

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

**Srovnání energetické hodnoty olejů běžně používaných
v krmivech pro brojlerová kuřata**

Diplomová práce

Bc. Lenka Žičařová

Výživa zvířat

Ing. Vladimír Plachý, Ph.D.

© 2024 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Srovnání energetické hodnoty olejů běžně používaných v krmivech pro brojlerová kuřata" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové 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 diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 21. 4. 2024

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Vladimíru Plachému, Ph.D. za odborné vedení, cenné připomínky a trpělivost. Také bych chtěla poděkovat svým přátelům za velkou podporu.

Srovnání energetické hodnoty olejů běžně používaných v krmivech pro brojlerová kuřata

Souhrn

Cílem této diplomové práce bylo na základě bilančních pokusů zjistit a srovnat stravitelnost, respektive energetickou hodnotu olejů používaných v kompletních krmných směsích pro brojlerová kuřata.

V literární rešerši jsou shrnuty fyziologické odlišnosti trávicího traktu drůbeže oproti jiným hospodářským zvířatům, je popsána problematika výkrmu brojlerových kuřat a větší část je zaměřena na systém hodnocení energie u drůbeže, na zdroje tuků ve výživě, jejich trávení a na faktory ovlivňující jejich využití.

V experimentu byla stanovena a porovnávána energetická hodnota pro 4 typy olejů: sójový, řepkový konzumní, filtrovaný řepkový olej z dolisu a filtrovaný předlisovaný řepkový olej. Jejich energetická hodnota byla vypočtena na základě brutto energie z norem INRA a zjištěného koeficientu stravitelnosti. Jednotlivé oleje byly do krmných směsí přidávány v koncentracích 2, 4, 6 a 8 %.

Výsledky jsou v rozporu s obecným tvrzením, že s vyšší mírou inkluze tuku v krmné směsi stravitelnost klesá. Nejvyšší stravitelnost a tedy i energetickou hodnotu měl konzumní řepkový olej v dávce 8 % (82,58 %; 32,46 MJ/kg), naopak nejnižší stravitelnost a energetická hodnota byla zjištěna pro všechny oleje v koncentraci 2 %. Analýza rozptylu ANOVA prokázala statisticky významný rozdíl mezi stravitelností všech olejů v koncentraci 2 % oproti stravitelnosti těchto olejů ve všech ostatních koncentracích (4, 6, 8 %).

Na základě regresní analýzy byla zamítnuta hlavní hypotéza práce, jelikož variabilita stravitelnosti jednotlivých krmných směsí byla obsahem olejů v těchto směsích ovlivněna pouze z 52 %. Souhrnně lze dle této hodnoty říci, že není možné predikovat energetickou hodnotu, respektive stravitelnost vnášených tuků do krmné směsi na základě bilančních pokusů.

Je však pravděpodobné, že pokud by došlo k navýšení počtu vzorků v experimentu, mohla by se zvýšit i korelační závislost a pokus by mohl být průkazný.

Klíčová slova: brojler, krmivo, kuřata, olej, výkrm

Comparison of energetic value by oils commonly used in feeds for broiler chickens

Summary

The aim of this thesis was to determine and compare the digestibility or energy value of oils used in complete feed mixtures for broiler chickens based on balance experiments.

The literature review summarizes the physiological differences of the poultry digestive tract compared to other livestock, describes the issues of broiler chicken fattening, and the majority is focused on the energy evaluation system in poultry, fat sources in nutrition, their digestion, and factors influencing their utilization.

In the experiment, the energy value was determined and compared for 4 types of oils: soybean, rapeseed for consumption, filtered refined rapeseed oil, and filtered unrefined rapeseed oil. Their energy value was calculated based on gross energy from INRA standards and the determined digestibility coefficient. Individual oils were added to feed mixtures at concentrations of 2, 4, 6, and 8%.

The results contradict the general assertion that digestibility decreases with a higher fat inclusion rate in the feed mixture. The highest digestibility and therefore energy value were found for consumption rapeseed oil at a dose of 8 % (82.58 %; 32.46 MJ/kg), while the lowest digestibility and energy value were found for all oils at a concentration of 2 %. ANOVA analysis demonstrated a statistically significant difference between the digestibility of all oils at a concentration of 2 % compared to the digestibility of these oils at all other concentrations (4, 6, 8%).

Based on regression analysis, the main hypothesis of the thesis was rejected because the variability of digestibility of individual feed mixtures was influenced by the content of oils in these mixtures by only 52 %. In summary, based on this value, it can be said that it is not possible to predict the energy value or digestibility of added fats in feed mixtures based on balance experiments.

However, it is likely that if there was an increase in the number of samples in the experiment, the correlation dependence could also increase and the experiment could be conclusive.

Keywords: broiler, feed, chickens, oil, fattening

Obsah

1 Úvod	7
2 Vědecká hypotéza a cíle práce	8
3 Literární rešerše.....	9
3.1 Výkrm brojlerových kuřat.....	9
3.1.1 Fyziologické odlišnosti trávicího traktu u drůbeže.....	9
3.1.2 Problematika výkrmu brojlerových kuřat.....	11
3.1.3 Krmné směsi ve výživě brojlerových kuřat	14
3.2 Energie ve výživě brojlerových kuřat	16
3.2.1 Systém hodnocení energie u brojlerových kuřat.....	16
3.2.2 Tuky ve výživě brojlerových kuřat.....	18
3.2.3 Faktory ovlivňující využití tuků	19
3.2.4 Mastné kyseliny ve výživě brojlerových kuřat	21
3.2.5 Zdroje tuků ve výživě brojlerových kuřat.....	22
3.2.6 Sójový olej.....	24
3.2.7 Řepkový olej.....	24
3.2.8 Slunečnicový olej.....	24
4 Metodika	26
4.1 Analyzovaný materiál.....	26
4.2 Bilanční pokusy na brojlerových kuřatech	27
4.3 Stanovení sušiny	27
4.4 Stanovení oxidu chromitého	27
4.5 Stanovení tuku	28
4.6 Stanovení stravitelnosti živin.....	28
4.7 Statistické vyhodnocení	28
5 Výsledky.....	29
5.1 Obsah tuku, stravitelnost a energetická hodnota krmných směsí	29
5.2 Hodnocení vztahu mezi obsahem tuku ve směsi a její stravitelností.....	34
6 Diskuze	43
7 Závěr	47
8 Literatura.....	48
9 Samostatné přílohy	I

1 Úvod

Kuřecí maso je ve srovnání s masem ostatních hospodářských zvířat v globálním měřítku jedna z nejlevnějších a nejžádanějších komodit na trhu. Zároveň je produkce brojlerových kuřat, jako zdroje bílkovin, udržitelnější z pohledu životního prostředí, než produkce hovězího a vepřového masa, pokud jde o emise uhlíku (Clune et al. 2017).

Pokrok v oblasti genetiky a šlechtění s sebou přinesl velké změny v produkci brojlerových kuřat. Došlo k výraznému zkrácení doby výkrmu a zlepšení užitkových vlastností, zároveň jsou však s těmito změnami více diskutovány životní podmínky těchto zvířat, technologie chovu i způsoby výkrmu. Veškeré zmíněné oblasti by měly vycházet ze specifických fyziologických požadavků trávicího traktu drůbeže.

Základní podmínkou pro úspěšný výkrm je sledování energetického příjmu brojlerů. Preferovaným způsobem dodání energie do krmných dávek je přidání čistých zdrojů tuku oproti sacharidům vzhledem k jejich vyšší energetické hustotě. Mezi tyto zdroje řadíme především sójový, řepkový, slunečnicový případně palmový, kokosový, lněný a bavlníkový olej. Z živočišných zdrojů je to drůbeží tuk, rybí olej, hovězí lůj nebo vepřové sádlo.

Pro hodnocení energie se u drůbeže dlouhodobě využívá systém bilanční (zdánlivé) metabolizovatelné energie přepočtené na dusíkovou rovnováhu. Výzkumníci se ve svých studiích však stále častěji zamýšlí nad přechodem k hodnocení prostřednictvím netto energie.

Vlastní utilizaci tuků drůbeží ovlivňuje mnoho faktorů – věk, zdravotní stav, chemická struktura tuku, složení, poloha a poměr mastných kyselin, množství tuku v krmné dávce, obsah metabolizovatelné energie, kvalita tuku, interakce s ostatními živinami a antinutriční faktory přítomné v krmné směsi. Navíc je obecně přijímaným tvrzením, že se se zvyšující dávkou tuku v krmné dávce snižuje stravitelnost, proto je doporučováno zařazovat tuk pouze v množství 3-5 % ze směsi. Vysoké dávky tuku v krmné směsi také interagují s ostatními živinami. Nejdůležitější příklad je pravděpodobně poměr mezi množstvím energie a hrubým proteinem.

Nelze se také nezmínit o roli mastných kyselin ve výživě drůbeže. V rostlinných olejích, obecně najdeme hlavně nenasycené mastné kyseliny. Zejména důležitými jsou omega 3 a omega 6, které mohou mít významný vliv na celkový zdravotní stav a organoleptické vlastnosti masa. Potřeba konkrétních kyselin u drůbeže není stanovena, dlouhodobě je normována pouze potřeba esenciální kyseliny linolové.

Jednotlivé rostlinné i živočišné tuky používané ve výživě brojlerů se od sebe odlišují zejména složením mastných kyselin. Zajímavé však je, že dle francouzských norem INRA (2004) mají živočišné i rostlinné tuky stejnou brutto energii, tedy 39,3 MJ/kg, zatímco zjištěné hodnoty metabolizovatelné energie přepočtené na dusíkovou rovnováhu se od sebe v různých studiích velmi liší. Riziko oxidace a znehodnocení tuku stoupá s vyšším počtem nenasycených mastných kyselin, v tomto ohledu jsou tedy rostlinné tuky méně stabilní.

Praktická část této práce byla zaměřena na stanovení a srovnání stravitelností respektive energetických hodnot různých typů olejů přidávaných v různé koncentraci do krmných směsí na základě bilančních pokusů na brojlerových kuřatech.

2 Vědecká hypotéza a cíle práce

Hypotéza: Na základě bilančních pokusů je možné odvodit stravitelnost, resp. energetickou hodnotu tuků v kompletních krmných směsích pro produkčně chované druhy ptáků.

Cílem práce je zjištění a srovnání energetické hodnoty olejů používaných do kompletních krmných směsí pro brojlerová kuřata na základě bilančních pokusů.

3 Literární rešerše

Drůbeží maso získalo ve společnosti na značné popularitě nejen díky svým organoleptickým vlastnostem, ale také na základě cenové relace. Jelikož ve srovnání s ostatními hospodářskými zvířaty probíhá výkrm brojlerových kuřat velmi krátkou dobu, do masa se nestihne uložit tolik tukové tkáně a nepříznivých látek. I vzhledem ke svým dietetickým vlastnostem spotřeba drůbežního masa neustále stoupá nejen u nás, ale i ve světě. Běžný občan České republiky v současné době spotřebuje téměř 30 kg drůbežního masa za rok, z toho převážnou většinu tvoří kuřecí (Zelenka 2021).

Brojler neboli brojlerové kuře je nejčastěji definováno jako zvíře produkované rychlovýkrmem. Jedná se o kuřata porážená kolem hmotnosti 2 kg. Existuje i varianta výkrmu do vyšší porážkové hmotnosti (minimálně 2,3 kg). Tato možnost je časově i ekonomicky náročnější a maso těchto brojlerů se využívá zejména jako surovina do masných výrobků (Kodeš & Výmola 2003). Doba výkrmu se zkrátila i během posledních let, kdy se z původní hodnoty 42 dní stalo 35 dní výkrmu, v některých případech i méně (Ravindran 2013).

Úroveň genetiky a šlechtění na poli výkrmu drůbeže dosáhla významného pokroku, který s sebou kromě rychlejší produkce kuřat přináší i mnohá negativa. Welfare těchto zvířat je čím dál více diskutováno. V souvislosti s rychlým a masivním růstem se hovoří o snížené funkci jejich imunitního systému, vyšší úmrtnosti, metabolických poruchách, svalových myopatiích i kosterních poruchách. Kuřata často také vykazují sníženou denní aktivitu, která vede ke zhoršenému zdraví končetin, deformitám a kulhání. Ve spojitosti s nekvalitním pohybem se v chovech vyskytují dermatitidy a mimo jiné tak zvířata nemohou naplnit svoje přirozené potřeby (hřadování, popelení) a strádají (Dawson et al. 2021).

Na základě výše zmíněných zjištění a za stále většího tlaku na kvalitní životní podmínky zvířat se pořád víc diskutuje o častějším využití pomalu rostoucích hybridů. Problematické však je, že jednotlivé země definují standardy pomalého růstu různě. Jinak řečeno neexistují souhrnné definice ani požadavky na tento typ růstu. Studie udává, že tyto hybridní kombinace mohou vyžadovat o 7 až 50 dní výkrmu více, aby dosáhly stejné tělesné hmotnosti jako konvenční hybridy. Jedná se například o francouzský program Label či nizozemský Beter Leven. Udané skutečnosti jsou problematické s ohledem na stále větší požadavky na produkci při rostoucím zájmu spotřebitelů o kuřecí maso. Literatura uvádí, že tyto pomalu vykrmované varianty mají oproti klasickému rychlovýkrmu lepší organoleptické vlastnosti (Torrey et al. 2021).

3.1 Výkrm brojlerových kuřat

3.1.1 Fyziologické odlišnosti trávicího traktu u drůbeže

Gastrointestinální trakt moderních brojlerů se musel adaptovat na obrovské změny díky intenzivní míře šlechtění. Pro příklad si uveďme, že brojler ve stáří třiceti dnů sežere až 10 % své hmotnosti za den, tedy něco přes 7 g krmiva za hodinu. Z tohoto důvodu je jakákoli odchylka od fyziologické funkce trávicího systému značně nežádoucí. Narušená funkce trávicího systému může být způsobena nedostatečným rozvojem trávicího traktu, ale i jinými faktory jako je složení mikrobiomu či nedostatek krmiva (Svihus 2014).

Velký význam při výběru krmiva u drůbeže hraje jeho barva. Je mnohem důležitější než jeho chuť, jelikož kuřata mají omezený počet chuťových pohárků. Stejně velký důraz je kladen i na tvar, strukturu a velikost částic krmiva, jelikož drůbež si vybírá potravu hlavně opticky a mechanorecepčně (Zelenka 2014).

Potrava, která se dostává do zobákové dutiny je polykána bez většího mechanického zpracování. Sousta mohou být nějakou dobu uchována ve voleti nebo vstupují přímo do žaludku, v případě, že není zrovna naplněn. Z několika studií však vyplývá, že při ad libitním krmení brojlerových kuřat, není vole využito ve velké míře. Naopak se předpokládá, že vole hraje větší roli jako zásobní orgán v situacích, kdy ptáci nemají pravidelný přístup ke krmivu. Přestože zde nejsou vylučovány žádné enzymy, dochází ke zvlhčení potravy, což napomáhá dalšímu enzymatickému trávení (Svihus 2014).

Na rozdíl od ostatních hospodářských zvířat má drůbež dva funkčně odlišné žaludky. V prvním z nich, žláznatém žaludku, je potrava zpracovávána chemicky prostřednictvím žaludeční šťávy a enzymů, hodnota pH se zde pohybuje okolo 2. V případě příjmu krmiva pH stoupá. V žaludku brojlerových kuřat se dle jedné ze studií pH pohybovalo v rozmezí 1,9 až 4,5, tedy s průměrnou hodnotou 3,5. Většina průměrných hodnot u brojlerů se uvádí mezi 3 a 4 u klasické peletované stravy (Svihus 2014). Druhý žaludek, svalnatý, obsahuje tzv. grit (malé kaménky a písek) a má mechanickou funkci. Díky silné kruhové svalovině nahrazuje roli chrupu, který se v zobákové dutině nenachází. Potrava je zde rozdrčena na jemné částičky a peristaltickými pohyby je vháněna dále do střev (Reece 2016).

Tenké střevo drůbeže je hlavní místo trávení a vstřebávání živin, stejně jako u savců a rozdělujeme ho na stejné segmenty – duodenum, jejunum, ileum. Nejvíce živin je vstřebáno v jejunu, přestože i ileum může hrát významnou roli při trávení a absorpci škrobu u brojlerových kuřat (Svihus 2014).

Bezprostředně po vylíhnutí musí ptáci přejít od získávání energie ze žloutkového váčku k využití exogenní energie krmiva přes střevní stěnu. Během 24 hodin od požití krmiva začínají probíhat velmi dramatické změny v morfologii i fyziologických funkcích střeva. To zvětšuje svůj objem daleko rychleji, než kuře zvyšuje svou celkovou tělesnou hmotnost a maximálního vývinu dosahuje mezi 6. až 10. dnem věku. Naproti tomu žaludek a další orgány trávicího traktu takto náročnými změnami neprochází. Včasný přístup ke krmivu vede k rychlejšímu vývoji střev (Sklan 2001).

Tlusté střevo ptáků obsahuje klky, které usnadňují vstřebávání živin. Dvě dobře vyvinutá slepá střeva zastávají důležitou funkci v mikrobiálním trávení, bakteriální enzymy zde štěpí celulózu za vzniku těkavých mastných kyselin a odchází odsud mazlavý, tmavý a silně zapáchající trus. Tlusté střevo hraje významnou roli ve vstřebávání vody (Zelenka 2014).

Společným vývodem gastrointestinálního a urogenitálního traktu je kloaka. Trus je u drůbeže vylučován společně s močí a na rozdíl od savců, kde je hlavní odpadní látkou močovina, zde odchází kyselina močová (Reece 2016).

3.1.2 Problematika výkrmu brojlerových kuřat

Během několika posledních desetiletí došlo k rapidním změnám v technologii výkrmu brojlerů, a to až do té míry, že doba, po kterou jsou kuřata vykrmována do hmotnosti 2 kg, se zkrátila téměř na polovinu. Současný stav tedy odráží pokrok jak na poli šlechtění, tak i v oblasti výživy (Shariatmadari 2012). Během 35 dní, po které výkrm trvá, zvyšuje kuře svou původní hmotnost téměř padesátkrát (Uni & Ferket 2004; Ravindran 2013). Jakékoli zpoždění v dodání krmné směsi po narození (prodloužená doba přepravy, opožděná expedice z líhně apod.) se může negativně projevit na odolnosti vůči nemocem, pozdějším příjmu krmiva, konverzi či růstu a vývinu svalů. V praxi má mnoho kuřat přístup ke krmivu až 36 či 48 hodin po vylíhnutí. Během této doby klesá tělesná hmotnost, inhibuje se vývoj střev i muskulatury (Noy & Uni 2010). Proto dodavatelé brojlerů často přistupují k implementaci nejnovějších technologií krmení i v prenatalní fázi tzv. krmení in-ovo (aplikace živin do amnionu embrya) (Shariatmadari 2012).

Bylo dokázáno, že 2-5 % mláďat nepřežije kritické dny krátce po vylíhnutí, z důvodu nedostatečných zásob živin ve žloutkovém vaku případně špatného vstřebávání nutrientů v trávicím traktu. Přeživší pak vykazují zpomalený růst, neefektivní utilizaci krmiva, náchylnost k chorobám a nízkou jatečnou výtěžnost. Studie potvrdila, že krmení in-ovo případně krmení bezprostředně po vylíhnutí může těmto problémům předcházet (Uni & Ferket 2004)

Metoda stimuluje rozvoj střevních klků, tím zvyšuje i kapacitu střeva pro trávení a resorpci živin a také dává základ pro rychlejší a kvalitnější vývin prsních svalů. Autoři udávají, že se hmotnost narozených kuřat může zvýšit o 3-7 %. Nicméně nebylo prokázáno, zda se tyto kompenzace v pozdějším stádiu života ztrácí či nikoli (Noy & Uni 2010).

První týden po vylíhnutí kuřat je pro odchov brojlerů extrémně důležitý a zahrnuje tradiční tří fázový systém krmení v konkrétním podniku na základě doporučení National Research Council (NRC). Zmíněný systém je využíván po celém světě, včetně České republiky, již po několik desetiletí. Principem je stanovení potřeby živin brojlerů na základě jejich věku ve třech pevně definovaných obdobích – počátečním (0-3 týdny věku), růstovém (3-6 týdnů věku) a závěrečném (6 případně až 8 týdnů věku). Základem jsou 3 krmné směsi, které se liší v obsahu hrubého proteinu a energie, jmenovitě startér, růstová směs (grower) a finisher. S rostoucím věkem ve směsi ubývá množství hrubého proteinu a naopak roste obsah energie, ostatní živiny zůstávají v konstantním množství (NRC 1994). Je to dáno tím, že na zachovu potřebují kuřata zejména energii, zatímco pro růst jsou nezbytné bílkoviny. Zároveň se stoupajícím věkem klesá stravitelnost hrubého proteinu. Poměr těchto dvou živin je proto daleko užší v mladém věku, zatímco čím je zvíře starší, tím více se poměr rozšiřuje (Zelenka 2014).

Například Shariatmadari (2009) s třífázovým systémem NRC ale nesouhlasí, právě z důvodu masivních změn, kterými výkrm brojlerů v posledních letech prošel. Uvedené postupy považuje za zastaralé, tvrdí, že neodpovídají neustále vyvíjejícímu se systému odchovu a ve své práci shrnuje alternativní možnosti krmení. Pro srovnání – v 60. letech minulého století byli brojleři vykrmováni po dobu 60 dní s konverzí krmiva 3,5 kg na 1 kg přírůstkem. Nyní se konverze může pohybovat okolo 1,5 kg a doba výkrmu je téměř poloviční. Dalším z důvodů proč autor i další výzkumníci systém NRC kritizují je ten, že období, která NRC popisuje, jsou

příliš dlouhá a živinové potřeby kuřat se mění o mnoho o rychleji. Systém tedy není dostatečně flexibilní, aby na tyto změny adekvátně reagoval.

Rychlejší přechod ze startéru na levnější růstovou směs může mít i významný ekonomický dopad, jelikož náklady na krmivo obvykle klesají s poklesem obsahu hrubého proteinu. Watkins et al. (1993) potvrdili, že výměnu krmných směsí lze provést již v 7 dnech věku bez ztráty živé hmotnosti.

Jedním z prezentovaných alternativních způsobů krmení bylo navýšit počet krmných směsí, aby co nejlépe odrážely požadavky v jednotlivých růstových fázích výkrmu. Někteří autoři zašli tak daleko, že navrhovali nepřetržité vícefázové krmení na denní bázi, tedy změnu krmné dávky každý den. Stejní výzkumníci také tvrdili, že dle standardního třífázového systému NRC jsou kuřata většinu času buď nedostatečně krmená či naopak překrmovaná. Čím kratší je doba po kterou se krmí jedna krmná směs a čím více druhů krmiva je používáno, tím lepšího využití krmiva se dosáhne a také se sníží náklady (Shariatmadari 2009). Ačkoli Warren a Emmert (2000) poukazují na skutečnost, že vícefázové krmení nemusí vždy znamenat zlepšení užitkovosti.

Ani experiment, který porovnával standardní třífázový plán krmení NRC s nově navrhnutým pěti a devítifázovým systémem, neprokázal, že by zvýšení počtu změn v krmných směsích mělo významný vliv na užitkovost brojlerů. Ačkoli pozitivní účinek se přece jen projevil prostřednictvím zlepšení poměru konverze bílkovin a snížení vylučování dusíku, což mělo také příznivý dopad na životní prostředí (Shariatmadari 2012).

Bizeray et al. (2002) vidí potenciál častější změny krmné dávky taktéž ve zlepšení zdravotního stavu kuřat, ať již z metabolického či ortopedického hlediska (prevence syndromu náhlé smrti, ascitu, slabosti končetin apod.).

Jednou z možností, jak realizovat odchov brojlerů je také oddělený výkrm dle pohlaví. Byl prověřován vliv pohlaví na růstovou schopnost a vlastnosti jatečně upraveného těla. Dle této studie samci konzumovali více krmiva, využívali ho efektivněji, snadněji přibývali na váze a ve věku 49 dní dosahovali vyšší hmotnosti než samice. Na druhou stranu jejich úmrtnost byla vyšší. Pohlaví významně ovlivnilo hmotnost jatečně upraveného těla. Hřbet, křídla, končetiny, játra a žaludek byli těžší u samců, zatímco samice měly vyšší množství břišního tuku (Benyi et al. 2015). Další studie tyto poznatky potvrzuje a dodává, že samci mají také vyšší nároky na hrubý protein ve srovnání se samicemi. Jedním z důvodů, proč samci dosahují lepšího přírůstku, může být i rozdílný mikrobiom gastrointestinálního traktu, toto tvrzení však nebylo dostatečně prozkoumáno. Ačkoli dřívější studie z 50. a 60. let minulého století neprokázaly žádné výraznější efekty při odchovu hejn odděleného pohlaví, pozdější zprávy ukazují, že by daná technologie chovu mohla být lepší volbou. Autoři si tuto kontroverzi vysvětlují tím, že mezi dnešními a dřívějšími brojlermi existuje diametrální rozdíl v genetickém pokroku a tím i užitkovosti (England et al. 2023).

Da Costa et al. (2017) popisují, že zatímco samci mohou těžit ze smíšených hejn, pro samice se jedná o negativní faktor. Samci budou s mnohem větší pravděpodobností úspěšněji separovat menší ptáky, jako právě samice, od krmítek, což bude mít za následek nižší příjem krmiva u samic a tím i jejich nižší tělesnou hmotnost. Na druhou stranu v čistě samčích hejnech bude vysoká konkurence o potravní zdroje, což povede k pomalejšímu tempu růstu oproti smíšeným hejnům.

Rozdělování kuřat dle pohlaví může navíc komplikovat skutečnost, že u některých modernějších hybridních typů došlo k takovým genetickým změnám v opeření, díky nimž není možné bezpečně pohlaví odlišit (Wu et al. 2021).

Zelenka (2014) dodává, že krmné normy byly odjakživa tvořeny pro potřeby samců, tedy samice jsou dle těchto norem zbytečně překrmovány. Pokud by se začaly vytvářet speciální krmné směsi na základě pohlaví, mohlo by dojít ke snížení nákladů na tyto směsi u slepiček, jelikož nepotřebují tolik hrubého proteinu.

Ačkoli se moderní vyráběné směsi BR 1, BR 2, BR 3 zkrmuji v současné době nejčastěji ad libitum (bez omezení), starší výzkumy přinášely informace o výhodách omezení krmiva v rané fázi vývoje. Přínos restriktce autoři viděli zejména v prevenci zdravotních poruch (metabolických, kosterních), ale i v pomalejším ukládání tuku (Shariatmadari 2012).

Stejně tak byly provedeny pokusy, které zjišťovaly, jaký efekt bude mít kvantitativní či kvalitativní restriktce krmiva v posledních 10 dnech výkrmu (35-45 dnů věku kuřat). Jedná se zde především o obavu, zda ad libitní přísun potravy nemůže vést k nadměrné spotřebě krmiva nad živinové požadavky brojlerů a tedy k přeměně nadbytečné energie na tuk. Sahraei a Shariatmadari (2007) prokázali, že dieta, která obsahovala 7 % písku a/nebo pšeničných otrub snížila množství abdominálního tuku kuřat, zatímco konečná jatečná hmotnost zůstala nezměněná. Na základě dalších provedených studií se zdá, že oba typy omezení mají kladný vliv na obsah tuku v jatečně upraveném těle, nicméně kvalitativní omezení krmiva má méně nepříznivý vliv na konečnou tělesnou hmotnost (Shariatmadari 2012).

Mnoho výzkumů se také zaměřilo na snižování obsahu mikroprvků v závěrečné krmné směsi. Jednou z hlavních motivací, proč se výzkumníci tímto tématem zabývali, byla snaha zlepšit ekonomiku produkce, případně snížit zátěž životního prostředí. Výsledky opakovaně ukázaly, že při zachování dostatečného welfare kuřat je možno v poslední fázi výkrmu (zde 23-39 dní) snížit obsah stopových minerálních látek i na pouhých 25 % za současného zachování denních přírůstků, příjmu krmiva i konverze živin. Změna v krmné dávce se nedotkla ani výtěžnosti jatečně upraveného těla nebo obsahu minerálních látek v kostech. Naopak se významně snížila exkrece minerálů do prostředí (Mohamed et al. 2015). Na druhou stranu Skinner et al. (1992) upozorňují, že při nedostatečných životních podmínkách (tepelný stres, zhoršený zdravotní stav apod.) by měla krmná dávka splňovat doporučené požadavky na obsah živin ze 100 %.

Maiorka et al. (2002) navíc dodávají, že snížení obsahu vitamínů v krmné směsi během závěrečné fáze výkrmu je škodlivější než odstranění minerálních látek, jelikož obsah vitamínů ovlivňoval konverzi krmiva.

Těsně před porážkou je pak potřeba kuřatům krmivo odebrat úplně. Jedná se o posledních 4-5 hodin před odvozem. Principem tohoto opatření je vyprázdnit trávicí trakt drůbeže, aby se s co největší účinností zabránilo kontaminaci během porážky. Doba vyprázdnění gastrointestinálního traktu se odvíjí od mnoha faktorů jako například čas posledního nakrmení, teplota prostředí, intenzita světla, aktivita zvířete, dostupnost vody, délka přepravy a doba hladovění. Celkový čas vyprázdnění obsahu střev je tedy silně individuální (Bilgili 2002).

Kim et al. (2007) potvrzují, že optimální doba hladovění se liší dle porážkové hmotnosti. Pro kuřata o hmotnosti 2,5 kg bylo doporučeno 6 hodin hladovění, zatímco pro kuřata o váze 1,5 kg potom 9-hodinové. Přičemž je potřeba podotknout, že čím více se prodlužuje doba hladovění, tím větší je ztráta živé hmotnosti.

3.1.3 Krmné směsi ve výživě brojlerových kuřat

Pro výživu brojlerů se v praxi používají 3 kompletní krmné směsi. Všechny jsou podávány v ad libitním množství. Jako první se zvířatům předkládá BR 1, čili směs startérová, která je krmna od narození do 10. případně 14. dne věku, dle dosahovaných přírůstků. Toto období je pro kuřata nejkritičtější fází vývoje, čemuž je nutné přizpůsobit kvalitu a složení směsi, protože existuje závislost mezi rychlostí počátečního růstu a konečnou tělesnou hmotností (Aviagen 2018). Tato směs by dle výživových požadavků měla obsahovat 23 % hrubého proteinu a 12,6 MJ ME_N (metabolizovatelné energie přepočtené na dusíkovou rovnováhu) v 1 kg pro obě pohlaví (Zelenka et al. 2007).

Následující růstová směs BR 2 (grower) se průměrně krmí mezi 12. a 32. dnem věku, v závislosti na době ukončení krmení v předchozím období. Tato fáze často zahrnuje i změnu struktury krmiva – přechod na granule o větším průměru. Tomuto přechodu je nutné věnovat pozornost, aby u kuřat nedošlo ke snížení spotřeby krmiva, a tím ke zpomalení růstu (Aviagen 2018). Nutriční tabulky uvádí, že potřeba hrubého proteinu pro brojlery v této fázi výkrmu je 21 % a 13,3 MJ ME_N na 1 kg krmné směsi. Uvedená doporučení platí pro obě pohlaví (Zelenka et al. 2007). Studie potvrdila, že kvalitní struktura pelet či granulí (zde byla vyjádřena indexem trvanlivosti) je klíčová pro přírůstek i konverzi krmiva. Nekvalitní granule mimo jiné zvyšují spotřebu krmiva a tím i ekonomické náklady (Dozier et al. 2010). Do věku 21 dní je kromě struktury krmiva rozhodující i jeho velikost. Brojleři vykazovali lepší přírůstky při krmení peletovanou dietou o jemnější struktuře, přičemž odolnost a tím i kvalita pelet se odvíjela právě od menší velikosti částic krmiva. Ve srovnání s kašovitou krmnou dávkou měla peletovaná významnější vliv na hmotnostní přírůstek kuřat (Chewning et al. 2012).

Závěrečnou směs BR 3 (finisher) předkládáme minimálně 5-7 dní před porážkou, případně po 25. dni věku (Kodeš & Výmola 2003; Aviagen 2018). Na rozdíl od předchozích dvou směsí nesmí obsahovat antikokcidika (z důvodu ochranných lhůt pro finální spotřebitele). Tyto medikamenty, nejčastěji na bázi ionoforu, slouží jako účinná prevence před prvoky rodu *Eimeria*. Kokcidióza je v chovech drůbeže odpovědná za význačné ekonomické ztráty, protože způsobuje zpomalený růst, snížený příjem krmiva, imunodeficienci a v nejhorším případě i smrt. Odborníci však upozorňují, že dlouhodobé preventivní užívání těchto preparátů vyvolává nežádoucí rezistenci a novější výzkumy si kladou za cíl nalézt alternativní prostředky, které by bylo možné do krmných směsí přidávat, jako jsou esenciální oleje, enzymy, probiotika, prebiotika apod. (Bozkurt et al. 2014). Směs BR 3 by dle uvedených doporučení měla obsahovat 19 % hrubého proteinu, případně 18 % v nejpozdější fázi výkrmu a 13,4 MJ ME_N v 1 kg této směsi (Zelenka et al. 2007).

Existuje několik typů kuřecích hybridů, je možné mezi ně zařadit například Cobb 500 a Ross 308, které jsou hojně využívány také v České republice. Dalšími kombinacemi mohou být například ISA, případně Hubbard JV. Ačkoli se živinová doporučení pro různé typy hybridů mohou lišit, tabulka č. 1 uvádí doporučené hodnoty živé hmotnosti pro jednotlivé dny věku kuřat. Pro každou hybridní kombinaci jsou charakteristické jiné užitkové vlastnosti a od nich odvislé konkrétní požadavky na potřebu živin či technologii chovu. A přestože jsou tyto požadavky různé, v praxi se vyrábí krmné směsi, které jsou určeny pro všechny typy vykrmovaných brojlerů (Kodeš & Výmola 2003).

Tabulka 1: Doporučená živá hmotnost v jednotlivých dnech věku kuřat (Cobb Germany 2012)

Den	Živá hmotnost (g)
0	42
7	177
14	459
21	891
28	1436
35	2067
42	2732
49	3378

Na Slovensku probíhala studie, která zkoumala vliv komerčně vyráběné krmné směsi na utilizaci krmiva a užitkové vlastnosti jednotlivých hybridů Cobb 500, Hubbard JV a Ross 308, kteří byli chováni ve stejných podmínkách po 35 dní. Bylo prokázáno, že kuřata typu Ross 308 měla při tomto krmení nejlepší přírůstek i nejvyšší tělesnou hmotnost za současné nejnižší konverze krmiva, zároveň vykazovala nejlepší adaptabilitu na podmínky prostředí. Autoři na základě těchto výsledků doporučují pro současné podmínky chovu hybridní kombinaci Ross 308 (Hascik et al. 2010).

Typická krmná směs pro brojlerů obsahuje jako hlavní surovinu obiloviny. Například v Evropě je nejčastěji zastoupenou obilovinou pšenice, v USA a řadě amerických zemí převládá kukuřice. Vše se odvíjí od lokální dostupnosti surovin a tedy hlavně ceny. Obecně platí, že moderní receptury jsou založeny na konceptu nejnižších možných nákladů, jelikož náklady na krmiva představují kolem 70 % z celkových výrobních nákladů u drůbeže. A proto je strategický nákup levného krmiva pro producenty brojlerů nejvyšší prioritou. Součástí směsi mohou být dále extrahované šroty a rostlinné oleje (např. sójový, řepkový, slunečnicový), DDGS (sušené lihovarské výpalky), pšeničné otruby, rybí moučka, syntetické aminokyseliny a minerálně-vitaminové premixy. V Americe, na rozdíl od České republiky, je povoleno také využívání antibiotických stimulátorů růstu. Směsi BR 1 a BR 2 bývají obohaceny o kokcidiostatika a cholinchlorid. Pro maximalizaci využití živin se do směsi dodávají exogenní enzymy (fytázy, xylanázy, beta-glukanázy), které zvyšují stravitelnost krmiva. Alternativními komponenty, které mohou být využity v omezeném množství v závislosti na obsahu antinutričních látek jsou například čirok nebo bavlníkový extrahovaný šrot. Je také potřeba dbát na koncentraci DDGS či slunečnicového extrahovaného šrotu pro vysoký obsah vlákniny (Alhotan 2021).

3.2 Energie ve výživě brojlerových kuřat

Primárním zdrojem energie v krmných dávkách jsou obvykle sacharidy a lipidy. Avšak při nadměrném příjmu proteinů mohou být i ony využity jako zdroj energie. Tato možnost je však ekonomicky nevýhodná. Navíc zatěžuje organismus, protože nadbytečné proteiny jsou z těla odstraněny močí, a tato přeměna znamená pro tělo energeticky velmi náročný proces. Kromě toho představuje nadměrný příjem proteinů zátěž pro životní prostředí. Mnohem lepší variantou je dostatečně vybalancovaná krmná dávka (Coon 2002). Optimalizací vztahu mezi příjmem a výdejem energie si zajišťujeme produkci kvalitních brojlerových kuřat (Classen 2017).

Jelikož je energetický obsah v krmné dávce hlavním určujícím faktorem příjmu krmiva, potřeba energie bývá často výchozím bodem při sestavování krmných dávek pro drůbež (Ravindran 2013).

V minulosti bylo prokázáno, že pokud krmná dávka v průběhu času obsahuje proměnlivé hladiny energie, brojlerová kuřata si jsou schopna regulovat příjem krmiva tak, aby si udržela stálý energetický příjem. Toto pozorování bylo v souladu s široce přijímanou teorií, že brojlerová kuřata přijímají právě tolik potravy, aby splnila požadavky na první limitující živinu ve stravě. Toto tvrzení bylo v posledních letech zpochybněno, avšak je zapotřebí dalšího zkoumání, aby se zjistilo, zda genetická selekce pro růst vedla k tomu, že jsou dnešní brojleři méně citliví ke svým kontrolním mechanismům. Nejnovější výzkumy ukazují, že například nosnice tento mechanismus také nevyužívají. Na základě těchto předpokladů je třeba, aby krmná směs obsahovala dostatečné množství energie pro záchovu i produkci (Classen 2017; Aftab 2019).

Důležité je věnovat pozornost také vztahu mezi obsahem hrubého proteinu a energie v krmné směsi. Ačkoli přesná míra metabolizovatelné energie v krmivu, kdy jsou ptáci maximálně schopni využívat proteiny, není přesně známa, údaje z nedávných studií ukazují, že optimální hladina energie je nižší, než ta, která se vyskytuje ve většině komerčních směsích. Naopak některé studie ukazují, že brojleři významně reagují na zvyšující se hustotu aminokyselin (zejména lysinu) v krmné dávce a naznačují, že optimální hustota aminokyselin je mezi 100 až 120 % běžně doporučených hodnot. Z uvedených skutečností vyplývá, že současná doporučení na množství aminokyselin v potravě, hlavně v růstových směsích a finisheru, mohou být podhodnocena ve vztahu k optimalizaci zisku. Zdá se, že dnešní brojleři účinněji reagují na dodávku množství aminokyselin a méně na koncentraci energie (Aftab 2019).

3.2.1 Systém hodnocení energie u brojlerových kuřat

Nejběžnějším systémem pro hodnocení potřeby energie u drůbeže, stejně jako pro vyjadřování množství energie v krmivech, je využití bilanční nebo také zdánlivé metabolizovatelné energie (ME). Ta je definována jako energie, která je pro zvíře k dispozici z potravy po odečtení energetických ztrát výkalů, moči a plynů od brutto energie krmiva. Ačkoli u drůbeže bývají ztráty plynů často opomíjeny, protože jsou velmi nízké. ME se udává v jednotkách megajoulů (MJ) nebo kilojoulů (kJ). Hodnoty ME zahrnují také určité endogenní ztráty, ke kterým dochází v průběhu fermentace ve slepém střevě. Proto říkáme, že tato energie

pracuje s precekálními hodnotami, na rozdíl například od energie stravitelné, jejíž hodnoty jsou precekální (získané před slepým střevem). Vliv a význam endogenních ztrát bakteriální fermentací pro výpočet ME může záviset na věku kuřat případně i složkách potravy. Udává se, že počet bakterií v gastrointestinálním traktu čerstvě narozených kuřat je relativně malý a s rostoucím věkem se zvyšuje. Komerční krmné směsi pro brojlerů se liší v obsahu neškrobových polysacharidů, které jsou ve střevě fermentovány. Navíc běžnou složkou těchto směsí bývají také exogenní enzymy (např. xylanázy), které sice snižují intenzitu fermentace v tenkém střevě, nicméně ji zvyšují ve střevě tlustém poskytováním oligosacharidů (Amit-Romach et al. 2004; Madsen et al. 2018; Yang et al. 2020).

Využití metabolizovatelné energie ve výpočtech pro drůbež je čistě praktické, jelikož u ní nelze oddělit trus od moči. V praxi navíc bývá proveden přepočít na dusíkovou rovnováhu (ME_N) (Yang et al. 2020). Aby byla drůbež schopna využít strávené aminokyseliny k energetickým účelům, je nutné je nejprve deaminovat. Zdrojem energie je pak v tomto případě uhlíkový zbytek. Odstraněné aminoskupiny vytvoří toxický amoniak, který je v energeticky náročném ornitinovém cyklu přeměněn zejména na netoxickou kyselinu močovou, která se z těla vylučuje močí. Během pokusů zvířata ukládají část energie ve formě proteinů, což způsobuje pozitivní dusíkovou bilanci. Přičemž platí, že aminokyseliny uložené v proteinů neprošly deaminací, tedy v trusu bude méně energeticky bohatých odpadních látek, než kdyby zvíře všechny tyto látky využilo k produkci energie a dusíkatá bilance by byla v rovnováze. Údaje metabolizovatelné energie by pak byly vyšší, než krmivo ve skutečnosti má. Z tohoto důvodu se za každý v těle uložený gram dusíku odečítá od vypočtené hodnoty 36,55 kJ. Tato hodnota odpovídá průměrnému obsahu všech odpadních dusíkatých látek, jenž obsahují 1 g dusíku (kyselina močová, močovina, kreatinin apod.), které by se při energetickém využití proteinů spotřebovaly na tvorbu odpadních látek vyloučených močí. Dříve se pracovalo pouze s hodnotou 34,41 kJ, což byla hodnota uplatňována pouze pro kyselinu močovou, protože obsah dusíku v kyselině močové odpovídá 33,33 % a její brutto energie je 11,47 kJ/g. Tedy 3 g kyseliny močové, které obsahují 1 g odpadního dusíku, mají 34,41 kJ (Zelenka 2014).

Obsah energie v krmivech pro drůbež se v České republice vyjadřuje v jednotkách ME_N , hodnoty jsou zjišťovány v bilančních pokusech na zvířatech buď klasickou metodou, případně metodou indikátorovou. Klasická metoda spočívá ve sledování příjmu krmiva a vylučovaného trusu. Pro indikátorovou metodu tyto údaje není potřeba přesně znát, zde se hodnotí množství indikátoru v přijatém krmivu a ve výkalech, zatímco drůbež může přijímat krmivo ad libitum. Jako indikátor se využívají zcela nestravitelné substance. Z organických materiálů se jedná o lignin, mezi anorganické indikátory pak řadíme například oxid chromitý, oxid titaničitý nebo síran barnatý. Etickou a praktickou výhodou může být i to, že zvířata není nutné držet v bilančních klecích (Zelenka 2014).

Yang et al. (2020) však upozorňují, že hodnoty ME stanovované na starších brojlerových kuřatech mohou nadhodnocovat energetickou dostupnost krmiv používaných ve startérech, jelikož stanovení ME u kuřat před 14 dny věku může poskytovat nižší hodnoty, než jaké jsou získávány od starších ptáků.

Na okraj je třeba také zmínit, že lze využít i systém skutečně metabolizovatelné energie, v zahraničí označovaný jako TME (true metabolizable energy). Pro její výpočet je nutné stanovit energii metabolického původu ve výkalech (př. z trávicích šťáv, žluči, enzymů a odloučených epitelů), energii endogenního původu v moči a množství přijaté energie

z krmiva. Hodnoty této energie bývají vyšší než u ME_N . Stejně jako u bilančně metabolizovatelné energie, se i skutečně metabolizovatelná přepočítává na dusíkovou rovnováhu a označuje se jako TME_N (Noblet et al. 2022).

Přestože je bilančně metabolizovatelná energie upravená na dusíkovou rovnováhu globálně využívaným konceptem ve výživě drůbeže, Tay-Zar et al. (2024) poukazují na její nedostatečnost. Například proto, že zhruba 25 % bilanční ME je eliminováno ve formě tepla během trávení, kdy platí, že tato hodnota se liší jak mezi živinami, tak i jednotlivými krmivými. Proto navrhují využívat systém netto energie (NE), široce používaný ve výživě přežvýkavců, který do svých výpočtů zahrnuje také tepelné ztráty a umožňuje predikovat přesnější energetickou hodnotu. Kvůli omezenému množství studií, které by ověřovaly platnost tohoto systému u drůbeže, však nedošlo k jeho většímu praktickému využití, přestože jeho výhody oproti bilanční ME jsou diskutovány po desetiletí. Již studie, které proběhly na začátku 70. let 20. století tvrdily, že využití NE je ekonomicky efektivnější. Noblet et al. (2024) na druhou stranu uvádí, že již existuje dostatečné množství informací, aby byl systém netto energie implementován do praxe i u drůbeže a ve své studii zmiňují praktická doporučení pro přechod ze systémů ME_N na NE.

3.2.2 Tuky ve výživě brojlerových kuřat

Tuky nebo-li lipidy definujeme jako látky nerozpustné ve vodě, ale rozpustné v organických rozpouštědlech (chloroform, aceton, alkohol, diethylether). Chemicky se jedná o látky složené z molekuly glycerolu a tří molekul mastných kyselin tzv. triacylglyceroly. Rozdíl mezi označením tuku a oleje je v jejich skupenství. Olej je při pokojové teplotě v kapalném stavu, zatímco tuk v pevné formě. Z nutričního hlediska jsou velmi důležité triglyceridy, fosfolipidy, steroly a také lipofilní vitamíny (Doppenberg & van der Aar 2010).

Trávení lipidů je zahájeno v žaludku po mechanickém rozrušení krmiva na menší částice. Během trávení dochází k hydrolyze triglyceridu na glycerol a mastné kyseliny. Specifickým ptačím rysem je reverzní peristaltika střev, jinak také střevní reflux. Jedná se o adaptaci na kratší trávicí soustavu, která umožňuje zdržet krmivo v trávicím traktu tak, aby bylo lépe natráveno. Přítomnost žlučových solí a fosfolipidů z tráveniny refluxované z dvanáctníku zahajuje emulgaci tuků v žaludku a tvorbu tukových kapének (micel), které jsou následně vstřebány v tenkém střevě. Funkcí žluči je mimo jiné i aktivizace pankreatické lipázy, která se na trávení tuků podílí. Na vlastní aktivitu lipázy má vliv i složení mastných kyselin. Zatímco nenasycené mastné kyseliny, olejová a linolová, její aktivitu zvyšují, nasycené mastné kyseliny s dlouhým řetězcem, jako je kyselina stearová, mají inhibiční účinky. Tukové micely, které vstupují do tenkého střeva stimulují tvorbu hormonu cholecystokininu, který reguluje sekreci pankreatické šťávy a žluči. Hlavní místo trávení i vstřebávání mastných kyselin a glycerolu jsou enterocyty jejunum. Zde probíhá reesterifikace, navázání na částice cholesterolu za vzniku chylomikronů a transport portálním systémem do jater, kde jsou lipidy využity pro syntézu dalších sloučenin jako jsou lipoproteiny, fosfolipidy, případně jsou využity jako zdroj energie nebo uloženy v podobě tukových zásob (Ravindran et al. 2016).

Zajímavé je, že studie zkoumající místa absorpce tuků jsou velmi protichůdné. Některé uvádí, že se na vstřebávání podílí jejunum i ileum, jiné tvrdí, že hlavním místem absorpce je

duodenum. Zároveň by mělo být zvaženo odlišné trávení různých mastných kyselin (Tancharoenrat et al. 2014).

Z důvodu stále se zvyšujících nákladů na krmiva roste zájem o maximalizaci využití tukových doplňků v krmných směsích, a tím zvýšení kalorické hustoty krmné dávky. Energetická hodnota tuků je totiž minimálně dvakrát vyšší než u sacharidů a bílkovin (39,4 kJ, zatímco u monosacharidu 15,5 kJ) (Doppenberg & van der Aar 2010). Obsah tuků v krmné dávce se pohybuje v koncentracích kolem 3-5 % (Ravindran 2013). Dänicke (2001) udává až 5-10 %. U drůbeže není definován požadavek na množství tuků jako zdroje energie, ale je stanovena potřeba esenciální kyseliny linolové jako 1 % z krmné dávky po celou dobu výkrmu. Její nedostatek byl však u drůbeže pozorován jen zřídka (Ravindran 2013).

Přídavek tuků do krmné dávky poskytuje řadu výhod, od snížené prašnosti, nižší separace částic v kašovitých dietách, zlepšení chutnosti, dodání nosičů lipofilních vitamínů a esenciálních mastných kyselin až po promazání strojů na úpravu krmiv. Dodané tuky navíc zpomalují rychlost průchodu krmiva gastrointestinálním traktem, čímž poskytují více času pro lepší trávení a absorpci živin (Ravindran et al. 2016).

Pro dodání lipidů do krmné dávky se využívá široká škála olejů a tuků, které se velmi liší svým složením. Příkladem mohou být rostlinné oleje (sójový, kukuřičný, palmový), hydrogenované tuky (kde probíhá přeměna nenasycených mastných kyselin na nasycené dodáním atomu vodíku), vedlejší produkty rafinace rostlinných olejů s obsahem volných mastných kyselin (okyselené mýdlové kaly a frakce). Literatura zmiňuje i využívání zbytkových tuků z restauračních zařízení (oleje na smažení, tzv. žlutý tuk) a vedlejších kafilerních produktů (sádlo, lůj, skopový a drůbeží tuk). Výběr tuku do krmné dávky je odvislý především od jeho ceny (Ravindran et al. 2016).

3.2.3 Faktory ovlivňující využití tuků

Je třeba také zmínit, že utilizaci tuků ovlivňuje mnoho faktorů. Prvním z nich je věk. Je známo, že čerstvě narozená kuřata mají nízkou schopnost trávit a vstřebávat tuky z potravy, jelikož sekrece žluči se zvyšuje s věkem, stejně jako aktivita všech pankreatických enzymů, které jsou pro trávení tuků stěžejní. Navíc je vývoj aktivity lipázy dlouhodobě závislý na hladině tuku v potravě (Carew et al. 1972; Noy & Sklan 1995). Předpokládá se, že dalším z faktorů může být plemeno, genotyp a pohlaví drůbeže, přestože ve studiích existují rozporuplné výsledky jejich vlivu. Absorpci živin ovlivňuje narušení střevního epitelu vlivem různých onemocnění (nekrotická enteritida, malabsorpční syndrom, kokcidióza apod.) (Ravindran et al. 2016).

Abudabos (2013) uvedl, že nutriční hodnoty tuků a olejů jsou zcela závislé na jejich metabolizovatelném energetickém obsahu a ten je dán jejich stravitelností a vstřebatelností.

Energetický potenciál, tedy hodnotu bilančně ME tuku výrazně ovlivňuje jeho chemická struktura. Složení mastných kyselin a stupeň jejich nasycení má vliv na jejich stravitelnost a absorpci (Wiseman et al. 1991). Lipidy, které obsahují velké množství nasycených mastných kyselin s dlouhým řetězcem (kyselina palmitová, stearová), drůbež špatně tráví i vstřebává. Jedná se například o živočišné tuky (lůj). Na druhou stranu rostlinné oleje, ve kterých převažuje obsah nenasycených mastných kyselin, jenž jsou snadněji emulgovatelné, drůbež tráví lépe (Ravindran et al. 2016).

V rámci snahy o zlevnění krmných dávek pro drůbež bylo zkoumáno, zda je možné nahradit jeden z nejvyužívanějších olejů, tedy sójový, levnějším a dostupnějším drůbežím tukem. Saleh et al. (2021) konstatovali, že drůbeží tuk lze v krmných dávkách využít jako částečnou i úplnou cenově dostupnější náhradu sójového oleje při zachování růstových parametrů, charakteristik jatečně upraveného těla i plazmatických indexů lipidů a mastných kyselin.

Nevýhodou využívání živočišných tuků ve výživě drůbeže je hlavně jejich nízká utilizace u mladých kuřat, mají také tendenci k oxidaci, čili žluknutí (Aardsma et al. 2017).

Existují důkazy, které naznačují, že při smíchání nasycených a nenasyčených tuků je možné zlepšit jejich trávení. Tento synergický jev je významný hlavně pro absorpci nasycených mastných kyselin s dlouhým řetězcem. Pro příklad lze uvést, že zvyšující se poměry řepkového oleje vůči hovězímu loji ve stravě (v dávkách nad 80 g/kg krmné směsi) zlepšily stravitelnost kyseliny palmitové a stearové (Wiseman & Lessire 1987).

Míra začlenění tuku do krmné dávky je dalším z faktorů, které ovlivňují jeho utilizaci. Je to také důležitá proměnná při výpočtu bilanční ME. Byly prokázány negativní účinky vysoké míry inkluze tuku ve stravě, přesto však také existují studie, které neprokázaly žádný nepříznivý vliv vyšší dávky tuků ve stravě. Obecně se udává, že stravitelnost doplňkových tuků klesá s vyšším stupněm nasycení mastných kyselin, delším řetězcem mastných kyselin a s větší mírou zařazení tuku do stravy. Komplikací je v tomto ohledu také fakt, že vliv těchto faktorů na bilanční ME je různý pro každý zdroj tuku zvlášť (Wiseman et al. 1986; Pesti et al. 2002).

K rozdílu ve stravitelnosti tuků přispívá odlišná poloha mastných kyselin v molekule glycerolu. Zatímco v rostlinných tucích a olejích se nasycené mastné kyseliny nachází převážně v poloze sn-1 a sn-3, v živočišných je to v poloze sn-2. Pankreatická lipáza dává přednost hydrolyze v poloze sn-1 a sn-3, přičemž zanechává monoglycerid s mastnou kyselinou v poloze sn-2. Nasycené mastné kyseliny s dlouhým řetězcem budou lépe absorbovány, pokud jsou umístěny v poloze sn-2 (Doppenberg & van der Aar 2010).

Trávení a vstřebávání tuků ovlivňuje také jejich kvalita, což je však široký pojem. V krmivářském průmyslu se pro definování kvality lipidů používá hodnocení barvy, stupně nasycení, hodnota zmydlnění, obsah nečistot a volných mastných kyselin, přestože tyto údaje nám poskytnou jen málo informací o skutečné krmné hodnotě a energetickém obsahu (Shurson et al. 2015). Je však známo, že se zvyšujícími se hodnotami volných mastných kyselin se snižuje stravitelnost a bilanční ME. Účinnost vstřebávání tuků je nepřímě úměrná obsahu volných mastných kyselin. Výraznější negativní efekt byl pozorován u zdrojů nasycených tuků (Sklan 1979). Stejně tak dostupné informace naznačují, že záporný vliv volných mastných kyselin je výrazně větší u mladých kuřat. Hlavní příčinou ztráty kvality tuků je oxidační žluknutí. Při tomto procesu dochází k reakci kyslíku a dvojně vazby nenasyčených mastných kyselin (Ravindran et al. 2016).

Z pohledu trávení existuje také interakce mezi typem obiloviny v krmné dávce a konkrétním tukem. Například kombinace hovězího loje a žita snižovala stravitelnost tuku mnohem více, než pokud byla v krmné dávce dominantní obilninou pšenice. Naopak interakce mezi rostlinnými oleji, žitem a pšenicí vykazovala jen nepatrné rozdíly ve stravitelnosti těchto olejů. Na uvedené reakce mají vliv také koncentrace neškrobových polysacharidů (NSP) v obilovinách tzn. arabinoxylanů (hlavně žito, méně pšenice) a betaglukanů (hlavně ječmen), které jsou ve výživě drůbeže považovány za antinutriční látky a ovlivňují viskozitu. Dodání

enzymů xylanáz a beta-glukanáz do krmné směsi umožňuje zvýšit podíl těchto obilnin ve stravě, jelikož tyto enzymy naopak viskózní vlastnosti NSP snižují. Lze konstatovat, že trávení tuků je více než trávení jiných živin, ovlivněno obsahem NSP v krmivech. Zároveň je prokázáno, že trávení nasycených mastných kyselin je tímto ovlivněno více než nenasycených. (Choct 1997, Dänicke 2001).

Při trávení tuků se uvolňují volné mastné kyseliny, které mají potenciál reagovat s dvojmocnými minerály (např. vápníkem) za tvorby rozpustných i nerozpustných mýdelnatých sloučenin. V případě nerozpustných existuje riziko, že se jak volné kyseliny, tak i navázané minerály, stanou pro drůbež nedostupnými. Tyto sloučeniny mohou být nazývány jako lipofytiny – komplexy vápníku nebo hořčíku s fytáty, lipidy a peptidy. Diety, které obsahují vysoký obsah vápníku, mohou zvýšit tvorbu těchto sloučenin a omezit energii, kterou drůbež získává hlavně v případě nasycených živočišných tuků (Leeson & Summers 2005).

Mezi antinutriční faktory, které mohou interagovat s tuky, řadíme taniny, inhibitory trypsinu a mykotoxiny (Ravindran et al. 2016).

Existují strategie, kterými lze zlepšit trávení tuků. Mohou být účinné zejména u mladých ptáků, kde ještě není dobře vyvinutá schopnost jejich absorpce. Řadíme mezi ně doplnění lipáz do krmných směsí, přestože jejich účinek nebyl plně potvrzen. Dále beta-glukanáz, xylanáz, emulgátorů, žlučových kyselin a solí (Ravindran et al. 2016). Nižší hladina vápníku ve stravě může být také vhodná pro trávení lipidů, zejména obsahuje-li krmná dávka vysoký podíl nasycených mastných kyselin (Tancharoenrat & Ravindran 2014).

3.2.4 Mastné kyseliny ve výživě brojlerových kuřat

Mezi esenciální nenasycené mastné kyseliny, které si drůbež není schopna syntetizovat a musí být proto dodány ve stravě, patří kyselina linolová (C18:2 dvojně vazby) a alfa-linolenová (C18:3 dvojně vazby). Důležitá je také kyselina arachidonová (C20:4 dvojně vazby), která vzniká z kyseliny linolové. Všechny se řadí do skupiny tzv. PUFA, polynenasycených mastných kyselin a tvoří důležitou složku buněčných membrán. Jejich nedostatek má za následek poruchy růstu, imunosupresi, kardiovaskulární problémy a například i zvýšenou spotřebu vody. U samců hrozí opožděný vývoj sekundárních pohlavních znaků a nižší hmotnost varlat, u nosnic snížená hmotnost vajec (Zelenka 2014; Alagawany et al. 2019).

Rostlinné oleje, které mají větší množství nenasycených mastných kyselin, jsou lépe tráveny než tuky živočišné. Zároveň tuky, které mají vyšší obsah nenasycených mastných kyselin jsou méně stabilní (Zelenka 2014). Experiment prokázal, že stravitelnost nenasycených mastných kyselin (linolové, olejové) byla dobrá bez ohledu na zdroj tuku. Zatímco stravitelnost nasycených mastných kyselin (palmitové a stearové) byla ovlivněna zdrojem, ze kterého tuk pocházel. Koeficienty stravitelnosti u těchto kyselin byly výrazně lepší ve dietě, která obsahovala sójový olej ve srovnání s dietou obsahující lůj (Tancharoenrat et al. 2014).

Mastné kyseliny lze také rozdělit na skupiny omega-3 (n-3) a omega-6 (n-6). Do skupiny n-3 řadíme esenciální kyseliny eikosapentaenovou (EPA) a dokosahexaenovou (DHA), které mohou být v těle syntetizovány prostřednictvím metabolizace kyseliny alfa-linolenové, ale pouze za předpokladu, že je v organismu její dostatečné množství. Navíc je potřeba podotknout, že rychlost této přeměny je velmi nízká ve srovnání s příjmem potravy

a potřebou DHA a EPA v tkáních. V dnešní době výrazně převládá v potravinách skupina omega-6. Původní doporučený poměr 1:1 se změnil na 20:1 ve prospěch kyselin n-6. U brojlerových kuřat jejich správný poměr hraje také důležitou roli, zejména v imunitní odpovědi a vlivu na produkční vlastnosti (kvalita masa a rychlost růstu). Omega-6 mastné kyseliny najdeme v sójovém, palmovém, slunečnicovém a řepkovém oleji, zatímco omega-3 kyseliny poskytují některé ořechy, lněný a světlicový olej a rybí oleje z tučných ryb (Alagawany et al. 2019).

Vysoké dávky omega-6 kyselin jsou spojeny s diabetem, obezitou a aterosklerózou. Naopak n-3 mastné kyseliny EPA a DHA poskytují mnoho zdravotních výhod. Podporují embryonální vývoj, pevnost kostí, kardiovaskulární funkce, mají protizánětlivý i protinádorový účinek a hrají roli v modulaci imunity. Jejich použití ve výživě brojlerů snižuje obsah cholesterolu a celkových krevních lipidů v krvi i vaječném žloutku (Alagawany et al. 2019).

Doplňování n-3 a n-6 zdrojů do krmných dávek drůbeže představuje potenciální strategii výživy u drůbeže určené pro lidskou spotřebu. Nevýhodou však může být nižší oxidační stabilita masa, jejíž následek jsou nepříjemné pachy a chuť masa, což ovlivňuje přijatelnost pro spotřebitele (Alagawany et al. 2019).

S postupně přicházejícími zákazy pro využití antibiotik jako stimulatorů růstu se v posledních letech staly středem pozornosti také mastné kyseliny se středně dlouhým řetězcem (MCFA, 6-12 atomů uhlíku) např. kyselina kapronová, kaprylová, kaprinová a laurová pro své příznivé antimikrobiální účinky a částečný vliv na modulaci imunity (Çenesiz & Çifteci 2020).

Jak již bylo zmíněno výše, v krmných normách najdeme pouze potřebu kyseliny linolové. S rostoucím obsahem kyseliny linolové v tuku se zvyšuje jeho krmná hodnota (Zelenka 2014).

Leeson a Summers (2005) navrhuje minimální přídavek esenciálních mastných kyselin 10 g/kg tuku do krmné dávky drůbeže, přičemž do komerčních krmiv se obvykle přidává 20-50 g/kg tuku v závislosti na cenách. Abdollahi et al. (2013) nedoporučuje přidávat tuk do peletovaných diet nad hodnotu 40 g/kg tuku vzhledem k negativnímu účinku tuku na kvalitu pelet. Je však možné, že s vývinem nových technologií bude moct být do krmných dávek přidáno větší než zde zmíněné množství.

Je známo, že složení mastných kyselin v dodávaných tucích a olejích ovlivňuje vlastnosti jatečně upraveného těla brojlerů. Například brojleři krmení krmivem, které obsahovalo lůj, měli vyšší obsah nasycených mastných kyselin v abdominálním tuku, stehenním a prsním svalu, než brojleři, kteří byli krmeni stravou s olivovým, slunečnicovým a lněným olejem (Crespo & Esteve-Garcia 2001).

3.2.5 Zdroje tuků ve výživě brojlerových kuřat

Přidané tuky a oleje v čisté formě do krmných dávek drůbeže patří mezi jedny z nejstravitelnějších krmiv vůbec. Dosahují zdánlivé stravitelnosti kolem 95 %. Naproti tomu stravitelnost tuků z ostatních krmiv, jako jsou obiloviny, je mnohem nižší, jelikož tyto tuky jsou součástí rostlinných buněk a organismus je musí postupně rozložit (Doppenberg & van der Aar 2010).

Energetická hodnota těchto tuků (v MJ/kg daného tuku) je uvedena v tabulce č. 2. Zajímavé je, že francouzské normy INRA uvádí stejnou brutto energii pro živočišné i rostlinné tuky, rozlišují hodnoty pouze mezi nosnicemi a brojlery (vzhledem k zaměření této práce nejsou

hodnoty pro nosnice uvedeny). U nizozemského systému CVB je vypočítaná bilanční ME založena na podílu nasycených mastných kyselin z celkových mastných kyselin (Doppenberg & van der Aar 2010). Složení mastných kyselin v konkrétních olejích je zobrazeno v tabulce č. 3.

Je však třeba podotknout, že hodnoty bilanční metabolizovatelné energie těchto tuků a olejů se v literatuře značně liší. Pro příklad si uveďme sójový olej, pro který byly v různých studiích stanoveny hodnoty bilanční ME v rozmezí od 35,7 MJ/kg až do 46,5 MJ/kg, přičemž hodnota se odvíjela také od věku brojlerů v experimentech a od míry zařazení tuku v krmné dávce (Ravindran et al. 2016).

Tabulka 2: Energetické hodnoty tuků a olejů (upraveno dle Doppenberg & van der Aar 2010, pokud není uvedeno jinak, hodnoty jsou zpracovány dle francouzských norem INRA)

Zdroj tuku	Brutto energie (MJ/kg)	Bilanční ME (MJ/kg) pro brojlery
Řepkový olej	39,3	37,7
		37,40*
Sójový olej	39,3	37,7
		36,02*
Slunečnicový olej	39,3	37,7
		36,88*
Palmový olej	39,3	29,5
		30,31*
Drůbeží tuk	39,3	36,9
		36,02*
Hovězí lůj	39,3	30,2
		31,00*

*Zpracováno dle nizozemských norem CVB

Tabulka 3: Složení mastných kyselin v konkrétních olejích (upraveno dle INRA 2004)

Mastná kyselina (%)	Palmový olej	Řepkový olej	Sójový olej	Slunečnicový olej
Laurová	0,3	0,2		0,2
Myristová	0,6	0,1	0,1	0,2
Palmitová	43,0	4,2	10,5	6,3
Palmitoolejová	0,2	0,4	0,2	0,4
Stearová	4,4	1,8	3,8	4,3
Olejová	37,1	58,0	21,7	20,3
Linolová (n-6)	9,9	20,5	53,1	64,9
Alfa-linolenová (n-3)	0,3	9,8	7,4	0,3
Arachová	0,4		0,3	
Eruková		0,4	0,3	

3.2.6 Sójový olej

Surový sójový olej obsahuje látky, které jsou obecně považované za nečistoty (volné mastné kyseliny, komplexy kovů, peroxidy, polymery, pigmenty aj.) a je potřeba se jich zbavit procesem rafinace (filtrace, hydratace, degumace apod.) (Baião & Lara 2005).

Sójový olej je bohatým zdrojem kyseliny linolové. Díky jeho vyšším hladinám nenasycených mastných kyselin rychleji oxiduje (Aziz-Aliabadi et al. 2021).

Vieira et al. (2002) hodnotili krmné dávky brojlerů, které obsahovaly 0, 4 a 8 % sójového oleje, okyseleného rostlinného zbytku ze sójového oleje případně jejich směsi. Pozorovali, že brojeři krmení sójovým olejem měli lepší přírůstky hmotnosti než ti, kteří byli krmeni jeho rostlinným zbytkem. Zároveň byl zdokumentován snížený příjem krmiva při navýšení hladiny ze 4 % na 8 % u okyseleného zbytku, zatímco drůbež krmená sójovým olejem žádný pokles příjmu krmiva nevykazovala.

Scaife et al. (1994) krmili samice brojlerů krmnými dávkami obsahujícími různé zdroje lipidů (hovězí lůj, sójový olej, řepkový olej, olej z mořských ryb nebo směs těchto olejů) a pozorovali, že živá hmotnost byla výrazně vyšší, když byl použit sójový olej. Ptáci krmení řepkovým olejem také vykazovali vyšší příjem a vyšší hmotnost. Nejhorší konverzní poměr měli ptáci krmení hovězím lojem.

3.2.7 Řepkový olej

Řepkové semeno je známé pro svůj obsah kyseliny erukové, která má antinutriční vlastnosti. Snížením obsahu kyseliny erukové v řepkovém oleji došlo ke zvýšení obsahu kyselin s 18 uhlíky (kyselina stearová, olejová, linolová a linolenová), ty dohromady tvoří asi 95 % všech mastných kyselin v řepkovém oleji (Przybylski et al. 2005).

Řepkový olej má vysoký obsah mononenasycených mastných kyselin (MUFA, mastné kyseliny s jednou dvojnou vazbou) tzn. kyseliny olejové a kyseliny alfa-linolenové. Z tohoto důvodu snadněji oxiduje. Studie dokazuje, že podáváním řepkového oleje v různých koncentracích (0, 5, 10 a 15 %) došlo ke zvýšení obsahu kyseliny olejové, n-3 kyselin a snížení obsahu n-6 kyselin v mase, tuku i plazmě brojlerových kuřat (Gallardo et al. 2012).

Samice brojlerů krmené směsí s řepkovým olejem vykazovaly rychlejší růst ve srovnání se samicemi, které byly krmeny stravou s lojem a acidifikovaným sójovým olejem (Thacker et al. 1994).

3.2.8 Slunečnicový olej

Byla prokázána lepší konverze krmiva u drůbeže, která byla krmena slunečnicovým olejem ve srovnání s olejem olivovým. Zároveň byl zdokumentován vyšší podíl kyseliny linolové a vyšší poměr polynenasycených mastných kyselin k nasyceným v mase kuřat, která byla krmena slunečnicovým olejem ve srovnání s hovězím lojem a rybím tukem (Baião & Lara 2005).

U ptáků, jejichž krmná dávka zahrnovala slunečnicový olej (zdroj nenasycených mastných kyselin) došlo k významnému snížení abdominálního tuku oproti těm, kteří byli

krmení hovězím lojem, který je považován za zdroj nasycených mastných kyselin. Za předpokladu, že množství absorbovaného tuku bylo vyšší u ptáků krmených potravou obsahující slunečnicový olej, se zdá, že snížení ukládání tuku u těchto ptáků nastává vlivem vyšší rychlosti oxidace tuků (katabolismu) a nižší syntézy mastných kyselin (Sanz et al. 2000a).

Sanz et al. (2000b) uvádí, že využití zdroje nenasycených lipidů snižuje tuk a zvyšuje bílkoviny v jatečně upravených tělech brojlerů. Rozdíl v přírůstku bílkovin byl přisuzován úrovni nasycení tuků, protože energie získaná z nenasycených tuků může být použita pro jiné metabolické účely, zatímco energie získaná z nasycených zdrojů je využita pomaleji a hromadí se jako tělesný tuk. Obecně lze akumulaci tělesného tuku považovat za výsledek rovnováhy mezi tukem absorbovaným ze stravy, endogenní syntézou tuku (lipogenezí) a katabolismem tuku beta-oxidací (lipolýza). Proto v případech, kdy množství absorbovaného tuku je stejné, nižší ukládání tuku může být přičítáno zvýšení katabolismu nebo endogennímu poklesu syntézy mastných kyselin, nebo obojímu.

Smink et al. (2010) také zjišťovali zda tuky bohaté na nasycené mastné kyseliny ve srovnání s rostlinným olejem bohatým na kyselinu linolovou (slunečnicový olej) zvyšují ukládání tuku u brojlerů a ovlivňují syntézu či oxidaci jednotlivých mastných kyselin. U skupiny brojlerů, kteří byli krmeni dietou s primárním obsahem slunečnicového oleje, byl poměr ukládání tuků k příjmu stravitelných tuků významně nižší než ve směsích s palmovým olejem, který je bohatý na nasycené mastné kyseliny. Autoři tedy došli k závěru, že strava bohatá na kyselinu linolovou ve srovnání se zdroji nasycených mastných kyselin snižuje ukládání tuků, zejména mononenasycených mastných kyselin (MUFA). Smink et al. (2010) předpokládají, že je to způsobeno vyšší mírou beta-oxidace mastných kyselin a sníženou syntézou MUFA, ale tento závěr nelze považovat za jednoznačný, vzhledem k naměřeným aktivitám souvisejících enzymů.

Mezi další rostlinné zdroje tuků v krmných dávkách brojlerů patří bavlníkový olej, kokosový olej, lněný olej, palmový olej. Mezi doplňkové živočišné zdroje řadíme hovězí lůj, drůbeží tuk, vepřové sádlo nebo rybí olej (Baião & Lara 2005).

4 Metodika

4.1 Analyzovaný materiál

Na základě bilančních pokusů byly zjišťovány energetické hodnoty olejů používaných v krmných směsích (KS) pro brojlerová kuřata. V experimentu byly hodnoceny KS s doplněným obsahem těchto olejů: filtrovaný řepkový olej dolis, filtrovaný řepkový olej předlis, filtrovaný sójový olej, řepkový olej konzumní v koncentracích 2, 4, 6 nebo 8 % v KS. Následující tabulka zobrazuje jejich označení.

Tabulka 4: Oleje využitě v experimentu s uvedeným označením a dávkováním v krmné směsi

Využitý olej	2 % v KS	4 % v KS	6 % v KS	8 % v KS
Filtrovaný řepkový olej dolis	ROD2*	ROD4	ROD6	ROD8
Filtrovaný řepkový olej předlis	ROP2	ROP4	ROP6	ROP8
Sójový olej filtrovaný	SO2	SO4	SO6	SO8
Řepkový olej konzumní	ROK2	ROK4	ROK6	ROK8

* vzorek krmiva i výkalů ROD2 nebyl do analýzy zařazen z důvodu nevyhovující struktury

Receptura používané krmné směsi je uvedena v tabulce č. 5. Do KS byl následně přidán konkrétní olej v požadované koncentraci a 1 % oxidu chromitého jako externího indikátoru stravitelnosti.

Tabulka 5: Receptura využitě krmné směsi

Složka krmné směsi	Obsah v %
Pšenice	48,04
Kukuřice	23
Sójový extrahovaný šrot	24,8
Lysin	0,1
Methionin	0,22
Sůl	0,31
Soda	0,1
Krmný vápenec	1,3
MCP	1,13
AMINOVITAN BR výkrm	1

Byla provedena analýza jednotlivých krmiv a následně vzorků výkalů, které byly získány z bilančních pokusů (viz dále). Jednotlivé vzorky krmiv byly hodnoceny vždy dvakrát, aby bylo zamezeno vzniku falešných výsledků. Vzorky výkalů od jednotlivých KS byly odebrány po třech, každý vzorek byl následně dvakrát hodnocen. Celkem tedy bylo analyzováno 6 vzorků výkalů od jedné krmné směsi. Pro konečnou analýzu byl využit aritmetický průměr zjištěných hodnot.

4.2 Bilanční pokusy na brojlerových kuřatech

Do bilančního pokusu byla zařazena kuřata hybridní kombinace Ross ve věku 35 dnů o hmotnosti okolo 2,2 kg. Do dosažení zmíněného věku byla kuřata vykrmována metodou fázové výživy pomocí kompletních krmných směsí typu BR1 a BR2. Pro zařazení do bilančního pokusu byli vybráni kohoutci vyrovnané hmotnosti, kteří byli krmeni testovanou směsí s definovaným podílem konkrétního tuku (2/4/6/8 % ve směsi) a 1% přídatkem oxidu chromitého jako externího indikátoru stravitelnosti. Kuřata byla ustájena v bilančních klecích po 2 kusech v jedné kleci a krmena 3 dny ad-libitum předkládaným krmivem. Příjem vody byl také ad-libitum. Po ukončení třídního přípravného období byl odebrán trus pro zjištění stravitelnosti živin a dále byla stanovena sušina hodnocených materiálů (viz dále).

4.3 Stanovení sušiny

V experimentu byla stanovena sušina krmiv a sušina výkalů prostřednictvím vysušení předem zváženého vzorku. Rozemletý vzorek o hmotnosti 0,5 g (v případě krmiv) a 0,3 g (v případě výkalů) byl umístěn do keramické misky, ta byla předem prázdná zvážena a její hmotnost byla zaznamenána. Vážení probíhalo na analytických vahách. Miska se vzorkem byla vložena do vysoušecí pece o teplotě 103 °C. Po vysušení byla miska umístěna do exsikátoru, kde vychladla. Dalším krokem bylo vážení misky se vzorkem. Sušina pak byla stanovena dle následujícího vzorce a byl zaznamenán její procentický obsah.

$$\text{Obsah sušiny (\%)} = \frac{\text{hmotnost vzorku po vysušení (g)} - \text{hmotnost prázdné misky (g)}}{\text{navážka (g)}} \times 100$$

4.4 Stanovení oxidu chromitého

V celém procesu byly využity tyto chemikálie: molybdenan sodný, voda, kyselina sírová 96%, kyselina chloristá 70%, jodid draselný, škrobový maz, thiosíran sodný 0,1 M/l (15,81 g/l roztoku), dichroman draselný.

Oxidační činidlo bylo připraveno rozpuštěním 10 g molybdenanu sodného ve 150 ml vody, poté bylo přidáno 150 ml kyseliny sírové a po ochlazení 200 ml 70% kyseliny chloristé. Škrobový maz byl připraven rozmícháním 1 g škrobu v 50 ml studené vody, suspenze byla následně převedena do 500 ml vroucí vody.

Celý postup byl následující: navážka vzorku 0,5 g krmiva (u výkalů 0,3 g) byla převedena do 100 ml Erlenmeyerovy baňky, bylo přidáno 25 ml oxidačního činidla a vzorek byl vařen na pískové lázni (290 °C). Roztok změnil barvu z černé na žlutooranžovou dle koncentrace oxidu chromitého. Po ochlazení byly přidány 2 ml 70% kyseliny chloristé a vzorky znovu přešly varem. Baňky byly znovu ochlazeny, poté kvantitativně převedeny do 250 ml titrační baňky, do které se dále přidalo 100 ml destilované vody a 3-4 varné kamínky. Vzorky byly vařeny na 230 °C do odpaření ¼ objemu. Po vychladnutí byl do baňky přidán 1 g jodidu draselného a 10 ml škrobového mazu a po rozmíchání byly vzorky titrovány roztokem thiosíranu sodného. Titrace probíhala do úplného odbarvení roztoku.

Pro konečný výpočet byl stanoven faktor thiosíranu sodného – zde 1,17. Procentické množství oxidu chromitého (x) bylo vypočteno dle následujícího vzorce.

$$x = \frac{\text{spotřeba thiosíranu sodného} \times \text{faktor thiosíranu sodného} \times 0,2533}{\text{navážka}}$$

4.5 Stanovení tuku

Pro stanovení tuku byly zapotřebí tyto pomůcky a chemikálie: petrolether p.a., celulosové patrony, extrakční skleničky. Vlastní analýza probíhala na přístroji SER 146 (Velp), doba trvání analýzy byla pro jednotlivé vzorky zhruba 1,5 hodiny.

Celkový pracovní postup byl následující: do celulosových patron byly naváženy vzorky krmiv případně výkalů o hmotnosti 3 g, patrony byly následně ucpány vatou. Na přístroji byl zapnut přístup chladící vody, patrony byly vloženy do přístroje a k nim byl dodán příslušný vysušený a zvážený skleněný kelímek s množstvím petroletheru (první sada 75 ml, další sady 50 ml). Cyklus měl celkem tři fáze, v první byly patrony ponořeny v rozpouštědle, v druhé byly vytaženy z rozpouštědla a nechávaly se prokapat a v poslední fázi, kdy byly patrony vytaženy, probíhalo odpařování. Nádoby byly poté vloženy do sušárny o teplotě 103 °C na minimálně 1 hodinu a následně vloženy do exsikátoru. Po vychladnutí proběhlo zvážení vzorků na analytických vahách. Procentický obsah tuku byl stanoven na základě následujícího vzorce.

$$\text{Obsah tuku (\%)} = \frac{\text{hmotnost nádoby s tukem po vysušení (g)} - \text{hmotnost prázdné nádoby (g)}}{\text{navážka (g)}} \times 100$$

4.6 Stanovení stravitelnosti živin

Stravitelnost tuku byla provedena na základě zjištění obsahu tuku ve směsi a ve výkalech a indikátoru stravitelnosti v krmivech a vysušených výkalech. U krmných komponent, které nelze předkládat samostatně je nutné použít diferenční metodu stanovení stravitelnosti. Postup stanovení byl v souladu s doporučeními Kacerovského et al. (1990). Stravitelnost byla vypočítána dle následujícího vzorce.

$$\% \text{ stravitelnosti} = 100 - \frac{(\text{indikátor krmiva} \times \text{živina výkalů})}{(\text{indikátor výkalů} \times \text{živina krmiva})} \times 100$$

4.7 Statistické vyhodnocení

Zjištěné výsledky byly statisticky analyzovány prostřednictvím programu Statistica 12 (Statsoft). Pro vyhodnocení byly využity základní popisné analýzy (aritmetický průměr, střední chyba aritmetického průměru). Pro posouzení stravitelností byla využita regresní a korelační analýza a analýza rozptylu ANOVA s Tukeyho post-hoc testováním. Pro zhodnocení byla uvažována standardní hladina průkaznosti u biologických věd, tedy $\alpha = 0,05$.

5 Výsledky

Po výše uvedených rozborech bylo statisticky analyzováno celkem 15 vzorků krmiv (z původních 16) a 43 vzorků výkalů (z původních 48). K redukci vzorků došlo po zhodnocení struktury výkalů, která byla vyhodnocena jako nevyhovující s velkou příměsí nestrávených zbytků krmiva.

5.1 Obsah tuku, stravitelnost a energetická hodnota krmných směsí

Tabulka 6: Získané živinové údaje pro jednotlivé krmné směsi

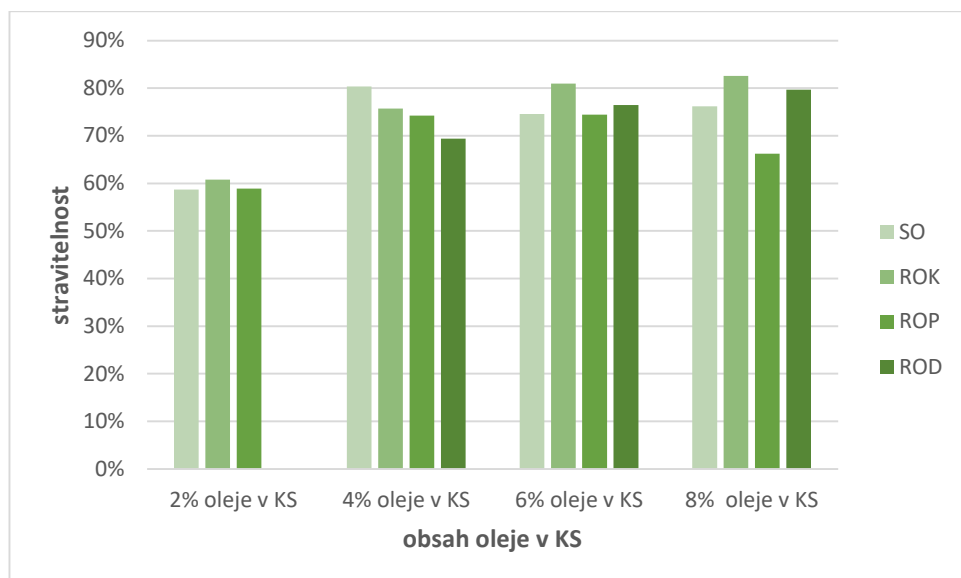
Hodnoty uváděné v tabulce jsou zprůměrované, dále byla určena střední chyba průměru

Vzorek krmiva	Obsah tuku v sušině %	Střední chyba pro tuk	Stravitelnost KS %	Střední chyba pro stravitelnost	Energetická hodnota KS (MJ/kg) *
SO2	2,97	0,048	58,70	0,06	23,07
SO4	5,31	0,462	80,37	1,06	31,58
SO6	5,82	0,113	74,58	2,75	29,31
SO8	7,06	0,033	76,18	1,94	29,94
ROK2	3,14	0,002	60,77	2,37	23,88
ROK4	4,96	0,039	75,70	0,96	29,75
ROK6	6,13	0,251	80,97	1,34	31,82
ROK8	6,66	0,186	82,58	1,42	32,46
ROP2	3,33	0,012	58,92	2,99	23,16
ROP4	4,94	0,066	74,24	0,93	29,18
ROP6	6,06	0,268	74,44	0,88	29,26
ROP8	6,40	0,182	66,23	2,35	26,03
ROD4	4,26	0,064	69,38	0,36	27,27
ROD6	5,43	0,205	76,48	2,51	30,06
ROD8	7,73	0,004	79,69	1,37	31,32

* Přepočteno na energetickou hodnotu, kterou tuk do krmné směsi přinese, proběhl pronásobením brutto energie tuku a zjištěného koeficientu stravitelnosti. Pro tento výpočet byla zvažována brutto energie 39,3 MJ/kg na základě norem NRC (1994).

Dle výše uvedené tabulky zcela nejvyšší hodnoty stravitelností dosahují krmné směsi s konzumním řepkovým olejem (ROK), a to v dávkách 6 a 8 % ve směsi. Tomu odpovídá i nejvyšší vnesená energetická hodnota do daných krmných směsí (31,82 a 32,46 MJ/kg). Naopak úplně nejnižší stravitelnost lze vidět u směsi se sójovým olejem (SO) v dávce 2 %, tedy hodnotu stravitelnosti 58,70 %. Stravitelnost KS s filtrovaným předlisovaným řepkovým olejem (ROP2) je lepší pouze o 0,22 %. Vnesená energetická hodnota těchto dvou tuků (23,07 a 23,16 MJ/kg) je adekvátně k tomu také ze všech nejnižší.

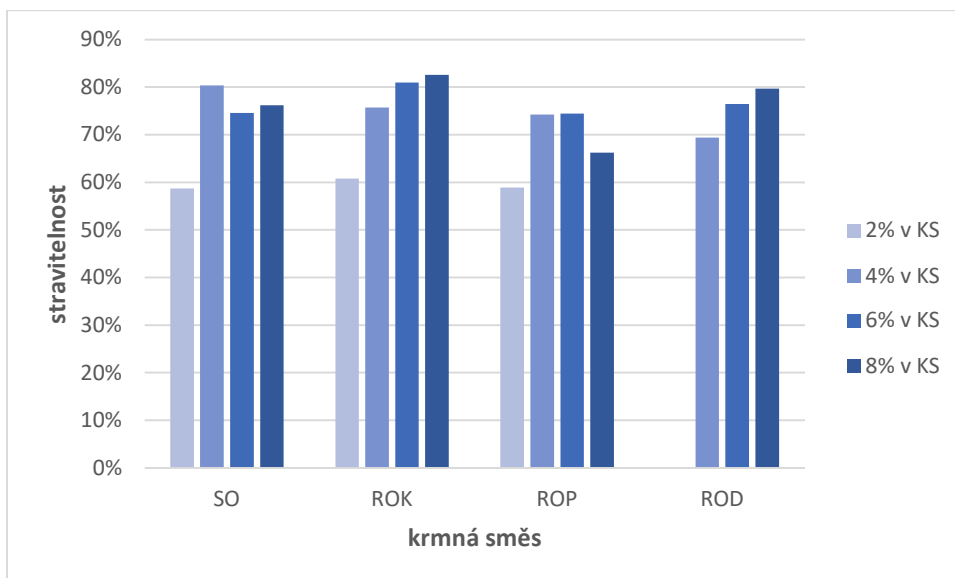
Největší množství tuku dle očekávání nalezneme ve směsích, kde byl tuk dávkován v koncentraci 8 %, naopak nejnižší množství je v dávkách 2 %. V případě krmných směsí ROK6 a ROK8 je mezi obsahem tuku rozdíl pouze 0,53 %. Stejně jako u vzorků ROP6 a ROP8, kde je rozdíl pouhých 0,34 %. Lze také vidět, že u vzorků ROK6 a ROK8 stravitelnost s vyšší dávkou oleje stoupá, zatímco u vzorků ROP6 a ROP8 stravitelnost s vyšší dávkou mírně klesá.



Graf 1: Stravitelnost jednotlivých krmných směsí v závislosti na procentuálním zastoupení oleje v dané směsi

Z grafu je jasně patrné, že je zde velký rozdíl ve stravitelnosti směsí s 2 % zařazených olejů, přičemž tyto hodnoty jsou mezi jednotlivými oleji velmi vyrovnané a mezi dávkami olejů nad 4 % v KS. Na základě experimentu lze říci, že jsou vyšší dávky olejů v krmné směsi (do 8 %) paradoxně lépe stravitelné, než dávky kolem 2 %. Toto tvrzení platí pro všechny využití oleje kromě filtrovaného řepkového oleje (dolis), který nebyl do analýzy v této dávce zahrnut.

V grafu je zároveň viditelná výrazně nižší stravitelnost KS s filtrovaným předlisovaným řepkovým olejem (ROP) v dávce 8 % oproti KS s ostatními druhy olejů v této dávce. Navíc je zároveň stravitelnost této KS nižší než stravitelnost všech KS s ostatními druhy olejů v dávkách 4 a 6 % včetně samotného ROP.



Graf 2: Porovnání stravitelnosti jednotlivých typů olejů dle procentuálního zastoupení v krmné směsi

Celková stoupající tendence stravitelnosti je v tomto grafu vidět u dvou typů krmných směsí - s konzumním řepkovým (ROK) a filtrovaným řepkovým olejem (dolis) (ROD). Ty mají také v 8% koncentraci nejvyšší stravitelnost.

Filtrovaný řepkový olej (předlis) (ROP) má velmi vyrovnanou stravitelnost v dávkách 4 a 6 %, naopak u dávky 8 % došlo k poklesu stravitelnosti o zhruba 8 % oproti těmto dvěma dávkám. U žádného jiného typu oleje není tento efekt patrný.

KS se sójovým olejem má nejnižší stravitelnost v dávce 2 % a naopak nejlépe se jeví v dávce 4 % ve směsi. O něco lepší stravitelnost je pak viditelná v případě 8 % dávky ve směsi oproti 6 %. Tento rozdíl ve stravitelnosti tvoří necelá 2 % (vypočteno na základě tabulky č. 6).

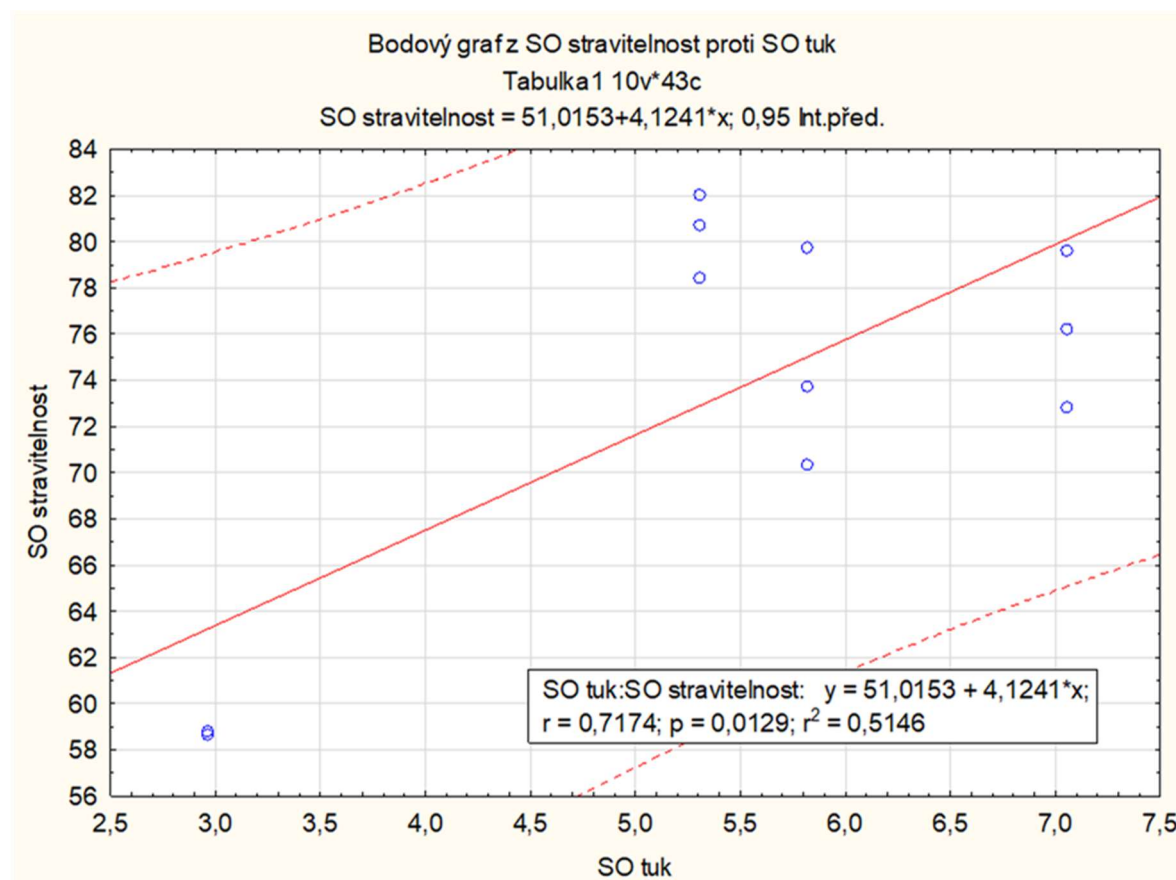
Tabulka 7: Rozdíly ve stravitelnosti jednotlivých krmných směsí s různou koncentrací a druhem přidávaného oleje, statisticky významné rozdíly jsou označeny červeně

	SO2	SO4	SO6	SO8	ROK2	ROK4	ROK6	ROK8	ROP2	ROP4	ROP6	ROP8	ROD4	ROD6	ROD8
SO2		0,000148	0,000351	0,000181	0,999964	0,000204	0,000148	0,000148	1,000000	0,000430	0,000379	0,314921	0,029616	0,000172	0,000148
SO4	0,000148		0,543690	0,908081	0,000148	0,824082	1,000000	0,999719	0,000148	0,457203	0,509226	0,000365	0,007034	0,944482	1,000000
SO6	0,000351	0,543690		0,999994	0,000463	1,000000	0,390661	0,120635	0,000401	1,000000	1,000000	0,090185	0,699807	0,999952	0,719695
SO8	0,000181	0,908081	0,999994		0,000192	1,000000	0,797191	0,389348	0,000191	0,999940	0,999984	0,020011	0,301050	1,000000	0,974473
ROK2	0,999964	0,000148	0,000463	0,000192		0,000232	0,000148	0,000148	0,999991	0,000605	0,000513	0,632704	0,071773	0,000178	0,000148
ROK4	0,000204	0,824082	1,000000	1,000000	0,000232		0,681597	0,285787	0,000225	0,999998	1,000000	0,031954	0,407575	1,000000	0,933162
ROK6	0,000148	1,000000	0,390661	0,797191	0,000148	0,681597		0,999994	0,000148	0,316503	0,360449	0,000261	0,003780	0,857486	1,000000
ROK8	0,000148	0,999719	0,120635	0,389348	0,000148	0,285787	0,999994		0,000148	0,090761	0,108015	0,000161	0,000763	0,461997	0,995502
ROP2	1,000000	0,000148	0,000401	0,000191	0,999991	0,000225	0,000148	0,000148		0,000501	0,000436	0,358766	0,035947	0,000178	0,000148
ROP4	0,000430	0,457203	1,000000	0,999940	0,000605	0,999998	0,316503	0,090761	0,000501		1,000000	0,119901	0,780361	0,999691	0,633872
ROP6	0,000379	0,509226	1,000000	0,999984	0,000513	1,000000	0,360449	0,108015	0,000436	1,000000		0,101062	0,732559	0,999894	0,686502
ROP8	0,314921	0,000365	0,090185	0,020011	0,632704	0,031954	0,000261	0,000161	0,358766	0,119901	0,101062		0,989927	0,014896	0,000608
ROD4	0,029616	0,007034	0,699807	0,301050	0,071773	0,407575	0,003780	0,000763	0,035947	0,780361	0,732559	0,989927		0,244891	0,013948
ROD6	0,000172	0,944482	0,999952	1,000000	0,000178	1,000000	0,857486	0,461997	0,000178	0,999691	0,999894	0,014896	0,244891		0,987898
ROD8	0,000148	1,000000	0,719695	0,974473	0,000148	0,933162	1,000000	0,995502	0,000148	0,633872	0,686502	0,000608	0,013948	0,987898	

V tabulce 7 lze vidět statisticky významný rozdíl ve stravitelnosti SO₂ oproti SO₄₋₆, ROK₄₋₈, ROP₄, ROP₆ a ROD₄₋₈. Dále je zde zdokumentovaný rozdíl mezi SO₄ oproti SO₂, ROK₂, ROP₂, ROP₈ a ROD₄. Patrný je i rozdíl mezi SO₆ a SO₂, ROK₂, ROP₂. Dále SO₈ oproti SO₂, ROK₂, ROP₂ a ROP₈. Krmná směs ROK₂ měla rozdílnou stravitelnost oproti SO₄₋₈, ROK₄₋₈, ROP₄, ROP₆ a ROD₆, ROD₈. Dále ROK₄ se lišil oproti SO₂, ROK₂, ROP₂, ROP₈. Vzorek ROK₆ se odlišoval stravitelností od SO₂, ROK₂, ROP₂, ROP₈, ROD₄. Dále ROK₈ má odlišnou stravitelnost než SO₂, ROK₂, ROP₂, ROP₈, ROD₄. Vzorek ROP₂ se odlišuje od všech ostatních kromě SO₂, ROK₂ a ROP₈. Naopak stravitelnost ROP₄ a ROP₆ se liší jen oproti SO₂, ROK₂, ROP₂. Vzorek ROP₈ má odlišnou stravitelnost oproti SO₄, SO₈, ROK₄₋₈, ROD₆, ROD₈. V poslední řadě se ROD₄ odlišuje od SO₂, SO₄, ROK₆, ROK₈, ROP₂ a ROD₈. ROD₆ se hodnotami odlišuje od SO₂, ROK₂, ROP₂ a ROP₈. Nakonec ROD₈, který má odlišnou stravitelnost oproti SO₂, ROK₂, ROP₈ a ROD₄.

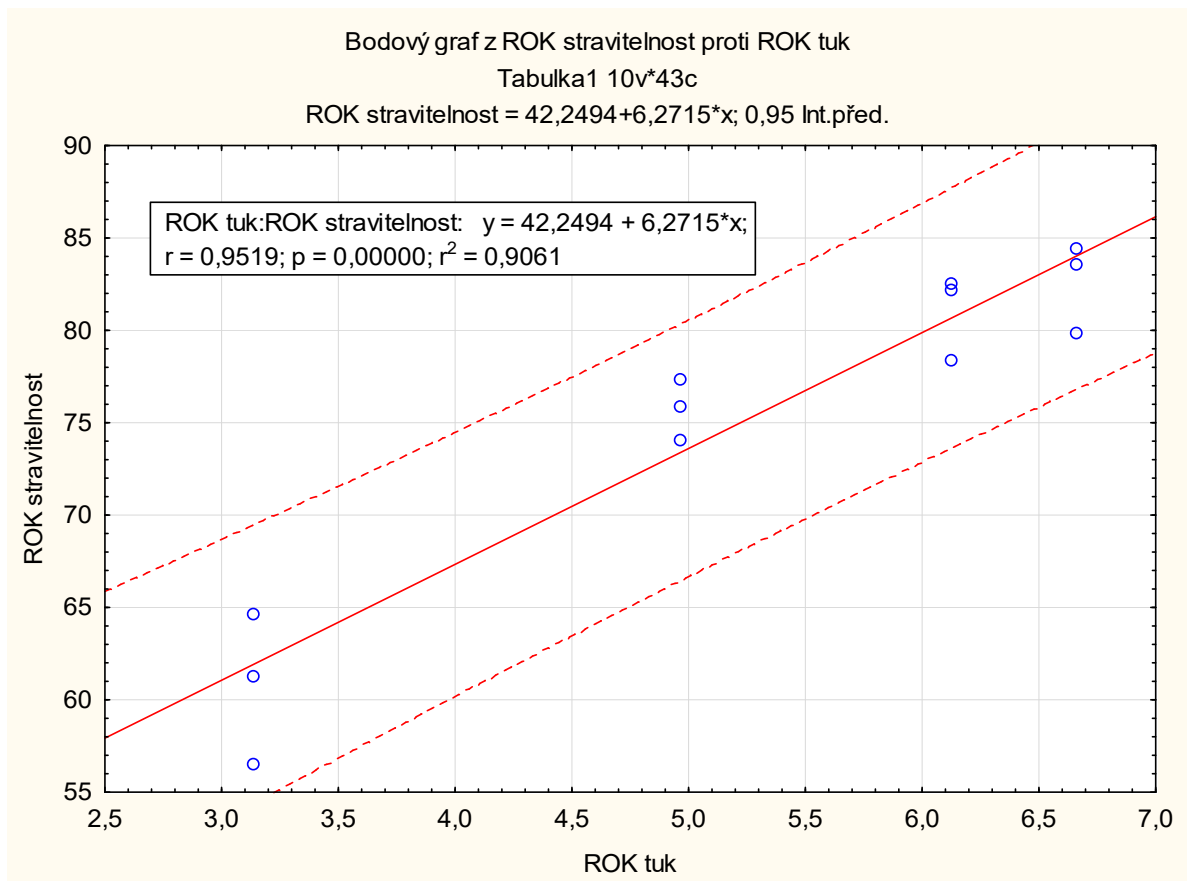
Z tabulky lze dále vyčíst, že největší odlišnosti ve stravitelnosti vůči ostatním krmným směsím vykazují vzorky SO₂ a ROP₂, o jeden rozdíl méně je to pak ROK₂. Jedná se vždy o směsi s 2 % daného oleje v krmné dávce.

5.2 Hodnocení vztahu mezi obsahem tuku ve směsi a její stravitelností



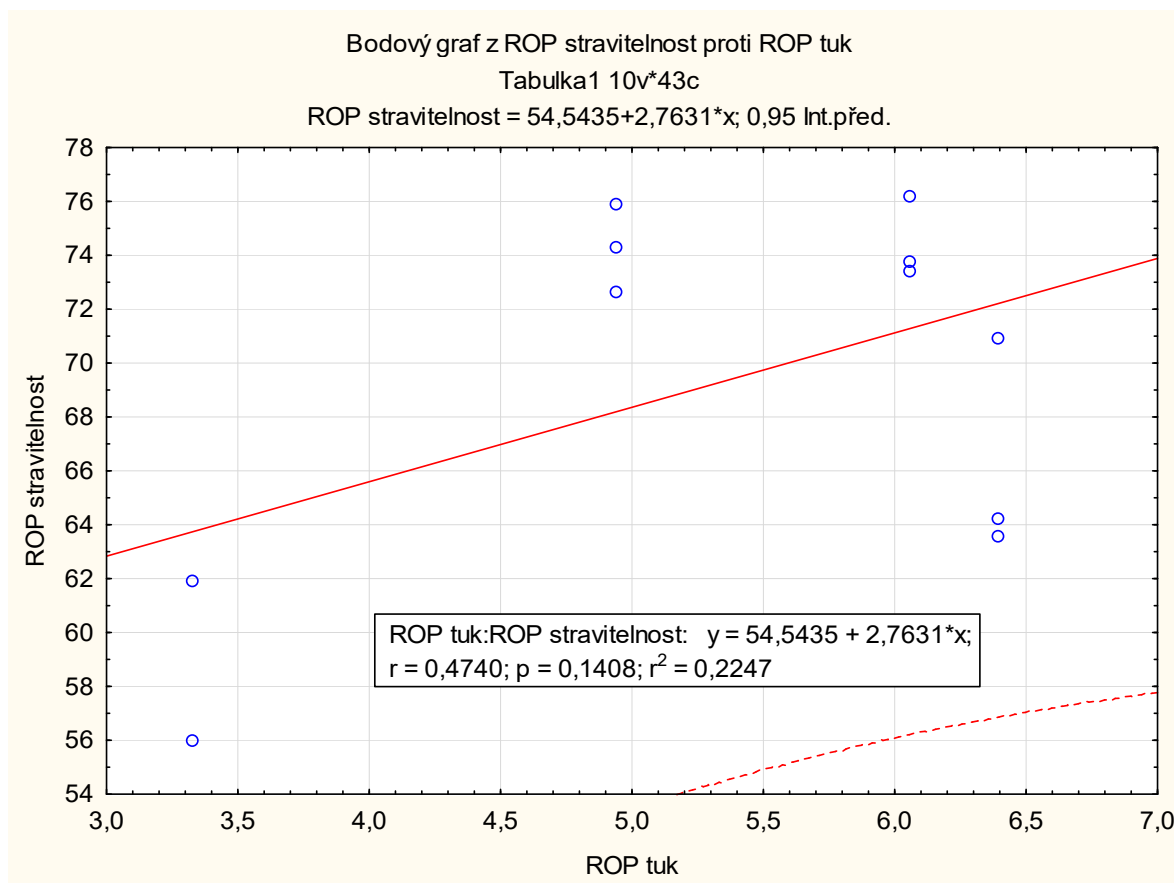
Graf 3: Závislost stravitelnosti KS se sójovým olejem na obsahu tuku v této KS

Hodnoty stravitelnosti na ose y i obsah tuku na ose x jsou udány v %. Na základě hodnoty korelačního koeficientu $r = 0,72$ lze říci, že mezi obsahem tuku v krmné směsi se sójovým olejem a stravitelností této krmné směsi existuje silná závislost, zároveň je mezi uvedenými hodnotami pozitivní korelace. Tedy se zvyšujícím se obsahem tuku v KS roste její stravitelnost. Závislost je statisticky průkazná, jelikož je hodnota $p < 0,05$. Koeficient determinace $r^2 = 0,51$ udává, že variabilita stravitelnosti této KS je z 51 % ovlivněna obsahem sójového oleje. Tato procentuální hodnota je tedy pro predikci energetické hodnoty nedostatečná.



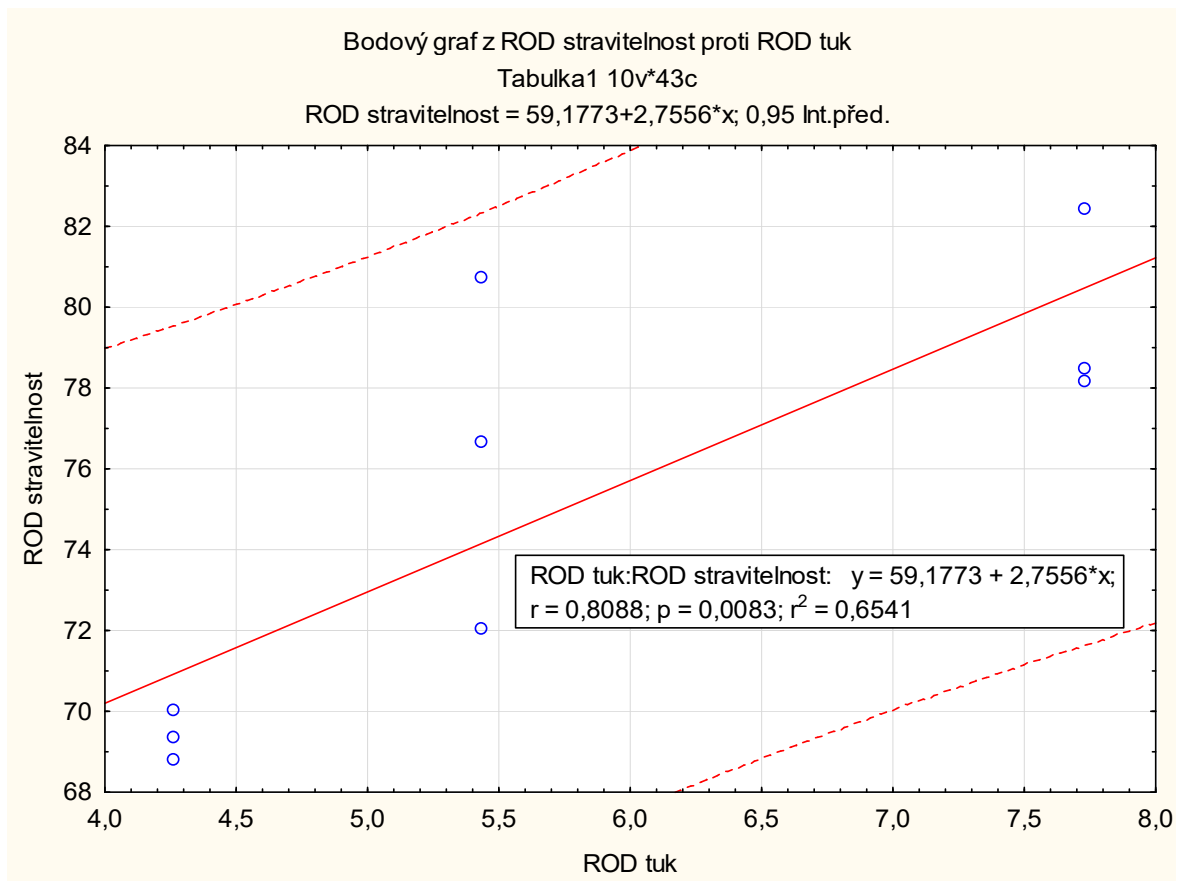
Graf 4: Závislost stravitelnosti KS s konzumním řepkovým olejem na obsahu tuku v této KS

Hodnoty stravitelnosti na ose y i obsah tuku na ose x jsou udány v %. Hodnota koeficientu korelace $r = 0,95$ udává, že mezi obsahem tuku v krmné směsi s konzumním řepkovým olejem a stravitelností této KS existuje silná závislost, zároveň je mezi uvedenými hodnotami pozitivní korelace. Tedy se zvyšujícím se obsahem tuku v KS roste její stravitelnost. Závislost je statisticky průkazná, jelikož je hodnota $p < 0,05$. Koeficient determinace $r^2 = 0,91$ udává, že variabilita stravitelnosti této KS je z 91 % ovlivněna obsahem konzumního řepkového oleje. Na základě determinačního koeficientu lze zvažovat možnost predikce energetické hodnoty pro tento konkrétní olej.



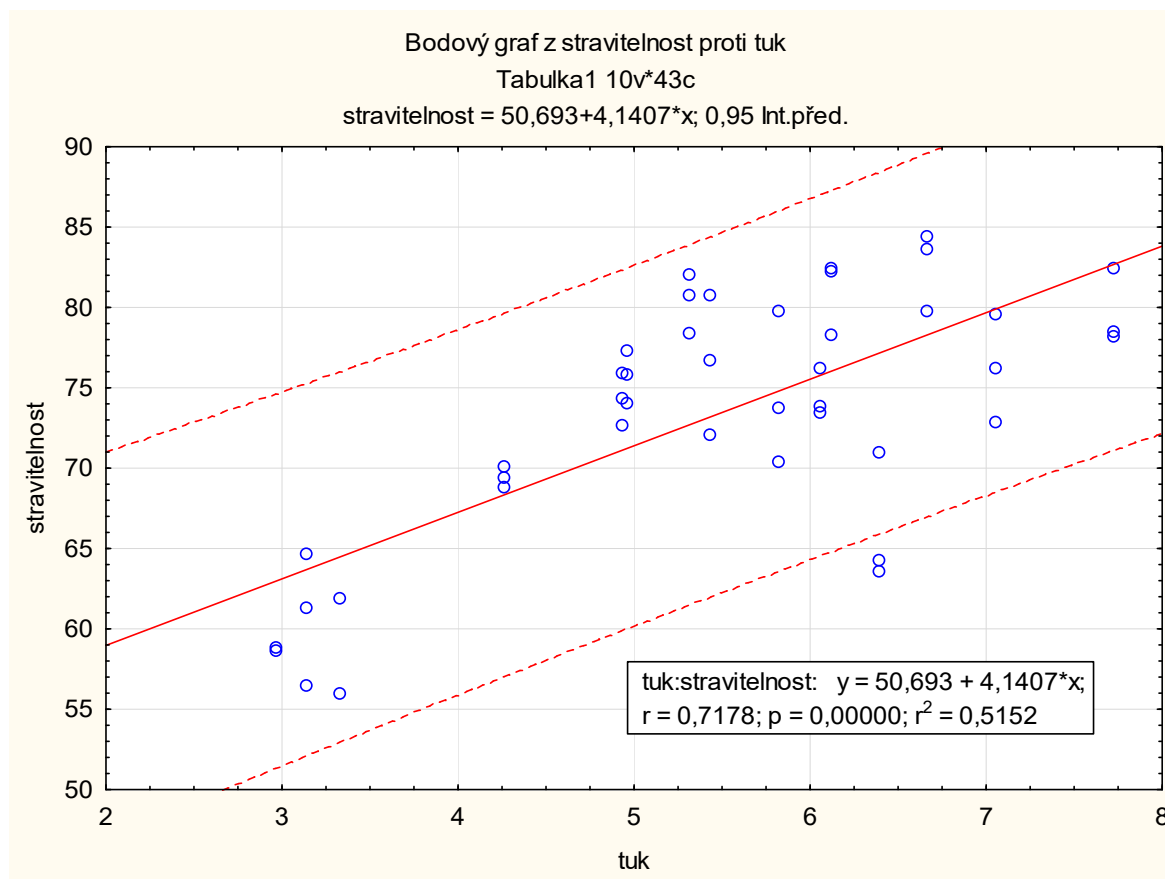
Graf 5: Závislost stravitelnosti KS s filtrovaným řepkovým olejem (předlis) na obsahu tuku v této KS

Hodnoty stravitelnosti na ose y i obsah tuku na ose x jsou udány v %. Na základě hodnoty korelačního koeficientu $r = 0,47$ lze říci, že mezi obsahem tuku v KS s předlisovaným filtrovaným řepkovým olejem a stravitelností této krmné směsi existuje středně silná závislost, zároveň je mezi uvedenými hodnotami slabší pozitivní korelace. Tedy se zvyšujícím se obsahem tuku v KS mírně roste její stravitelnost. Závislost je však statisticky neprůkazná, jelikož je hodnota $p > 0,05$. Koeficient determinace $r^2 = 0,22$ udává, že variabilita stravitelnosti této KS je pouze z 22 % ovlivněna obsahem předlisovaného filtrovaného řepkového oleje. Tato procentuální hodnota je tedy pro predikci energetické hodnoty nedostatečná.



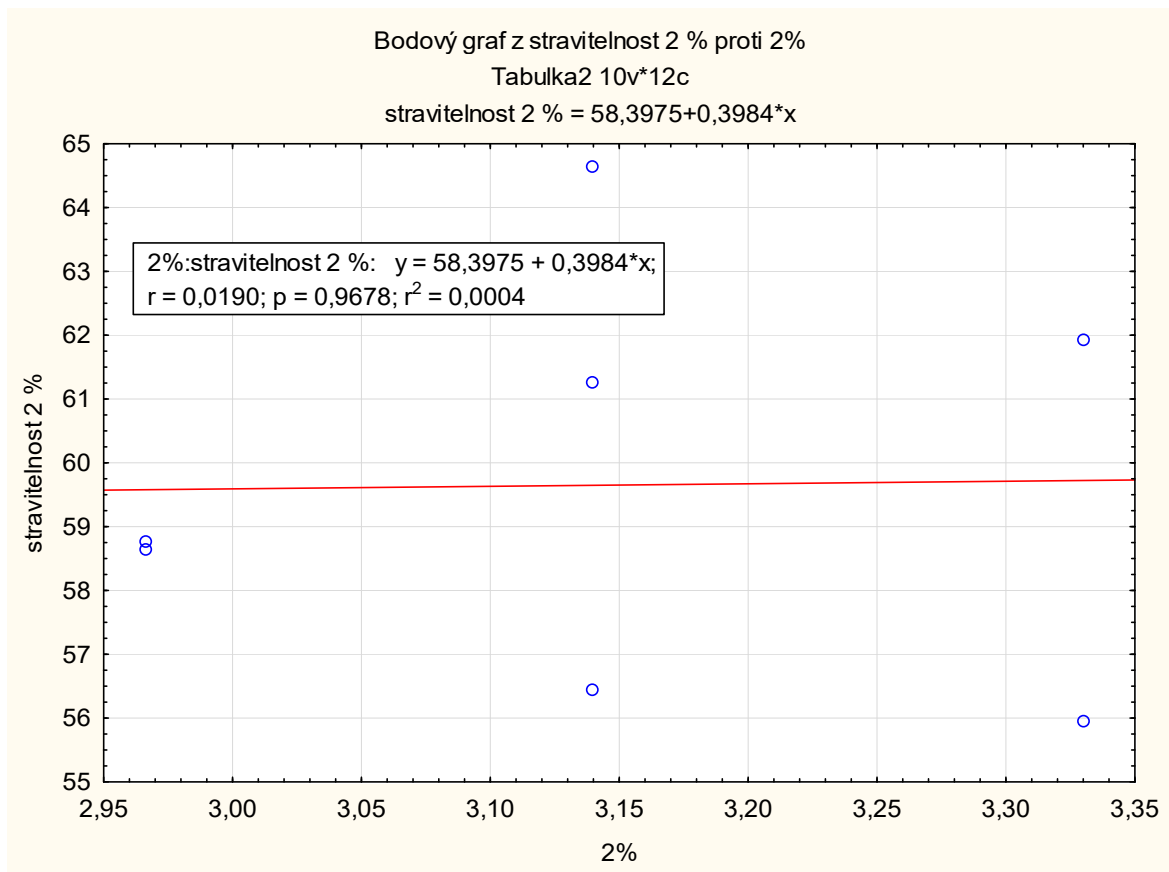
Graf 6: Závislost stravitelnosti KS s filtrovaným řepkovým olejem (dolís) na obsahu tuku v této KS

Hodnoty stravitelnosti na ose y i obsah tuku na ose x jsou udány v %. Hodnota koeficientu korelace $r = 0,81$ určuje silnou závislost mezi obsahem tuku v krmné směsi s filtrovaným řepkovým olejem (dolís) a stravitelností této KS. Je viditelná pozitivní korelace. Tedy se zvyšujícím se obsahem tuku v KS roste její stravitelnost. Závislost je statisticky průkazná, jelikož je hodnota $p < 0,05$. Koeficient determinace $r^2 = 0,65$ udává, že variabilita stravitelnosti této KS je z 65 % ovlivněna obsahem filtrovaného řepkového oleje z dolísu. Tato procentuální hodnota tedy není pro predikci energetické hodnoty dostatečně vysoká.



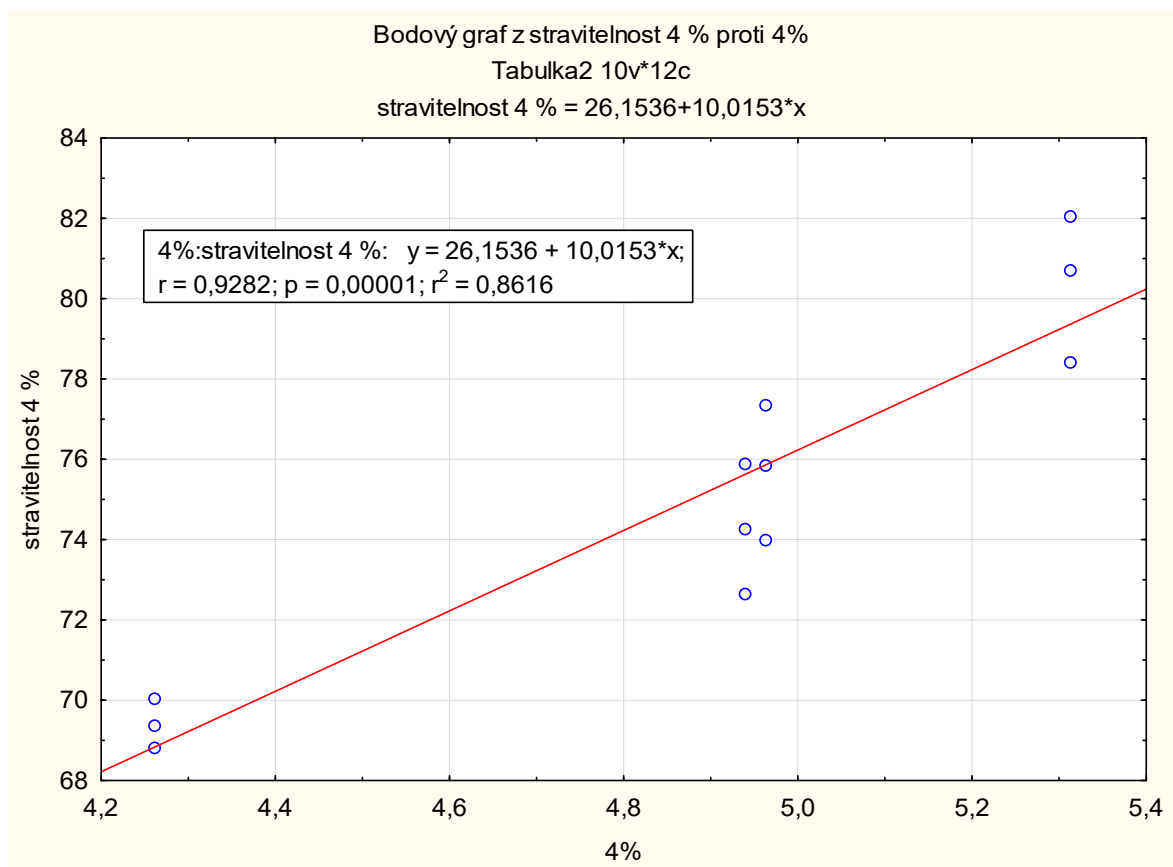
Graf 7: Závislost stravitelnosti KS na obsahu tuku v těchto KS

Zde je souhrnný graf, který znázorňuje stravitelnost a obsah tuku v jednotlivých krmných směsích. Hodnoty stravitelnosti krmných směsí na ose y i obsah tuku v těchto směsích na ose x jsou udány v %. Hodnota korelačního koeficientu $r = 0,72$ značí silnou pozitivní korelaci mezi obsahem tuku v jednotlivých krmných směsích a stravitelností těchto směsí. Z grafu lze vyčíst, že se zvyšujícím se obsahem tuků v jednotlivých krmných směsích roste jejich stravitelnost. Závislost je statisticky průkazná, jelikož je hodnota $p < 0,05$. Koeficient determinace $r^2 = 0,52$ udává, že variabilita stravitelnosti jednotlivých KS je z 52 % ovlivněna obsahem tuků v těchto směsích. Souhrnně lze dle této hodnoty říci, že není možné predikovat energetickou hodnotu respektive stravitelnost vnášených tuků do krmné směsi na základě bilančních pokusů.



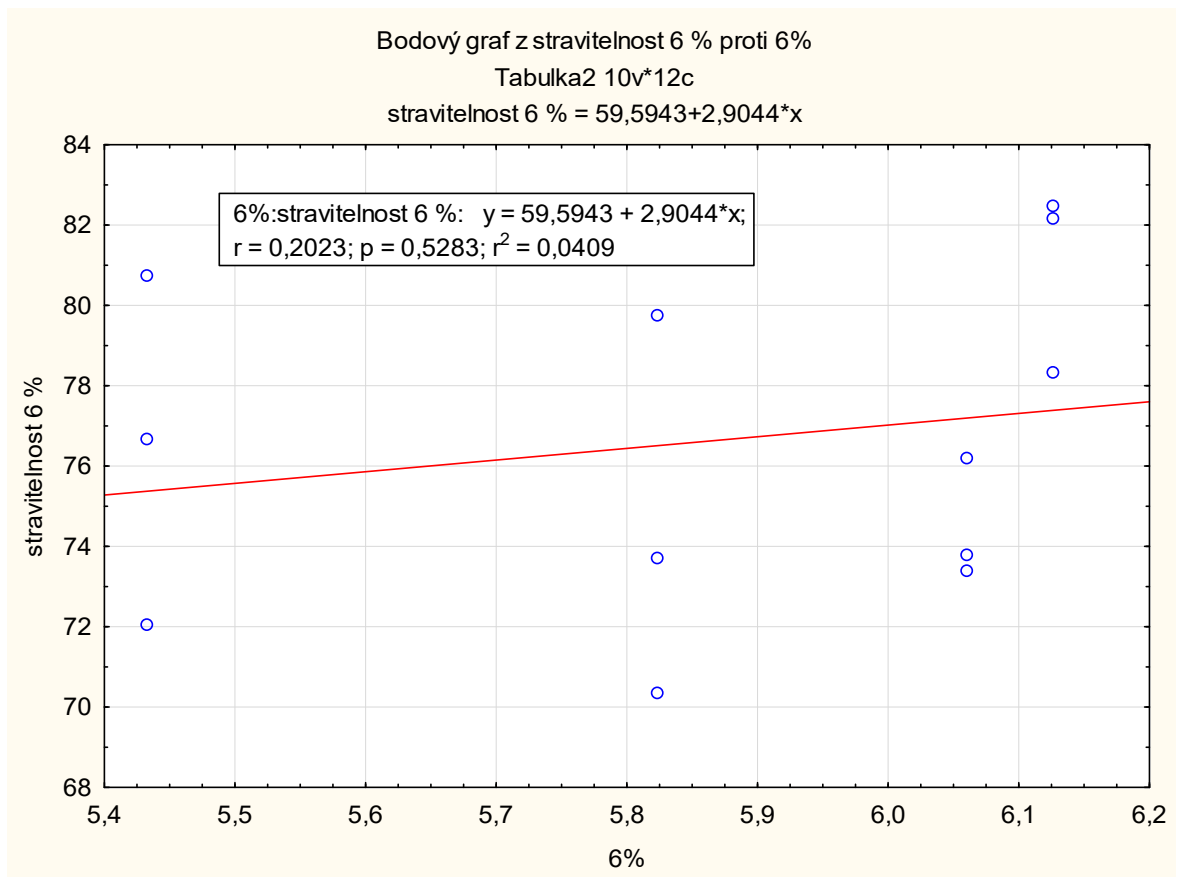
Graf 8: Závislost stravitelnosti KS s 2 % olejů na procentuálním zastoupení tuku ve směsi

Na základě hodnoty korelačního koeficientu $r = 0,02$ lze vyhodnotit, že mezi 2% obsahem tuku v krmných směsích a jejich stravitelností existuje pouze slabá závislost. Ta je však statisticky nevýznamná, jelikož je $p > 0,05$. Uvedeným zjištěním odpovídá i velmi nízký determinační koeficient $r^2 = 0,00$. Variabilita stravitelnosti krmných směsí s 2 % olejů zde není vysvětlována množstvím tuku ve směsi ani z 1 %.



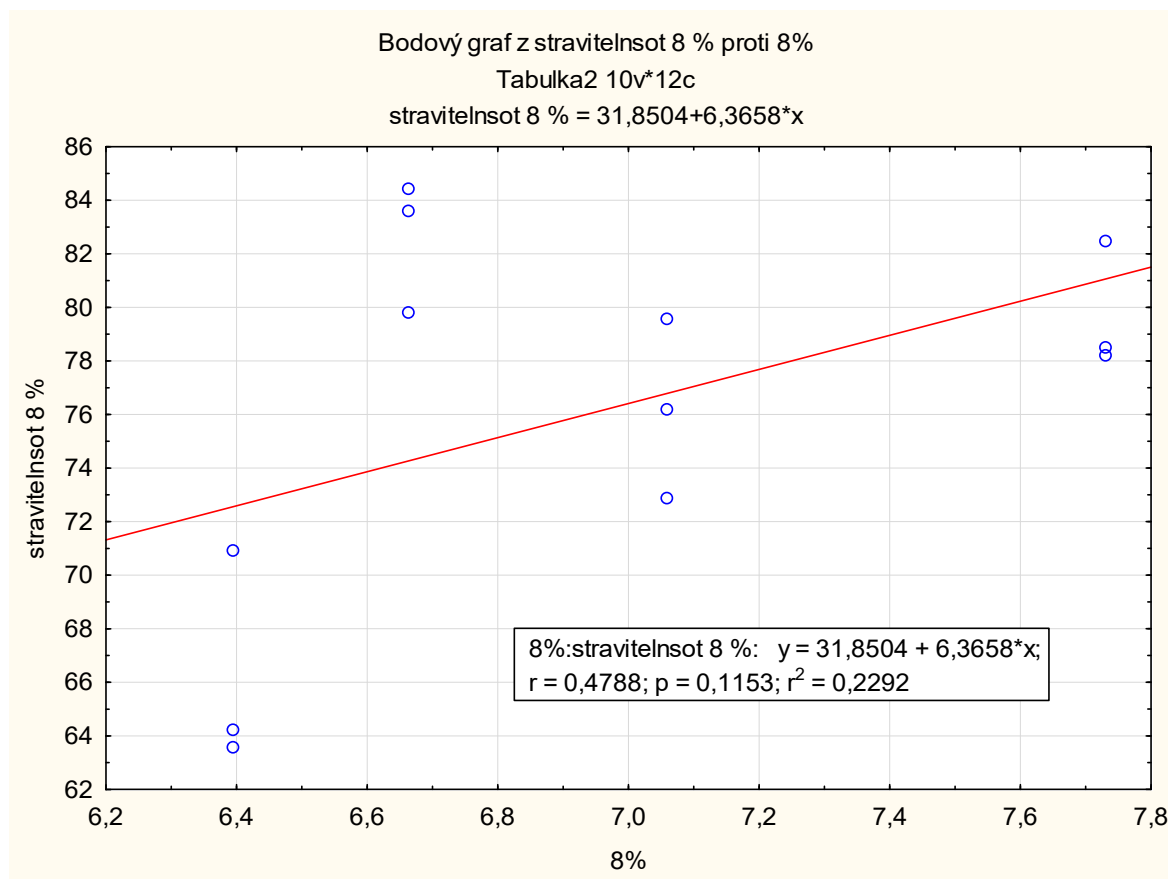
Graf 9: Závislost stravitelnosti KS se 4 % olejů na procentuálním zastoupení tuku ve směsi

Vysoká hodnota korelačního koeficientu $r = 0,93$ poukazuje na silnou závislost a pozitivní korelaci mezi 4% obsahem tuku v krmných směsích a jejich stravitelností. Závislost je statisticky významná, protože $p < 0,05$. Uvedeným zjištěním odpovídá i vysoký determinační koeficient $r^2 = 0,86$. Variabilita stravitelnosti krmných směsí se 4 % olejů závisí z 86 % na procentuálním množství tuku ve směsi.



Graf 10: Závislost stravitelnosti KS se 6 % olejů na procentuálním zastoupení tuku ve směsi

Koeficient korelace $r = 0,20$ značí slabou závislost stravitelnosti krmných směsí s 6 % oleje na celkovém procentuálním zastoupení tuku ve směsi. Závislost však nelze považovat za statisticky významnou, protože $p > 0,05$. Koeficient determinace $r^2 = 0,04$ je také velmi nízký, lze tedy říci, že variabilita stravitelnosti krmných směsí s 6 % olejů závisí na procentuálním množství tuku ve směsi pouze ze 4 %.



Graf 11: Závislost stravitelnosti KS s 8 % olejů na procentuálním zastoupení tuku ve směsi

Korelační koeficient $r = 0,48$ odpovídá střední závislosti mezi 8% obsahem tuku v krmných směsích a jejich stravitelností. Z grafu je patrná pozitivní korelace mezi uvedenými hodnotami. Závislost však nelze vyhodnotit jako statisticky významnou, protože $p > 0,05$. Nízká hodnota determinačního koeficientu $r^2 = 0,23$ poukazuje na fakt, že variabilita stravitelnosti krmných směsí s 8 % olejů závisí z 23 % na procentuálním množství tuku v těchto krmných směsích.

6 Diskuze

Doplňování tuků do krmných směsí nejen zchutňuje krmnou dávku, ale také byl prokázán vliv různých druhů zkrmovaných tuků a olejů na změnu poměru masných kyselin ve finálním produktu a zlepšení organoleptických vlastností masa, jelikož hlavním nositelem chuti je právě tuk (Alagawany et al. 2019).

Tuky v porovnání s ostatními živinami, vnášejí do směsi nejvyšší energetickou hodnotu. Míra stravitelnosti krmné směsi koresponduje s výší vnášené energetické hodnoty. Z tohoto pohledu je dle zjištěných výsledků nejvýhodnější zařadit do KS konzumní řepkový olej v dávce 6-8 %. Na základě provedeného experimentu bylo ověřeno, že v případě konzumního řepkového oleje a filtrovaného řepkového oleje z dolisu bylo možné zařadit do krmné směsi dávku až 8 % pouhým zamícháním, aniž by došlo ke snížení stravitelnosti těchto krmných směsí.

K dodání n-6 masných kyselin se nejlépe hodí sójový, řepkový případně slunečnicový olej. Pro doplnění n-3 masných kyselin lze doporučit také rybí nebo lněný olej. (Alagawany et al. 2019).

Ačkoli přidání n-6, ale zejména n-3 kyselin do stravy drůbeže s sebou přináší řadu zdravotních benefitů jak pro kuřata, tak pro spotřebitele, nelze opomenout, že hlavně n-3 kyseliny jsou náchylné k oxidaci a tato nestabilita může ovlivnit výslednou kvalitu masa a přijatelnost pro konzumaci, obzvláště pokud jsou brojleři v průběhu výkrmu vystaveni stresu. Z výsledků studií však jednoznačně vyplývá, že suplementace masných kyselin zlepšuje parametry kvality masa (Rymer & Givens 2005).

Bylo potvrzeno, že krmná dávka bohatá na oleje s kyselinou linolovou (slunečnicový, sójový olej) snižuje deponování tuku u brojlerů (zejména MUFA) oproti olejům s nasycenými masnými kyselinami (živočišné tuky) (Smink et al. 2010).

Lze také předpokládat, že ačkoli stravitelnost konzumního řepkového oleje a filtrovaného řepkového oleje (dolisu) v tomto experimentu kontinuálně rostla se zvyšující se dávkou v krmné směsi, docházelo k většímu ukládání kyseliny olejové v masu a k celkové změně poměru masných kyselin v těle. Tato hodnota však nebyla měřena. Z tohoto pohledu se tedy zdá výhodnější využít ke krmení olej sójový, který je svým složením spíše podobný slunečnicovému a je zde předpoklad zvýšení obsahu prospěšnějších n-6 masných kyselin v masu. Výše uvedená domněnka vychází ze závěrů Gallarda et al. (2012), kteří podávali řepkový olej v dávkách 0, 5, 10 a 15 % a s rostoucí dávkou oleje se lehce zvyšoval obsah kyseliny alfa-linolenové, ještě více vzrostl obsah kyseliny olejové a došlo k poklesu obsahu kyseliny linolové v masu, tuku i plazmě brojlerů.

Upřednostnit zařazení řepkového oleje do krmné směsi před sójovým olejem může však být výhodné z pohledu poměru n-6 a n-3 masných kyselin, který je lepší v případě řepkového oleje (Doppenberg & van der Aar 2010).

Literatura uvádí, že tuky a oleje s vyšším podílem nenasycených masných kyselin (olejová, linolová, alfa-linolenová, arachidonová) mají vyšší stravitelnost než tuky s nízkým poměrem nasycených a nenasycených kyselin (Doppenberg & van der Aar 2010). Toto tvrzení je však v rozporu se zjištěnou stravitelností KS se sójovým olejem, který má vyšší obsah kyseliny palmitové oproti ostatním hodnoceným olejům a jehož krmná směs v dávce 4 % byla

lépe stravitelná než všechny ostatní typy směsí. V dávce 6 % byla stravitelnost mezi sójovým olejem a filtrovaným předlisovaným řepkovým olejem velmi vyrovnaná a pouze o 1,9 % menší než stravitelnost KS s filtrovaným řepkovým olejem z dolisu. V dávce 8 % v krmné směsi byl sójový olej významně lépe stravitelný než filtrovaný předlisovaný řepkový olej, a to až o téměř 10 %. Pro hodnocení je však třeba vzít v úvahu celkové složení veškerého tuku v krmné směsi. V receptuře byla z 23 % obsažena kukuřice, jejíž průměrný obsah tuku je dle INRA (2004) 3,7 %. Kyselina linolová je v kukuřici zastoupena v 56,5 % a olejová v 26,9 %. Dále je uvedeno, že do směsi vnáší 13,1 MJ/kg ME_N. V této KS však přidaný tuk tvořil relativně vyšší podíl z celkového tuku, proto by poměr nasycených a nenasycených kyselin měl být určován primárně zdrojem tohoto přidaného tuku.

Pro podniky, kde je hlavní forma zkrmovaného tuku v živočišné podobě lze doporučit přidání rostlinných olejů do krmné směsi v poměru 3:1 pro rostlinné oleje. Na základě studií lze využít právě kombinaci sójového oleje a hovězího loje, která prokazatelně zlepšila hodnotu metabolizovatelné energie směsi. Bylo potvrzeno, že smíchání živočišných tuků s rostlinnými oleji vyvolává synergický efekt, který má potenciál zlepšit využití nasycených tuků. Výhoda tohoto smíchání částečně vychází z přirozených emulgačních účinků nenasycených mastných kyselin, které jsou obsaženy v rostlinných olejích. Hodnota metabolizovatelné energie je vyšší pro kombinaci těchto tuků v krmné dávce, než pokud by byl živočišný tuk krmem samostatně (Ravindran et al. 2016).

Hodnocení energetického přínosu jednotlivých doplňovaných tuků a jejich porovnávání v kontextu ostatních studií je velmi složité, jelikož se ke stanovení bilanční metabolizovatelné energie krmiv využívá několik různých metod a výsledky získané odlišnými metodami se ne vždy shodují. Tuky a oleje jsou také do krmných dávek přidávány v různé míře. Zmíněné metody navíc předpokládají, že je trávení lipidů nezávislé na složení potravy a že dodávaný tuk nemění využití jiných složek krmné směsi. Nicméně tyto předpoklady také nejsou vždy správné (Ravindran et al. 2016). Příkladem může být interakce mezi neškrobovými polysacharidy a stravitelností tuků, případně vliv synergismu nasycených a nenasycených mastných kyselin (Wiseman & Lessire 1987; Dänicke 2001). V tomto experimentu byla bilanční metabolizovatelná energie zjištěna vynásobením tabulkové brutto energie 39,3 MJ/kg (na základě údajů INRA 2004) s koeficientem stravitelnosti, tzn. byly zanedbány ztráty energie v moči a plynech, které byly považovány za minimální.

Samotné stanovení ME_N olejů s sebou také přináší řadu dalších komplikací. Nelze je testovat odděleně od ostatních složek potravy a do krmné směsi mohou být zařazeny pouze v nízkých hladinách, hlavně z důvodu změny struktury krmiva a vlivu na stravitelnost ostatních živin. Navíc úroveň začlenění tuku sama o sobě ovlivňuje jeho stravitelnost a stanovený obsah ME_N, což koresponduje se zjištěnými výsledky v tomto experimentu (Ravindran et al. 2016).

Co je již se zjištěnými výsledky v rozporu, je tvrzení Wisemana (1990), že tuky jsou efektivněji využívány při nižší míře inkluze tuku v krmné dávce. Toto tvrzení je přijímáno jako obecně platná teze. V tomto experimentu se však překvapivě stravitelnost zvyšovala s rostoucí mírou zastoupení tuku v krmné směsi. Nejvýraznější rozdíl je vidět mezi 2 % dávkou a všemi ostatními, což potvrzuje i provedená analýza ANOVA. V případě konzumního řepkového oleje a filtrovaného řepkového oleje z dolisu byla naopak stravitelnost i energetická hodnota nejvyšší při 8 % dávce těchto olejů. Naopak nejhůře byly využívány oleje v dávce 2 %. Navíc v tomto pokusu byly tuky pouze zamíchány do krmné směsi, která nebyla peletovaná ani granulovaná.

Pokud je třeba do granulované krmné směsi zařadit tuk v dávce větší než 5 %, je obecně doporučováno využít nástřik na granule. Výhoda této technologie spočívá také v možnosti přimíchání biologicky aktivních termolabilních látek (např. vitamíny, enzymy). Nevýhodou jsou vyšší ekonomické náklady na provoz linky (Zelenka 2014).

Předlisovaný olej odpovídá charakteristikám nerafinovaných materiálů. Vyjma větší přítomnosti volných mastných kyselin, které jsou v tomto ohledu považovány za negativní, tento typ obsahuje také látky prospěšné, jako jsou polyfenoly, karotenoidy a tokoferoly, jež jsou obecně považovány za antioxidanty. Konkrétně karotenoidy hrají klíčovou roli v oxidační stabilitě olejů, navíc ve formě beta-karotenu figurují jako provitamin A a obsahují barviva. Bylo zaznamenáno, že rafinace řepkového oleje snižuje obsah přítomného beta-karotenu až o 88,91 %. Z tohoto pohledu by se mohlo zdát výhodné využít filtrovaný předlisovaný řepkový olej. Z hlediska zjištěné snížené stravitelnosti v dávce 8 % však doporučuji použít tuto formu oleje v krmné směsi v koncentraci 4 maximálně 6 %. Příčinou snížené stravitelnosti v koncentraci 8 % může být právě obsah volných mastných kyselin. Je navíc prokázáno, že se zvyšujícím se množstvím nerafinovaného oleje ve směsi se také zvyšuje podíl volných mastných kyselin (Hashempour-Baltork et al. 2022).

Benefitem zařazení větší množství dávky tuku do stravy by mohlo být snížení konverze krmiva beze změny užitkových vlastností, jak dokumentuje jedna ze studií. Zde navýšení procentické dávky tuku ve směsi ze 3. na 6 % vedlo k mírnému poklesu konverze, tento pokles však nebyl nijak markantní (Pesti et al. 2002). Zmíněná proměnná nicméně v tomto experimentu nebyla předmětem zkoumání.

Je třeba také věnovat pozornost obsahu vlákniny v krmné směsi. Diety s vysokým obsahem tuku a nízkým obsahem vlákniny významně zvýšily obsah glukózy a snížily triglyceridy v séru brojlerů prostřednictvím ovlivnění střevního mikrobiomu. Tato skutečnost může prospět růstové výkonnosti brojlerů (Jiang et al. 2024).

Jedním z argumentů, proč nepřidávat olej do krmné dávky ve vysokých koncentracích, je ověřený fakt, že nadměrné hladiny energie snižují využití bílkovin. Vlivem toho dochází u brojlerů mimo jiné k útlumu růstu. Bylo však také prokázáno, že pokud jsou dodrženy správné poměry obsahu energie a hrubého proteinu ve stravě, lze se těmto negativním následkům vyhnout. Autoři také zdůrazňují skutečnost, že s rostoucí hladinou energie ve stravě se úměrně tomu zvyšuje potřeba methioninu u kuřat (Dairo et al. 2010).

Byla publikována studie, která porovnávala různé energetické hladiny (12,73; 13,06; 13,40; 13,73 MJ/kg) v krmných dávkách brojlerů. Prokázalo se, že zvyšující se hladiny metabolizovatelné energie snížily zdánlivou ileální stravitelnost sušiny a celkového škrobu, nicméně neovlivnily hladiny dalších živin (Massuquetto et al. 2020).

Také byla prokázána zbytečnost vysokého množství energie ve formě tuků ve startérových dietách, jelikož brojleři v prvních dnech života nemají dostatečně velkou aktivitu pankreatické lipázy a tudíž nemohou využít množství tuku ve stravě, což také koresponduje s tvrzením, že vysoký obsah lipidů nevedl k jejich lepší užitkovosti (Maiorka et al. 2008).

Jelikož je věk brojlerů významným faktorem, který ovlivňuje energetickou hodnotu tuku resp. jeho využívání kuřaty je třeba vyzdvihnout, že v experimentu bylo pracováno s brojlerem ve stáří 35 dnů. Na základě výsledků Tancharoenrat et al. (2013) by se po 4. týdnu života kuřat neměla metabolizovatelná energie tuků již výrazně měnit. Ve zmíněné studii také nebyla

zjištěna žádná interakce mezi zdrojem tuku a věkem brojlerů, což ukazuje, že vliv věku na ME_N je podobný pro všechny zdroje tuku.

Na podkladu zjištěných statistických výsledků v tomto experimentu (zejména koeficientu determinace a hodnoty p) však nelze z bilančních pokusů na drůbeži predikovat stravitelnost respektive energetickou hodnotu tuků, které jsou do směsí zařazeny. Koeficient determinace 52 % v případě souhrnného srovnání závislosti stravitelnosti krmných směsí na obsahu tuků není dostatečně průkazný pro zjištění energetické hodnoty. Lze nicméně uvažovat o tom, že pro konzumní řepkový olej by tato predikce mohla být využitelná, jelikož zde koeficient determinace dosahoval 91 %. Pro přesnější stanovení by ale muselo být využito větší množství vzorků. V tomto experimentu byl počet hodnocených vzorků nízký a tím pádem je i výsledek zatížen větší chybovostí. V případě většího množství vzorků by dle mého názoru došlo k opačnému závěru pro zadanou hypotézu.

Nakonec je důležité zmínit, že při využití bilančních pokusů v experimentu nikdy nelze dosáhnout stoprocentní bezchybnosti, jelikož je zde velké množství faktorů, které mohou výsledky ovlivnit. Jedná se o práci s biologickým materiálem a nelze např. zaručit, že brojleři nebudou vyhazovat krmení, že část trusu nebude kontaminována, mohou nastat chyby při odběru vzorků nebo i přes snahu o uniformitu hejna může hrát roli i variabilita mezi jednotlivci.

7 Závěr

- Na základě bilančních pokusů na brojlerových kuřatech byla v této práci stanovena a porovnána stravitelnost respektive energetická hodnota sójového oleje, konzumního řepkového oleje a filtrovaného řepkového oleje z předlisu a dolisu v dávkách 2, 4, 6 a 8 % v krmné směsi. Jedná se o běžně využívané druhy olejů v krmných směsích pro brojlerová kuřata.
- Na základě ANOVY bylo prokázáno, že existuje statisticky významný rozdíl ve stravitelnosti všech olejů v koncentraci 2 % oproti stravitelnosti těchto olejů ve všech ostatních koncentracích (4, 6, 8 %).
- Výsledky jsou v rozporu s všeobecným přesvědčením, že s vyšší mírou inkluze tuku v krmné směsi stravitelnost klesá. Pro konzumní řepkový olej a filtrovaný řepkový olej (dolis) byla stanovena nejvyšší stravitelnost při koncentraci 8 % v krmné směsi. Pro konzumní řepkový olej byla v této dávce stanovena nejvyšší stravitelnost respektive energetická hodnota vůbec (82,58 %; 32,46 MJ/kg). Sójový olej má nejvyšší stravitelnost resp. energetickou hodnotu v koncentraci 4 % (80,37 %; 31,58 MJ/kg) filtrovaný předlisovaný řepkový olej má nejlepší stravitelnost v dávce 6 resp. 4 %, jelikož rozdíly jsou v těchto dávkách minimální (74,44 %; 29,26 MJ/kg vs. 74,24%; 29,18 MJ/kg).
- Na základě regresní analýzy a zjištěného koeficientu determinace případně hodnoty p byla zamítnuta stanovená hypotéza, že na základě bilančních pokusů je možno odvodit stravitelnost respektive energetickou hodnotu tuků v kompletních krmných směsích pro produkčně chované druhy ptáků. Souhrnný koeficient determinace 52 % není dostatečně průkazný pro predikování stravitelnosti. Je však pravděpodobné, že pokud by došlo k navýšení počtu vzorků v pokusu, experiment by mohl být průkazný.

8 Literatura

Aardsma MP, Mitchell RD, Parsons CM. 2017. Relative metabolizable energy values for fats and oils in young broilers and adult roosters. *Poultry Science* 96: 2320-2329.

Abdollahi MR, Ravindran V, Svihus B. 2013. Pelleting of broiler diets: An overview with emphasis on pellet quality and nutritional value. *Animal Feed Science and Technology* 179: 1-23.

Abudabos AM. 2013. Feeding alternative source of fat to broilers. *Researcher* 5: 84-87.

Aftab U. 2019. Energy and amino acid requirements of broiler chickens: keeping pace with the genetic progress. *World's Poultry Science Journal* 75: 507-514.

Alagawany M, Elnesr SS, Farag MR, Abd El-Hack ME, Khafaga AF, Taha AE, Tiwari R, Yattoo MI, Bhatt P, Khurana SK, Dhama K. 2019. Omega-3 and Omega-6 Fatty Acids in Poultry Nutrition: Effect on Production Performance and Health. *Animals* 9: 573-592.

Alhotan RA. 2021. Commercial poultry feed formulation: current status, challenges, and future expectations. *World's Poultry Science Journal* 77: 279-299.

Amit-Romach E, Sklan D, Uni Z. 2004. Microflora ecology of the chicken intestine using 16S ribosomal DNA primers. *Poultry Science* 83: 1093-1098.

Aviagen. 2018. Technologický postup pro výkrm brojlerů Ross [online]. Dostupné z: https://aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/Czech_TechDocs/Ross-BroilerHandbook2018-CZ.pdf

Aziz-Aliabadi F, Hassanabadi A, Golian A, Zerehdaran S. 2021. Optimisation of broilers performance to different dietary levels of fibre and different levels and sources of fat from 0 to 14 days of age. *Italian Journal of Animal Science* 20: 395-405.

Baião NC, Lara LJC. 2005. Oil and Fat in Broiler Nutrition. *Brazilian Journal of Poultry Science* 7: 129-141.

Benyi K, Tshilate TS, Netshipale AJ, Mahlako KT. 2015. Effects of genotype and sex on the growth performance and carcass characteristics of broiler chickens. *Tropical Animal Health and Production* 47: 1225-1231.

Bilgili SF. 2002. Slaughter quality as influenced by feed withdrawal. *World's Poultry Science Journal* 58: 123-130.

Bizeray D, Leterrier C, Constantin P, Picard M, Faure JM. 2002. Sequential Feeding can Increase Activity and Improve Gait Score in Meat-Type Chickens. *Poultry Science* **81**: 1798-1806.

Bozkurt M, Aysul N, Küçükyılmaz K, Aypak S, Ege G, Çatli AU, Akşit H, Çöven F, Seyrek K, Çınar M. 2014. Efficacy of in-feed preparations of an anticoccidial, multienzyme, prebiotic, probiotic, and herbal essential oil mixture in healthy and *Eimeria spp.*-infected broilers. *Poultry Science* **93**: 389-399.

Carew LB Jr., Machemer RH Jr., Sharp RW, Foss DC. 1972. Fat Absorption by the Very Young Chick. *Poultry Science* **51**: 738-742.

Çenesiz AA, Çiftci I. 2020. Modulatory effects of medium chain fatty acids in poultry nutrition and health. *World's Poultry Science Journal* **76**: 234-248.

Classen HL. 2017. Diet energy and feed intake in chickens. *Animal Feed Science and Technology* **233**: 13-21.

Cobb Germany. 2012. Cobb500 Brojler: doporučení pro výkrm brojlerů. [online]. Dostupné z: https://www.best-opava.com/wp-content/uploads/2014/02/Doporuceni_vykrm_Cobb.pdf

Coon CN. 2002. Broiler Nutrition. Pages 243-266 in Bell DD, Weaver WD, editors. *Commercial Chicken Meat and Egg Production*. Springer, Boston.

Crespo N, Esteve-Garcia E. 2001. Dietary fatty acid profile modifies abdominal fat deposition in broiler chickens. *Poultry Science* **80**: 71-78.

Da Costa MJ, Zaragoza-Santacruz S, Frost TJ, Halley J, Pesti GM. 2017. Straight-run vs. sex separate rearing for 2 broiler genetic lines Part 1: Live production parameters, carcass yield, and feeding behavior. *Poultry Science* **96**: 2641-2661.

Dairo FAS, Adesehinwa AOK, Oluwasola TA, Oluyemi JA. 2010. High and low dietary energy and protein levels for broiler chickens. *African Journal of Agricultural Research* **5**: 2030-2038.

Dänicke S. 2001. Interaction between Cereal Identity and Fat Quality and Content in Response to Feed Enzymes in Broilers. Pages 199-236 in Bedford MR, Partridge GG, editors. *Enzymes in Farm Animal Nutrition*. Cabi Publishing, United Kingdom.

Dawson LC, Widowski TM, Liu Z, Edwards AM, Torrey S. 2021. In pursuit of a better broiler: a comparison of the inactivity, behavior, and enrichment use of fast- and slower growing broiler chickens. *Poultry Science* (100: 101451). DOI: 10.1016/j.psj.2021.101451.

Doppenberg J, van der Aar PJ. 2010. Facts about fats: A review of the feeding value of fats and oils in feeds for swine and poultry. Wageningen Academic Publishers, Netherlands.

Dozier WA, Behnke KC, Gehring CK, Branton SL. 2010. Effects of feed form on growth performance and processing yields of broiler chickens during a 42-day production period. *Journal of Applied Poultry Research* **19**: 219-226.

England A, Gharib-Naseri K, Kheravii SK, Wu SB. 2023. Influence of sex and rearing method on performance and flock uniformity in broilers—implications for research settings. *Animal Nutrition* **12**: 276-283.

Gallardo MA, Pérez DD, Leighton FM. 2012. Modification of fatty acid composition in broiler chickens fed canola oil. *Biological Research* **45**: 149-161.

Hascik P, Kacaniova M, Mihok M, Pochop J, Benzova E. 2010. Performance of Various Broiler Chicken Hybrids Fed with Commercially Produced Feed Mixtures. *International Journal of Poultry Science* **9**: 1076-1082.

Hashempour-Baltork F, Farshi P, Alizadeh AM, Azadmard-Damirchi S, Torbati M. 2022. Nutritional Aspects of Vegetable Oils: Refined or Unrefined?. *European Journal of Lipid Science and Technology* (2100149) DOI: 10.1002/ejlt.202100149.

Chewning CG, Stark CR, Brake J. 2012. Effects of particle size and feed form on broiler performance. *Journal of Applied Poultry Research* **21**: 830-837.

Choct M. 1997. Feed Non-Starch Polysaccharides: Chemical Structures and Nutritional Significance. *Feed milling international* **191**: 13-26.

Jiang Q, Zhao L, Ban Z, Zhang B. 2024. Different fat-to-fiber ratios by changing wheat inclusion level impact energy metabolism and microbial structure of broilers. *Frontiers in Microbiology* (1298262) DOI: 10.3389/fmicb.2024.1298262.

Kacerovský O, a kol. 1990. Zkoušení a posuzování krmiv. Státní zemědělské nakladatelství, Praha.

Kim DH, Yoo YM, Kim SH, Jang BG, Park BY, Cho SH, Seong PN, Hah KH, Lee JM, Kim YK, Hwang IH. 2007. Effect of the Length of Feed Withdrawal on Weight Loss, Yield and Meat Color of Broiler. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* **20**: 106-111.

Kodeš A, Výmola J. a kol. 2003. Základy moderní výživy drůbeže. Česká zemědělská univerzita, Praha.

Leeson S, Summers JD. 2005. *Commercial Poultry Nutrition*, 3rd ed. Nottingham University Press, England.

Madsen CK, Pettersson D, Hjortshøj R, Katholm A, Brinch-Pedersen H. 2018. Superior Growth Rates in Broilers Fed Wheat with Low In Vitro Feed-Xylanase Inhibition. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **66**: 4044-4050.

Maiorka A, Laurentiz AC, Santin E, Araújo LF, Macari M. 2002. Dietary Vitamin or Mineral Mix Removal During the Finisher Period on Broiler Chicken Performance. *Journal of Applied Poultry Research* **11**: 121-126.

Maiorka A, Dahlke F, Santin E, Bruno LDG, Macari M. 2008. Energy and oil levels in broiler starter diets. *Ciência Rural* **38**: 1099-1104.

Massuquetto A, Panisson JC, Schramm VG, Surek D, Krabbe EL, Maiorka A. 2020. Massuquetto, A., et al. "Effects of feed form and energy levels on growth performance, carcass yield and nutrient digestibility in broilers. *Animal* **14**: 1139-1146.

Mohamed MA, Hassan HMA, Amani WY, Sawsan MG. 2015. Feeding broilers on finisher diet of low trace mineral levels and its effect upon performance, carcass characteristics, mineral excretion and net profit. *International Journal of Poultry Science* **14**: 338-342.

National Research Council (NRC). 1994. *Nutrient Requirements of Poultry*. 9th Rev. Edition. National Academies Press, Washington D.C.

Noblet J, Wu SB, Choct M. 2022. Methodologies for energy evaluation of pig and poultry feeds: A review. *Animal Nutrition* **8**: 185-203.

Noblet J, Tay-Zar AC, Wu SB, Srichana P, Cozannet P, Geraert PA, Choct M. 2024. Re-evaluation of recent research on metabolic utilization of energy in poultry: Recommendations for a net energy system for broilers. *Animal Nutrition* **16**: 62-72.

Noy Y, Sklan D. 1995. Digestion and Absorption in the Young Chick. *Poultry Science* **74**: 366-373.

Noy Y, Uni Z. 2010. Early nutritional strategies. *World's Poultry Science Journal* **66**: 639-646.

Pesti GM, Bakalli RI, Qiao M, Sterling KG. 2002. A Comparison of Eight Grades of Fat as Broiler Feed Ingredients. *Poultry Science* **81**: 382-390.

Przybylski R, Mag T, Eskin NAM, McDonald BE. 2005. Canola oil. *Bailey's industrial oil and fat products* **2**: 61-122.

Ravindran V. 2013. Poultry feed availability and nutrition in developing countries. Pages 59-63 in *Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), editor. Poultry Development Review*. FAO Publication, Rome.

Ravindran V, Tancharoenrat P, Zaefarian F, Ravindran G. 2016. Fats in poultry nutrition: Digestive physiology and factors influencing their utilisation. *Animal Feed Science and Technology* **213**: 1-21.

Reece WO. 2016. *Fyziologie a funkční anatomie domácích zvířat*. Grada Publishing, Praha.

Rymer C, Givens DI. 2005. n-3 fatty acid enrichment of edible tissue of poultry: A review. *Lipids* **40**: 121-130.

Sahraei M, Shariatmadari F. 2007. Effect of different levels of diet dilution during finisher period on broiler chickens performance and carcass characteristics. *International Journal of Poultry Science* **6**: 280-282.

Saleh AA, Alharthi AS, Alhotan RA, Atta MS, Abdel-Moneim E. 2021. Soybean Oil Replacement by Poultry Fat in Broiler Diets: Performance, Nutrient Digestibility, Plasma Lipid Profile and Muscle Fatty Acids Content. *Animals* **11**: 2609-2622.

Sanz M, Lopez-Bote CJ, Menoyo D, Bautista JM. 2000a. Abdominal Fat Deposition and Fatty Acid Synthesis Are Lower and β -Oxidation Is Higher in Broiler Chickens Fed Diets Containing Unsaturated Rather than Saturated Fat. *The Journal of Nutrition* **130**: 3034-3037.

Sanz M, Flores A, Lopez-Bote CJ. 2000b. The metabolic use of energy from dietary fat in broilers is affected by fatty acid saturation. *British Poultry Science* **41**: 61-68.

INRA. 2004. Tables of composition and nutritional value of fats. Pages 294-296 in Sauvant D, Perez JM, Tran G, editors. *Tables of composition and nutritional value of feed materials*. Wageningen Academic Publishers, The Netherlands.

Scaife JR, Moyo J, Galbraith H, Michie W, Campbell V. 1994. Effect of different dietary supplemental fats and oils on the tissue fatty acid composition and growth of female broilers. *British Poultry Science* **35**: 107-118.

Shariatmadari F. 2009. Feeding schedule for broiler chickens. *World's Poultry Science Journal* **65**: 130-139.

Shariatmadari F. 2012. Plans of feeding broiler chickens. *World's Poultry Science Journal* **68**: 21-30.

Shurson GC, Kerr BJ, Hanson AR. 2015. Evaluating the quality of feed fats and oils and their effects on pig growth performance. *Journal of Animal Science and Biotechnology* **6**: 1-11.

Skinner JT, Waldroup AL, Waldroup PW. 1992. Effects of removal vitamin and trace mineral supplements from grower and finisher diets on live performance and carcass composition of broilers. *Journal of Applied Poultry Research* **1**: 280-286.

Sklan D. 1979. Digestion and Absorption of Lipids in Chicks Fed Triglycerides or Free Fatty Acids: Synthesis of Monoglycerides in the Intestine. *Poultry Science* **58**: 885-889.

Sklan D. 2001. Development of the digestive tract of poultry. *World's Poultry Science Journal* **57**: 415-428.

Smink W, Gerrits WJJ, Hovenier R, Geelen MJH, Verstegen MWA, Beynen AC. 2010. Effect of dietary fat sources on fatty acid deposition and lipid metabolism in broiler chickens. *Poultry Science* **89**: 2432-2440.

Svihus B. 2014. Function of the digestive system. *Journal of Applied Poultry Research* **23**: 306-314.

Tancharoenrat P, Ravindran V, Zaefarian F, Ravindran G. 2013. Influence of age on the apparent metabolisable energy and total tract apparent fat digestibility of different fat sources for broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology* **186**: 186-192.

Tancharoenrat P, Ravindran V. 2014. Influence of tallow and calcium concentrations on the performance and energy and nutrient utilization in broiler starters. *Poultry Science* **93**: 1453-1462.

Tancharoenrat P, Ravindran V, Zaefarian F, Ravindran G. 2014. Digestion of fat and fatty acids along the gastrointestinal tract of broiler chickens. *Poultry Science* **93**: 371-379.

Tay-Zar AC, Wongphatcharachai M, Srichana P, Geraert PA, Noblet J. 2024. Prediction of net energy of feeds for broiler chickens. *Animal Nutrition* **16**: 241-250.

Thacker PA, Campbell GL, Xu Y. 1994. Composition and nutritive value of acidulated fatty acids, degummed canola oils and tallow as energy sources for starting broiler chicks. *Animal Feed Science and Technology* **46**: 251-260.

Torrey S, Mohammadigheisar M, dos Santos MN, Rothschild D, Dawson LC, Liu Z, Kiarie EG, Edwards AM, Mandell I, Karrow N, Tulpan D, Widowski TM. 2021. In pursuit of a better broiler: growth, efficiency, and mortality of 16 strains of broiler chickens. *Poultry Science* (100: 100955) DOI: 10.1016/j.psj.2020.12.052.

Uni Z, Ferket RP. 2004. Methods for early nutrition and their potential. *World's Poultry Science Journal* **60**: 101-109.

Vieira SL, Ribeiro AML, Kessler AM, Fernandes LM, Ebert AR, Eichner G. 2002. Energy Utilization of Broiler Feeds Formulated with Acidulated Soybean Soapstock. *Brazilian Journal of Poultry Science* **4**: 1-13.

Warren WA, Emmert JL. 2000. Efficacy of phase-feeding in supporting growth performance of broiler chicks during the starter and finisher phases. *Poultry Science* **79**: 764-770.

Watkins SE, Waldroup AL, Waldroup PM. 1993. Effect of dietary amino acid level diets for broiler chickens on change from starter to grower. *Poultry Science* **72**: 137.

Wiseman J, Cole DJA, Perry FG, Vernon BG, Cooke BC. 1986. Apparent metabolisable energy values of fats for broiler chicks. *British Poultry Science* **27**: 561-576.

Wiseman J, Lessire M. 1987. Interactions between fats of differing chemical content: Apparent metabolisable energy values and apparent fat availability. *British Poultry Science* **28**: 663-676.

Wiseman J. 1990. Variability in the nutritive value of fats for non-ruminants. Pages 215-234 in Wiseman J, editor. *Fats in Animal Nutrition*. Butterworths, London.

Wiseman J, Salvador F, Craigon J. 1991. Prediction of the Apparent Metabolizable Energy Content of Fats Fed to Broiler Chickens. *Poultry Science* **70**: 1527-1533.

Wu SB, Gharib-Naseri K, England A, Kheravii S. 2021. Meat chicken sexing methods and the use of single or mixed-sex chickens in research: how to reduce experimental variation in the post-feather sexing era. *Agri Futures Australia Publication*, Australia.

Yang Z, Pirgozliev VR, Rose SP, Woods S, Yang HM, Wang ZY, Bedford MR. 2020. Effect of age on the relationship between metabolizable energy and digestible energy for broiler chickens. *Poultry Science* **99**: 320-330.

Zelenka J, Heger J, Zeman L. 2007. Doporučený obsah živin v krmných směsích a výživná hodnota krmiv pro drůbež. Česká akademie zemědělských věd, Komise výživy hospodářských zvířat, Brno.

Zelenka J. 2014. Výživa a krmení drůbeže. *Agriprint*, Olomouc.

Zelenka J. 2021. Jak se měnily parametry výkrmu kuřat. *Drůbežář-hydinář* **3**: 12-13.

9 Samostatné přílohy

Tabulka 1: Potřeba živin v 1 kg krmné směsi pro vykrmovaná kuřata (Zelenka et al. 2007)

Živina		Dny výkrmu					
		od 1. do 10.	od 11. do 24. - 28.		od 25. - 29. do konce výkrmu		od 43.
		Pohlaví kuřat ¹⁾					
		K i S ²⁾	KS i K ³⁾	S ⁴⁾	KS i K	S	K
ME _N ⁵⁾	MJ	12,6	13,3	13,3	13,4	13,4	13,4
Dusíkaté látky	g	230	210	210	190	190	180
Kys. linolová	g	12,5	12,0	12,0	10,0	10,0	10,0
Veškeré aminokyseliny							
lysín	g	14,1	12,2	11,8	10,4	9,9	9,7
methionin	g	5,3	4,6	4,5	4,0	3,8	3,8
methionin + cystein	g	10,3	9,1	8,8	7,9	7,5	7,5
threonin	g	9,4	8,3	8,0	7,2	6,8	6,8
tryptofan	g	2,4	2,1	2,1	1,8	1,8	1,8
arginin	g	14,6	12,8	12,4	11,0	10,5	10,4
Stravitelné aminokyseliny							
s. lysín	g	12,5	10,9	10,6	9,3	8,9	8,7
s. methionin	g	5,0	4,4	4,2	3,8	3,6	3,5
s. methionin + cystein	g	9,3	8,2	8,0	7,1	6,8	6,8
s. threonin	g	7,9	7,0	6,8	6,0	5,8	5,7
s. tryptofan	g	2,1	1,8	1,8	1,6	1,5	1,5
s. arginin	g	13,1	11,5	11,2	10,0	9,5	9,4
Ca	g	10,0	9,0	9,0	8,5	8,5	8,5
P využitelný	g	5,0	4,5	4,5	4,2	4,2	4,2
Mg	g	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
K ⁶⁾	g	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5
Na ⁶⁾	g	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Cl	g	1,6 - 2,2	1,6 - 2,2	1,6 - 2,2	1,6 - 2,2	1,6 - 2,2	1,6 - 2,2
Mn	mg	100	100	100	100	100	100
Zn	mg	100	100	100	80	80	80
Fe	mg	80	80	80	80	80	80
Cu	mg	8	8	8	8	8	8
I	mg	1	1	1	1	1	1
Se	mg	0,20	0,20	0,20	0,15	0,15	0,15
Vit. A	tis.m.j.	14	12	12	11	11	11
D ₃	tis.m.j.	5	5	5	4	4	4
E	mg	80	60	60	50	50	50
K ₃	mg	4	3	3	2	2	2
B ₁	mg	3	2	2	2	2	2
B ₂	mg	8	6	6	5	5	5
B ₆	mg	5	4	4	3	3	3
B ₁₂	mg	0,020	0,020	0,020	0,015	0,015	0,015
Biotin	mg	0,18	0,18	0,18	0,05	0,05	0,05
Kys. listová	mg	2	1,8	1,8	1,5	1,5	1,5
Kys. nikotinová	mg	60	60	60	40	40	40
Kys. pantotenová	mg	16	16	16	15	15	15
Cholin	mg	1800	1600	1600	1400	1400	1400

¹⁾ KS - společný výkrm kuřat obou pohlaví

K - oddělený výkrm kohoutků

S - oddělený výkrm slepiček

²⁾ směsi se spotřebuje 260 g pro 1 kuře

³⁾ směsi se spotřebuje 1150 - 1700 g při společném výkrmu kuřat obou pohlaví a 1200 - 1800 g při výkrmu kohoutků

⁴⁾ směsi se spotřebuje 1100 - 1600 g pro 1 slepičku

⁵⁾ od věku 10 dní lze použít až o 0,5 MJ nižšího obsahu ME_N; úměrně snížení obsahu energie je třeba zároveň snížit obsah živin, především aminokyselin

⁶⁾ zařazujeme-li do směsi ionoforní látky, je třeba dodržet obsah K a Na doporučený jejich výrobcem

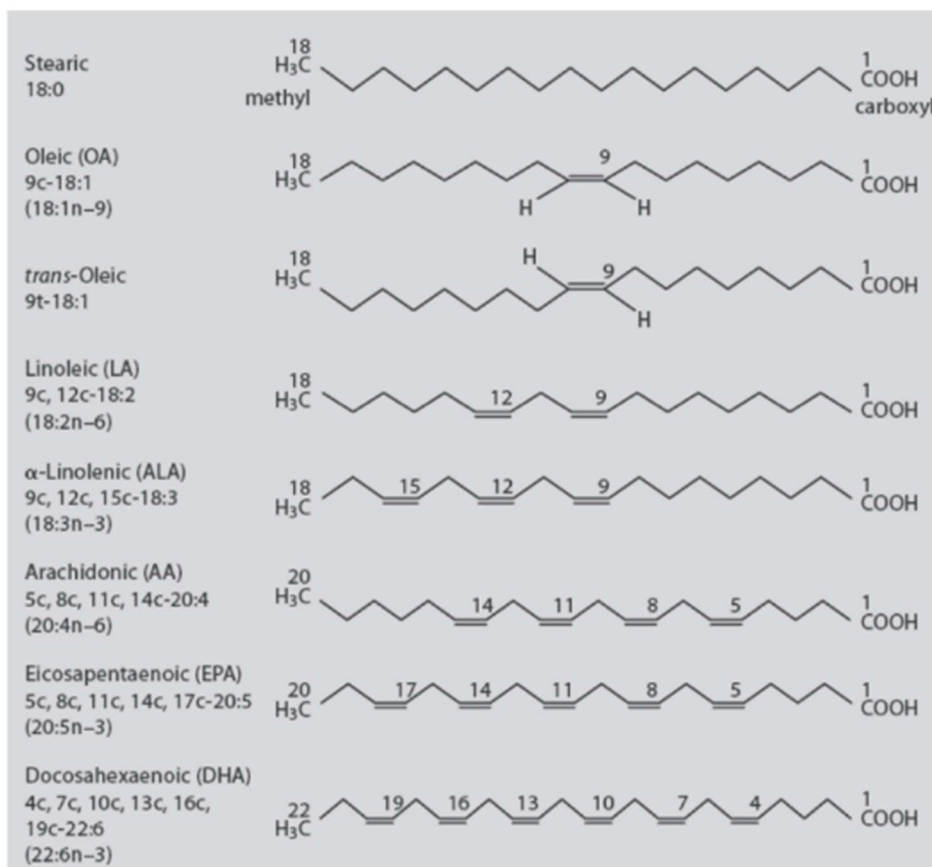
Tabulka 2: Požadavky na jednotlivé krmné směsi u vybraných druhů hybridů vykrmovaných do hmotnosti 2,5 kg (Leeson & Summers 2005)

	Starter			Grower		
	Hubbard	Ross	Cobb	Hubbard	Ross	Cobb
ME (kcal/kg)	3000	3040	3023	3080	3140	3166
CP (%)	22.0	22.0	21.5	20.0	20.0	19.5
Ca (%)	0.95	1.0	0.90	0.90	0.90	0.88
Av P (%)	0.44	0.50	0.45	0.40	0.45	0.42
Na (%)	0.19	0.21	0.20	0.19	0.21	0.17
Methionine (%)	0.50	0.53	0.56	0.45	0.46	0.53
Meth + Cys (%)	0.90	0.97	0.98	0.83	0.85	0.96
Lysine (%)	1.25	1.35	1.33	1.15	1.18	1.25
Threonine (%)	0.81	0.87	0.85	0.75	0.70	0.80

	Finisher		
	Hubbard	Ross	Cobb
ME (kcal/kg)	3150	3200	3202
CP (%)	19.0	18.0	18.0
Ca (%)	0.87	0.85	0.84
Av P (%)	0.37	0.42	0.40
Na (%)	0.19	0.21	0.16
Methionine (%)	0.42	0.43	0.48
Meth + Cys (%)	0.80	0.80	0.88
Lysine (%)	1.05	1.09	1.10
Threonine (%)	0.72	0.72	0.73

ME = metabolizovatelná energie

CP = hrubý protein



Obrázek 1: Nomenklatura a chemické složení vybraných mastných kyselin (Doppenberg & van der Aar 2010)