmé, že musí být přijímány v optimální míře a nesmějí obsahovat látky škodlivé. Jejich nadbytečný či nedostatečný příjem negativně ovlivňuje zdraví (obezita, vyšší hladina LDL aj.). Špatným skladováním může docházet k autooxidaci a ještě dnes mohou představovat hrozbu látky jako dioxiny.

Důležitou součástí tuků jsou mastné kyseliny, nejčastěji se v literatuře setkáváme s mastnými kyselinami řady n-3 a n-6 PUFA, zvláště s LA, ALA, EPA, DHA, AA, označované jako esenciální. Jsou často uváděny pro jejich prospěšný účinek na zdraví a jsou proto velmi častým předmětem výzkumu. Mnoho studií je také zaměřeno na ovlivnění složení mastných kyselin v potravinách živočišného původu. Většinou z těchto výzkumů vyplývá, že nejvhodnějším aditivem by mohlo být lněné semínko nebo olej či rybí olej.

Je prokázán kladný účinek některých mastných kyselin na organismus, představují prekurzory eikosanoidů, podporují imunitní systém a mají antimikrobiální účinek. Naproti tomu některé mastné kyseliny jako SFA či kyselina eruková mohou negativně ovlivňovat zdraví.

5 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

Baranyk, P. (eds.). 2010. Olejníny. Profi Press. Praha. 206 s. ISBN: 978-80-86726-38-0.

Česká Republika. Nařízení Komise (EU) č. 225/2012 ze dne 15. března 2012, kterým se mění příloha II nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 183/2005, pokud jde o schvalování provozů, které uvádějí na trh výrobky získané z rostlinných olejů a směsné tuky k použití v krmivech, a pokud jde o zvláštní požadavky na výrobu, skladování a přepravu olejů, tuků a výrobků z nich získaných a na zkoušení obsahu dioxinů v nich. In: Úřední věstník Evropské unie. 2012.

Denic, V., Weissman, J. A. 2007. Molecular Caliper Mechanism for Determining Very Long-Chain Fatty Acid Length. *Cell*. 130 (4). 663-677.

Dolan, L. C., Matulka, R. A., Burdock, G. A.. Naturally Occurring Food Toxins. [online]. National Center for Biotechnology Information. 20. září 2010. [cit. 2013-01-10]. Dostupné z <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3153292/>.

Homolka, P., Kudrna, V. Zvýšení obsahu zdraví prospěšných polynenasycených mastných kyselin mléka výživou zvířat. [online]. Výzkumný ústav živočišné výroby. Září 2007. [cit. 2012-15-12]. Dostupné z <http://www.vuzv.cz/sites/Studie%20Kudrna%20Zvyseni%20obsahu%20mastnych%20kyselin%20mleka.pdf>.

Chobtang, J., de Boer, I. J., Hoogenboom, R. L., Haasnoot, W., Kijlstra, A., Meerburg, B. G. The Need and Potential of Biosensors to Detect Dioxins and Dioxin-Like Polychlorinated Biphenyls along the Milk, Eggs and Meat Food Chain. [online]. National Center for Biotechnology Information. 15. prosinec 2011. [cit. 2013-01-09]. Dostupné z <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3252005/>.

Jelínek, P., Koudela, K., Doskočil, J., Illek, J., Kotrbáček, V., Kovářů, F., Kroupová, V., Kučera, M., Kudláč, E., Trávníček, J., Valent, M. 2003. Fyziologie hospodářských zvířat. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. Brno. 414s. ISBN: 80-7157-644-1.

Jeroch, H., Čermák, B., Kroupová, V. 2006. Základy výživy a krmení hospodářských zvířat. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. České Budějovice. 212 s. ISBN: 80-7040-873-1.

Katina, J., Kšána, F. 2012. Hovězí a vepřové maso. Sdružení českých spotřebitelů. Praha. 23 s. ISBN: 978-80-904633-6-3.

Komprda, T. 2003. Základy výživy člověka. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita. Brno. 162 s. ISBN: 80-7157-655-7.

Kováč, J. Bachorově chráněné tuky mohou pozitivně ovlivnit produkční možnosti dojníc. [online]. Krmivo.cz. 2005. [cit. 2012-11-09]. Dostupné z http://www.krmivo.cz/editor/image/stranky3_soubory/clanek-z-chovu-hz.pdf.

Kowalska, A., Zakeš, Z., Siwicki, A. K., Jankowska, B., Jarmołowicz, S., Demska-Zakeš, K. Impact of diets with different proportions of linseed and sunflower oils on the growth, liver histology, immunological and chemical blood parameters, and proximate composition of pikeperch *Sander lucioperca* (L.). [online]. National Center for Biotechnology Information. 9. července 2011. [cit. 2012-12-02]. Dostupné z <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3309137/>.

Kvasničková, A. Olej bohatý na DHA. Přísada pro potraviny nového typu. [online]. Agronavigátor . 2. května 2003. [cit. 2012-11-28]. Dostupné z <http://www.agronavigator.cz/default.asp?ch=14&typ=1&val=14415&ids=188>.

Liu, W., Lai, S., Lu, L., Shi, F., Zhang, J., Liu, Y., Yu, B., Tao, Z., Shen, J., Li, G., Wang, D., Li, J., Tian, Y. Effect of dietary fatty acids on serum parameters, fatty acid compositions, and liver histology in Shaoxing laying ducks. [online]. National Center for Biotechnology Information. září 2011. [cit. 2013-02-02]. Dostupné z <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3167907/>.

Månsson, H. L. Fatty acids in bovine milk fat. [online]. National Center for Biotechnology Information. 11. června 2008. [cit. 2013-01-08] Dostupné z <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2596709/>.

Marounek, M. Konjugovaná kyselina linolová v živočišných produktech: souvislost s výživou zvířat a zdravím lidí. [online]. Vědecký ústav živočišné výroby. Březen 2007. [cit. 2013-01-09]. Dostupné z <http://www.vuzv.cz/sites/Marounek%20CLA%282%29.pdf>.

Opletal, L., Skřivanová, V. (eds). 2010. Přírodní látky a jejich biologická aktivita - Využití látek pro ovlivnění fyziologických procesů hospodářských zvířat (Sv. 2). Karolinum. Praha. 653 s. ISBN: 978-80-246-1801-2.

Opletal, L., Šimerda, B. Přírodní látky a jejich biologická aktivita - Fytoestrogeny přírodního původu, výskyt v krmivovém (potravním) řetězci, pozitivní a negativní účinky. [online]. Vědecký ústav živočišné výroby. Září 2010. [cit. 2012-12-09]. Dostupné z <http://www.vuzv.cz/sites/File/vybor/Studie%20Opletal%20Fytoestrogeny.pdf>.

Opletal, L., Šimerda, B. Přírodní látky a jejich biologická aktivita - Metabolity rostlin využitelné pro zlepšení kvality potravin živočišného původu. [online]. Výzkumný ústav živočišné výroby. Červen 2009. [cit. 2012-11-02]. Dostupné z <http://www.vuzv.cz/sites/OpletalMetabolityRostlin.pdf>.

Pánek, J., Pokorný, J., Dostálová, J., Kohout, P. 2002. Základy výživy. Svoboda Servis. Praha. 207 s. ISBN: 80-86320-23-5.

Petracci, M., Bianchi, M., Cavani, C. Development of Rabbit Meat Products Fortified With n-3 Polyunsaturated Fatty Acids. [online]. National Center for Biotechnology Information. Říjen 2009. [cit. 2013-03-01]. Dostupné z <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3257606/>.

Piskorska-Pliszczynska, J., Maszewski, S., Warenik-Bany, M., Mikolajczyk, S., Goraj, L. Survey of Persistent Organochlorine Contaminants (PCDD, PCDF, and PCB) in Fish Collected from the Polish Baltic Fishing Areas. [online]. National Center for Biotechnology Information. 19. dubna 2012. [cit. 2013-01-07]. Dostupné z <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3349168/>.

Ponnampalam, E., Lewandowski, P., Nesaratnam, K., Dunshea, F., Gill, H. Differential effects of natural palm oil, chemically- and enzymatically-modified palm oil on weight gain, blood lipid metabolites and fat deposition in a pediatric pig model. [online]. National Center for Biotechnology Information. 18. května 2011. [cit. 2013-02-01]. Dostupné z <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3115846/>.

Reece, W. O. 2011. Fyziologie a funkční anatomie domácích zvířat. Grada Publishing. Praha. 473 s. ISBN: 978-80-247-3282-4.

Ricke, S. Perspectives on the use of organic acids and short chain fatty acids as antimicrobials. [online]. Poultry Science. Duben 2003. [cit. 2013-01-09]. Dostupné z <http://ps.fass.org/content/82/4/632.full.pdf>.

Sapkota, A. R., Lefferts, L. Y., McKenzie, S., Walker, P. What Do We Feed to Food-Production Animals? A Review of Animal Feed Ingredients and Their Potential Impacts on Human Health. [online]. National Center for Biotechnology Information. [cit. 2013-01-12]. Dostupné z <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/pmc1867957/>.

Skřivanová, E., Marounek, M., Rada, V. 2003. Susceptibility of Escherichia coli to C2-C18 Fatty Acids. Folia Microbiologica. stránky 731-735.

Sohaib, M., Anjum, F. M., Khan, M. I., Arshad, M. S., Shahid, M. Enhancement of lipid stability of broiler breast meat and meat products fed on alpha lipoic acid and alpha tocopherol acetate supplemented feed. [online]. National Center for Biotechnology Information. 28. květen 2012. [cit. 2013-03-01]. Dostupné z <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3473250/>.

Sova, Z., Bukvaj, J., Koudela, K., Kroupová, V., Pješčak, M., Podaný, J. 1990. Fyziologie hospodářských zvířat. Státní zemědělské nakladatelství. Praha. 472 s. ISBN: 80-209-0092-6.

Stádník, L., Louda, F., Toušová, R., & Scheinherrová, K. Vliv výživy dojnic na obsah bílkovin v mléce. [online]. Agris - agrární www. Květen 2000. [cit. 2013-02-02]. Dostupné z <http://www.agris.cz/clanek/109752/vliv-vyzivy-dojnic-na-obsah-bilkovin-v-mlece>.

Straková, E., Suchý, P., Herzig, I., Suchý, P., Tvrzník, P. 2008. Výživa a dietetika, 1. díl - obecná výživa. Veterinární a farmaceutická univerzita Brno. Brno. 92 s. ISBN: 978-80-7305-031-3.

Straková, E., Štercová, E., Rusníková, L., Hudečková, P.. Chemická analýza krmiv. [online]. Veterinární a farmaceutická univerzita Brno. 2012. [cit. 2013-02-15]. Dostupné z http://soubory.vfu.cz/fvhe/Ustav_vyzivy_zvirat/chemicka_analyza_krmiv/metodiky/chemicka_analyza.pdf.

Suchý, P., Straková, E., Herzig, I. Kvalita rostlinných olejů a jejich význam z hlediska zdraví zvířat a možnosti ovlivnění nutriční hodnoty potravin živočišného původu. [online]. Výzkumný ústav živočišné výroby. Listopad 2008. [cit. 2013-02-15]. Dostupné z <http://www.vuzv.cz/sites/File/vybor/Kvalita%20rostlinn%C3%BDch%20olej%C5%AF%20a%20jejich%20v%C3%BDznam%20z%20hlediska%20zdrav%C3%AD%20zv%C3%AD%20>

5%99at%20a%20mo%C5%BEnosti%20ovlivn%C4%9Bn%C3%AD%20nutri%C4%8Dn%C3%AD%20hodnoty%20potra.pdf.

Václavková, E., Bečková, R.. Vepřové maso je zdravé. [online]. Portál KIS. Červen 2009 [cit. 2013-01-11]. Dostupné z http://www.kis-olomoucky.cz/documents_art/1423.pdf.

Velíšek, J., Hajšlová, J. 2009. Chemie potravin 1. OSSIS. Tábor. 580 s. ISBN: 978-80-86659-15-2.

Veselý, Z., Chaloupková, V., Jagoš, P., Jakobe, P., Jambor, V., Kolář, I., Lakota, V., Ochodnický, D., Piskač, A., Šimeček, K., Špaček, F. 1984. Výživa a krmení hospodářských zvířat. Státní zemědělské nakladatelství Praha. Praha. 356 s.

Vodrážka, Z. 1996. Biochemie. Academia. Praha. 191 s. ISBN: 80-200-0600-1.

Vodrážka, Z., Fomenková, D. 1998. Biochemie. Scientia. Praha. 161 s. ISBN: 8071830836

Voet, D., & Voetová, J. G. 1995. Biochemie. Victoria Publishing. Praha. 1325 s. ISBN: 80-85605-44-9.

Vojtaššáková, A., Kováčiková, E., Simonová, E., Holčíková, K., Pastorová, J., & Klvanová, J. 2000. Tuky, olejniny, oleje a ořechy. Vydavatelství NOI. Bratislava. 203 s. ISBN: 80-85330-83-0.

Vránová, D. Tuky v naší výživě. [online]. Chempoint. 24. červen 2012. [cit. 2012-10-15]. Dostupné z <http://www.chempoint.cz/tuky-v-nasi-vyzive>.

Zadák, Z. Vitaminy a minerály. [online]. Nexars. 2012. [cit. 2012-10-15] Dostupné z <http://www.nexars.com/cs/uvod-pro-vitaminy-a-mineraly.php>.

Zajíc, T., Mráz, J., Kozák, P., Picková, J. 2011. Možnosti produkce sladkovodních ryb s vysokým obsahem omega-3 mastných kyselin. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, fakulta rybářství a ochrany vod. Vodňany. 34 s. ISBN: 978-80-87437-27-8

Zeman, L., Doležal, P., Kopřiva, A., Mrkvicová, E., Procházková, J., Ryant, P., a další. 2006. Výživa a krmení hospodářských zvířat. Profi Press. Praha. 360 s. ISBN: 80-86726-17-7.

6 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

AA	kyselina arachidonová
ALA	α -linolenová
CLA	konjugovaná kyselina linolová
DHA	kyselina dokosahexaenová
EPA	kyselina eikosapentaenová
GLA	γ -linolenová
HDL	high density lipoproteins
HUFA	vysoce nenasycené mastné kyseliny s 20 a více atomy uhlíku a se třemi a více dvojnými vazbami
IDL	intermediate density lipoproteins
LA	linolová kyselina
LCFA	mastné kyseliny s dlouhým řetězcem
LDL	low density lipoproteins
MUFA	mononenasycené mastné kyseliny
MCFA	mastné kyseliny se středně dlouhým řetězcem
PUFA	polynenasycené mastné kyseliny
SFA	nasyčené mastné kyseliny
SCFA	mastné kyseliny s krátkým řetězcem
VLCFA	mastné kyseliny s velmi dlouhým řetězcem
VLDL	very low density lipoproteins