

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra chovu hospodářských zvířat



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

**Vliv restrikce krmiva na obsah tuku u kuřat
Diplomová práce**

**Bc. Barbora Brázdová
Výživa zvířat**

doc. Ing. Darina Chodová, Ph.D

© 2024 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Vliv restrikce krmiva na obsah tuku u kuřat" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucí 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 17.4.2024

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucí své diplomové práce doc. Ing. Darině Chodové, Ph.D za odborné vedení, poskytnutí vědeckých zdrojů a veškeré rady.

Vliv restrikce krmiva na obsah tuku u kuřat

Souhrn

Produkce kuřecího masa se zrychluje se zvyšujícím trendem jeho spotřeby. Avšak rychlost růstu může mít negativní vliv na zdraví kuřat a kvalitu masa. Lze předpokládat, že restrikce krmiva bude mít pozitivní dopad nejen na užitek kuřat, ale i kvalitu masa se sníženým obsahem tuku.

Cílem diplomové práce bylo zhodnotit vliv restrikce krmiva na obsah tuku u tří odlišných genotypů kuřat oproti krmení *ad libitum*. V pokusu byly použity tři genotypy kuřat s rozdílnou rychlostí růstu, a to rychle rostoucí genotyp Ross 308, středně rychle rostoucí genotyp Hubbard JA757 a pomalu rostoucí ISA Dual. Sledované skupiny byly krmeny technikou kvalitativní restrikce krmiva, kdy byla u experimentálních skupin použita 70 % *ad libitní* krmná dávka.

Výsledky analýzy jatečných parametrů ukázaly, že na živou hmotnost měl vliv pouze genotyp ($P < 0,001$). Nejvyšší hmotnost měl dle předpokladů genotyp Ross 308 a nejnižší ISA Dual. Jatečně opracované tělo (JOT) bylo ovlivněno genotypem ($P = 0,004$) a vlivem restrikce krmiva došlo ke snížení hmotnosti JOT u genotypu Hubbard JA757. Hlavní depotní centra tuku, kůže krku a stehna byla ovlivněna především genotypem ($P < 0,001$) a interakcemi genotypu a techniky krmení ($P = 0,014$), kdy u genotypu Ross 308 restrikce snížila hmotnost kůže krku a u ostatních genotypů tuto hmotnost zvýšila. Abdominální tuk byl průkazně ovlivněn pouze genotypem ($P < 0,001$).

Vliv restrikce krmiva byl prokázán na chemické složení svalu *pectoralis major*, a to konkrétně na procentuální podíl sušiny, který byl ovlivněn genotypem ($P < 0,001$) a interakcemi mezi genotypem a technikou krmení ($P = 0,021$), podobně jako procentuální podíl tuku byl průkazně ovlivněn genotypem ($P < 0,001$) a interakcemi mezi genotypem a technikou krmení ($P = 0,006$). Procentuální podíl N-látek, popelovin a cholesterolu však nebyl restrikcí krmiva průkazně ovlivněn. Analýza mastných kyselin prokázala vliv genotypu ($P < 0,001$) a interakce mezi genotypem a technikou krmení ($P < 0,001$) na obsah SFA, kdy u genotypů Ross 308 a Hubbard JA757 se podíl SFA zvýšil a u ISA Dual se snížil u restringovaných skupin. Opačnou tendenci měl obsah MUFA ($P = 0,004$). Zastoupení PUFA bylo nejvíce ovlivněno restrikcí ($P = 0,004$) u genotypu Ross 308, kde došlo k jejich snížení vlivem restrikce krmiva.

Počet adipocytů nebyl ovlivněn restriktivní technikou krmení. Avšak plocha adipocytů, ekvivalentní průměr, obvod a kruhovitost adipocytů byla prokazatelně ovlivněna vlivem interakce mezi genotypem a technikou krmení ($P < 0,001$) s větší plochou u restringovaných kuřat Ross 308.

Klíčová slova: kuře, restrikce krmiva, kvalita masa, tuk

Effect of feed restriction on adipose tissue in chickens

Summary

Chicken meat production is accelerating with the increasing trend of its consumption. However, the speed of growth can have a negative impact on chicken health and meat quality. Feed restriction can be expected to have a positive impact not only on chicken performance but also on the quality of meat with reduced fat content.

The goal of this diploma thesis was to evaluate the effect of feed restriction on fat content in three different genotypes of chickens compared to *ad libitum* feeding. Three chicken genotypes with different growth rates were used in the experiment: fast growing genotype Ross 308, the medium growing genotype Hubbard JA757 and the slow growing ISA Dual. The experimental groups were fed using a qualitative feed restriction technique, with 70 % of the *ad libitum* feeding dose.

The results of the analysis of carcass parameters showed that only genotype had an effect on live weight ($P < 0.001$). As expected, the Ross 308 genotype had the highest weight and the ISA Dual the lowest. The carcass body was affected by genotype ($P = 0.004$) and due to feed restriction, the carcass body weight was reduced in the Hubbard JA757 genotype. The main depot centres of fat, neck and thigh skin were mainly affected by genotype ($P < 0.001$) and genotype by feeding technique interaction ($P = 0.014$), with neck skin weight decreased in the Ross 308 genotype and thigh weight increased in the other genotypes. Abdominal fat was significantly affected only by genotype ($P < 0.001$).

The effect of feed restriction was demonstrated on the chemical composition of the *pectoralis major* muscle, specifically on the percentage of dry matter, which was influenced by genotype ($P < 0.001$) and interactions between genotype and feeding technique ($P = 0.021$), as well as the percentage of fat, which was significantly influenced by genotype ($P < 0.001$) and interactions between genotype and feeding technique ($P = 0.006$). However, the percentages of nitrogen substances, ash, and cholesterol were not significantly affected by feed restriction. Analysis of fatty acids demonstrated the influence of genotype ($P < 0.001$) and interactions between genotype and feeding technique ($P < 0.001$) on the content of saturated fatty acids (SFA), with an increase in SFA content in Ross 308 and Hubbard JA757 genotypes and a decrease in ISA Dual in restricted groups. The content of monounsaturated fatty acids (MUFA) showed the opposite trend ($P = 0.004$). The representation of polyunsaturated fatty acids (PUFA) was most influenced by restriction ($P = 0.004$) in the Ross 308 genotype, where their content decreased due to feed restriction.

The number of adipocytes was not affected by the restrictive feeding technique. However, the area, equivalent diameter, perimeter, and circularity of adipocytes were significantly influenced by the interaction between genotype and feeding technique ($P < 0.001$), with larger areas in restricted Ross 308 chickens.

Keywords: chicken, feed restriction, meat quality, fat

Obsah

1	Úvod	8
2	Vědecká hypotéza a cíl práce	9
2.1	Vědecká hypotéza	9
2.2	Cíl práce	9
3	Literární rešerše	10
3.1	Genotypy kuřat	10
3.1.1	Rychle rostoucí genotypy	10
3.1.2	Středně rostoucí genotypy	11
3.1.3	Pomalou rostoucí genotypy	11
3.2	Výživa	13
3.2.1	Trávicí soustava	13
3.2.2	Živiny	15
3.2.2.1	Proteiny	15
3.2.2.2	Sacharidy	16
3.2.2.3	Lipidy	16
3.2.3	Trávení a vstřebávání lipidů	18
3.3	Restrikce krmiva	20
3.3.1	Kvantitativní restrikce	21
3.3.2	Kvalitativní restrikce	21
3.3.3	Vliv restrikce krmiva na užitkovost kuřat	22
3.3.4	Vliv restrikce krmiva na jatečné parametry	22
3.3.5	Vliv restrikce krmiva na obsah tuku	23
3.3.5.1	Abdominální tuk	23
3.3.5.2	Intramuskulární tuk	24
3.3.5.3	Podkožní tuk	24
3.3.5.4	Adipocyty	24
3.3.6	Vliv restrikce na mastné kyseliny	25
4	Metodika	26
4.1	Materiály a metody	26
4.1.1	Histochemické analýzy svalových vláken	27
4.1.2	Chemické složení	28
4.1.3	Složení mastných kyselin	28
4.1.4	Statistické hodnocení výsledků	29

5	Výsledky	30
5.1	Jatečný rozbor	30
5.2	Chemické složení	32
5.3	Mastné kyseliny	34
5.4	Adipocyty	37
6	Diskuze	39
6.1	Jatečný rozbor	39
6.2	Chemické složení	39
6.3	Mastné kyseliny	40
6.4	Adipocyty	40
7	Závěr.....	41
8	Literatura.....	43

1 Úvod

Zdravý životní styl a strava hrají významnou roli v současném světě. Proto je zaměření na produkci dietního masa aktuální. Jedním z klíčových faktorů, které ovlivňují kvalitu masa je tuk, který ovlivňuje chuť, texturu a nutriční složení konečného výrobku. Spotřeba drůbežího masa neustále roste vzhledem k jeho kvalitě a ceně. Mezi hlavní cíle drůbežářského průmyslu proto patří vysoká jatečná výtežnost a nízký obsah tuku jatečně opracovaného těla, a to především abdominálního tuku. Jelikož se spotřeba drůbežího masa zvyšuje je nutné, aby se selekce zaměřila na rychle rostoucí brojlerová kuřata se sníženým poměrem konverze krmiva.

Bohužel je zvýšené tempo růstu doprovázeno zvýšeným ukládáním tělesného tuku, zvýšeným úhynem, metabolickými poruchami a onemocněními dolních končetin. Tyto situace se nejčastěji vyskytují u brojlerových kuřat krmených technikou *ad libitum*. Ke snížení nežádoucích účinků rychlého tempa růstu byla navržena restrikce krmiva. Restrikce krmiva je používána také ke snížení množství abdominálního tuku. Při restriktivní technice krmení se spoléhá na jev zvaný kompenzační růst, díky kterému dojde k dosažení porážkové hmotnosti. Avšak se zminimalizují nežádoucí účinky a sníží se náklady na krmení. Restrikce krmiva je tedy aplikována především ve výživě rychle rostoucích kuřat. Její vliv na středně a pomalu rostoucí kuřata není doposud příliš prozkoumán. S rozdílnou intenzitou růstu bude mít restrikce krmiva pravděpodobně rozdílný účinek, a to jak na růst, tak také na ukládání abdominálního tuku v těle. Cílem této diplomové práce je prozkoumání a analyzování vlivu restrikce krmiva na obsah tuku u kuřat s rozdílnou intenzitou růstu. Výsledky vyhodnocují dopad restrikce na růst, vývoj a kvalitu masa.

2 Vědecká hypotéza a cíl práce

2.1 Vědecká hypotéza

Restrikce krmiva je u kuřat aplikována především jako prevence zdravotních problémů spojených s rychlým růstem, jakou jsou například problémy s končetinami a syndrom náhlého úhynu. Mimo vlivu na zdravotní stav může restrikce krmiva ovlivňovat i užitkovost kuřat. Předpokládáme, že spolu s užitkovostí bude ovlivněno i ukládání tuku v jatečném trupu.

2.2 Cíl práce

Cílem práce bylo zjistit vliv restrikce krmiva na obsah depotního a intramuskulárního tuku v jatečném trupu vykrmovaných kuřat a parametry adipocytů.

3 Literární rešerše

3.1 Genotypy kuřat

Kuřata různých genotypů jsou selektována a následně vykrmována s ohledem na podmínky chovu, za účelem dosažení optimální produkce masa (Sirri et al. 2011).

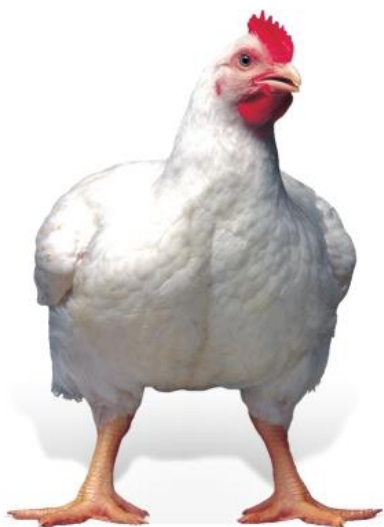
Dal Bosco et al. (2012) ve své studii rozdělil genotypy kuřat na tři skupiny, a to dle rychlosti růstu. Na rychle rostoucí, středně rostoucí a pomalu rostoucí.

3.1.1 Rychle rostoucí genotypy

Pro produkci kuřecího masa jsou v současné době významně využívány rychle rostoucí genotypy kuřat. Jsou charakteristické vysokou intenzitou růstu a nízkým poměrem konverze krmiva (Sirri et al. 2011). Skupina rychle rostoucích kuřat je vyznačována denním přírůstkem přesahujícím 35 gramů za den (Dal Bosco et al. 2012). A dosahují tržní hmotnosti 2 kg již ve věku 5-6 týdnů (Devatkal et al. 2019). Růstové schopnosti těchto genotypů jsou zapříčiněné genetickým pokrokem a zlepšením výživy. Rychlé tempo růstu má za následek nižší kvalitu masa a zvýšené riziko svalových abnormalit, jako je PSE (bledé, měkké, vodnaté), wooden breast (dřevnaté maso) a white striping (bílé pruhování). Zároveň mohou být rychle rostoucí kuřata více náchylná k syndromu náhlého úmrtí, ascitu a poruchám kardiovaskulárního systému (Soglia et al. 2016).

Mezi rychle rostoucí kuřata se řadí například genotypy Ross 308 a Cobb 500 (Dal Bosco et al. 2012).

Brojlerová kuřata genotypu Ross byla vyšlechtěna britskou firmou Aviagen. A pro svůj rychlý růst se využívají zejména na produkci masa. Ross je hybrid s bílým opeřením, silnou konstitucí a vyvinutým osvalením. Vyznačuje se vysokým denním přírůstkem, který může dosahovat 55-60 gramů. Z jatečně upraveného těla se následně získá až 75% masa (Aviagen 2019).



Obrázek 1: Kuře genotypu Ross 308

Zdroj: <https://xaverov.com/chov-masne-drubeze/>

3.1.2 Středně rostoucí genotypy

Středně rostoucí kuřata jsou kříženci s intenzitou růstu mezi rychle a pomalu rostoucími genotypy (Chodová et al. 2021). Denní přírůstek středně rostoucích kuřat se pohybuje v hodnotách mezi 20 až 35 gramy (Dal Bosco et al. 2012). Jsou vhodná pro polointenzivní chovné systémy (Chodová et al. 2021). Do této skupiny patří například genotyp Hubbard (Dal Bosco et al. 2012).

Hubbard se vyznačuje pomalejším tempem růstu, ale zároveň lepší vyžrálostí masa ve srovnání s rychle rostoucími kuřaty. Vykrmuje se 48-56 dní s porážkovou hmotností 2,1 kg. Kuřata mohou být využívána pro extenzivní výkrm, ale i v ekologickém chovu (Hubbard 2019).



Obrázek 2: Kuře genotypu Hubbard JA757

Zdroj:<https://www.hubbardbreeders.com/premium/hubbard-males/7969-rusticbro-myellow.html>

3.1.3 Pomalu rostoucí genotypy

Pomalu rostoucí genotypy kuřat lze definovat jako kuřata s nízkou rychlostí růstu, dosahující denního přírůstku nižšího než 20 g za den a jsou jimi například ISA Dual a Cobb Sasso (Dal Bosco et al. 2012). Za 56-81 dní mohou dosahovat hmotnosti 2,2-2,5 kg (Mueller et al. 2018). Pomalu rostoucí kuřata jsou vhodná pro chov ve volném výběhu či na pastvě, díky své schopnosti využívat venkovní plochy. Zároveň vykazují pomalu rostoucí kuřata chovaná na pastvě nižší požadavky na živiny a tím snižují náklady na chov. Pastevní chov může snížit náklady na výživu až o 20 % (Sossidou et al. 2015) V porovnání s rychle rostoucími genotypy kuřat mají pomalu rostoucí kuřata nižší podíl prsní svaloviny a vyšší podíl stehenní svaloviny (Rayner et al. 2020).

V posledních letech se pomalu rostoucí genotypy staly preferovanou volbou spotřebitelů, a to díky kvalitě masa a lepším životním podmínkám (welfare) (Sirri et al. 2011). Prsní svalovina obsahuje vyšší obsah bílkovin a nižší obsah intramuskulárního tuku (Sirri et al.

2011; Kreuzer et al. 2020) U pomalu rostoucích genotypů kuřat bylo zaznamenáno lepší zdraví běháků a nižší úhyn (Rayner et al. 2020).

Kuřata duálního typu jsou kombinací masného a nosného typu drůbeže. Kohouti jsou chováni pro maso, které je charakteristické výbornou chutí. Má pevnou tělesnou konstituci a hmotnosti přes 2 kg dosahuje v 10 týdnech. Zatímco slepice jsou určeny pro produkci vajec (Isa 2018).



Obrázek 4: Kuřata genotypu ISA Dual

Zdroj: <https://www.integrazabcice.cz/en/product/isa-dual/>

Z hlediska optimální užitkovosti jednotlivých genotypů kuřat je třeba znát jejich reakci na výživu a hledat vhodný způsob výživy a managementu chovu pro maximalizaci produkce, a tím i zisku.

3.2 Výživa

3.2.1 Trávicí soustava

Drůbež řadíme mezi monogastry. Monogastry lze definovat jako zvířata s jedním žaludkem. Trávicí systém drůbeže je přizpůsoben ke trávení lipidů, sacharidů a bílkovin (Kleyn 2013).

Trávicí soustava drůbeže začíná zobákovou dutinou. Kuřata mají krátký silný zobák, který usnadňuje uchopení zrnité stravy. V zobáku se nevyskytují zuby, které by mechanicky rozmělnily přijaté krmivo. K tomu slouží svalnatý žaludek (Blair 2008). Na jazyku se vyskytuje minimální počet chuťových pohárků, a proto je chemorecepční výběr krmiva omezen. Výběr krmiva je prováděn mechanoreceptory a pomocí zraku. Drůbež hodnotí především tvar, velikost, barvu a tvrdost částic krmiva (Zelenka 2014).

U kuřat je velmi dobře vyvinutý systém slinných žláz. Sliny produkované slinnými žlázami zvlhčují přijaté krmivo a usnadňují polykání (Blair 2008). Sekret slinných žláz obsahuje enzym amylázu a v malém množství i enzym lipázu (Kodeš & Výmola 2003).

Jícen (*oesophagus*) je krátká trubice spojující hltan a žaludek (Reece 2011). Je vystlán sliznicí, pod kterou se nachází vazivo a elastická vlákna umožňující pohyblivost a roztažitelnost (Kodeš & Výmola 2003). V jícnu se vyskytuje velké množství hlenovitých žlázek, které zajišťují posun velkých kusů potravy při polknutí. Rozděluje se na úsek před voletem a za voletem (Reece 2011). Vychlípenina jícnu neboli vole je zásobním orgánem, ve kterém se shromažďuje krmivo. Pomocí slin a vody se změkčuje a bobtná. Avšak ve voleti se nevyskytují žádné enzymy, a tak se zde přijatá potrava netráví (Kodeš & Výmola 2003).

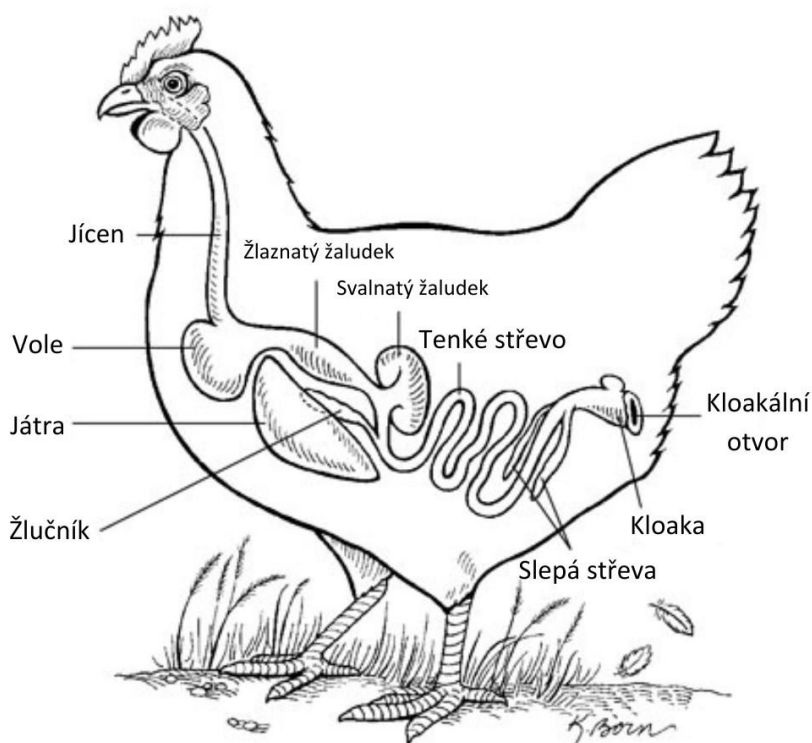
Žaludek lze rozdělit na dva úseky, a to na žláznatý a svalnatý žaludek. Žláznatý žaludek zajišťuje chemické zpracování přijaté potravy (Zelenka 2014). Vylučuje se zde žaludeční šťáva, která obsahuje kyselinu chlorovodíkovou (HCl), pepsinogen a mucin. Prekurzor enzymu pepsinogen, který se v kyselém prostředí přeměňuje na aktivní enzym pepsin zahajuje štěpení bílkovin na peptidy a aminokyseliny. Žláznatý žaludek zároveň produkuje hlen, který chrání vnitřní stěnu žaludku před vlastním natrávením (Blair 2008).

Svalnatý žaludek mechanicky drtí a rozmělnuje natrávené krmivo z volete a žláznatého žaludku (Zelenka 2014). Pomocí hladké svaloviny dochází k třecím a drtícím pohybům. Rytmické pohyby svaloviny žaludku se opakují, a tak rozmělnují přijaté krmivo. Počet stahů a síla tlaku smrštění svaloviny závisí na obsahu žaludku. Drtící schopnost svalnatého žaludku podporuje přítomnost kamínků neboli grit, které jsou přidávány do krmné dávky. K drcení krmiva také napomáhá epitel, který vystýlá dutinu žaludku. Ten zároveň chrání sliznici a svaly žaludku před poraněním gritem (Kodeš & Výmola 2003). Ve svalnatém žaludku se z části tráví i lipidy a sacharidy. To je zapříčiněno pankreatickou šťávou a žlučí, která se do svalnatého žaludku dostává antiperistaltickými pohyby z tenkého střeva (Zelenka 2014).

Trávicí soustava pokračuje tenkým střevem (*intestinum tenue*), ve kterém se dokončuje trávení a dochází zde ke vstřebávání živin. Tenké střevo má tři části, dvanáctník (*duodeum*), lačník (*jejunim*) a kyčelník (*ileum*) (Blair 2008). V kličce dvanáctníku je uložena

slinivka břišní (*pankreas*), která produkuje enzym lipázu, amylázu, tripsynogen, chymotrypsinogen, karboxypeptidázy, cholesterázu a hydrogenuhličitan sodný (Reece 2011; Zelenka 2014). Pomocí pankreatické šťávy se tráví sacharidy, proteiny a lipidy. Do dvanáctníku je žlučovodem přiváděna žluč, která je syntetizována v játrech. Žluč obsahuje žlučové soli, které plní důležitou funkci při trávení a vstřebávání tuků. Trávení tuků zahrnuje proces emulgace, která je zajištěna pankreatickou šťávou a žlučovými soli. Svaly tenkého střeva se pravidelně stahují, a tak se trávenina promíchává a posouvá směrem k tlustému střevu (Blair 2008).

Tlusté střevo (*intestinum crassum*) se skládá z dvou slepých střev a krátkého přímého střeva. Slepá střeva (*ceca*) se nachází mezi tenkým a tlustým střevem (Reece 2011). Ve slepých střevech dochází k mikrobiálnímu trávení celulózy a ke vstřebávání produktů mikrobiálního kvašení (Kodeš & Výmola 2003). Při intenzivním mikrobiálním trávení dochází k produkci těkavých mastných kyselin (kyseliny octové, máselné a propionové) a vitamínů. Trávenina ve slepých střevech zůstává obvykle kolem 24–48 hodin (Zelenka 2014). V tlustém střevě dochází také ke vzpětné resorbci vody, a tak je střevní materiál přeměněn na výkaly, které se následně mísí s kyselinou močovou a jsou vylučovány kloakou. Kloaka je společný vývod trávicí, močové a pohlavní soustavy (Blair 2008). Je tvořena třemi oddíly, koprodeum, urodeum a proktodeum. Koprodeum je rozšířené pokračování rekta, ve kterém se shromažďují výkaly. Do urodea ústí močovody, chámovody či vejcovody. A posledním úsekem je proktodeum (Zelenka 2014).



Obrázek 5: Anatomie trávicí soustavy drůbeže (přeloženo do češtiny)

Zdroj: <https://www.dummies.com/article/home-auto-hobbies/hobbyfarming/chickens/the-digestive-system-of-a-chicken-167873/>

3.2.2 Živiny

Vysoká užitkovost, plné využití genetického potenciálu, nízké ekonomické náklady a zdravotní stav jsou podmíněny dostatečným příjmem živin (Kodeš & Výmola 2003).

3.2.2.1 Proteiny

Proteiny neboli bílkoviny lze definovat jako komplexní organické sloučeniny obsahující dusík, vyskytující se ve všech živočišných i rostlinných buňkách (Blair 2008). Jsou tvořeny dlouhými řetězci aminokyselin. Aminokyseliny jsou navzájem spojeny peptidovými vazbami (Beski et al. 2015). Přirozeně se v tělesných bílkovinách vyskytuje 22 aminokyselin (Zelenka 2014). Z toho je pro drůbež 10 aminokyselin esenciálních. Hlavní funkce bílkovin je funkce stavební. Lze je považovat za stavební kameny pro tvorbu kůže, svalové tkáně, peří a vajec (Blair 2008). Jsou součástí krevní plazmy, enzymů, hormonů a podporují imunitní systém. Většina zdrojů bílkovin pro drůbež je rostlinného původu, zejména ze sóji (Beski et al. 2015). V krmné dávce musí být dostatek bílkovin pro obnovu tkání, růst a reprodukci, avšak jich dle Zemana (2006) nesmí být nadbytek, který může způsobovat poškození jater.

Kvalita bílkovin je dána obsahem esenciálních aminokyselin (Kodeš & Výmola 2003). Mezi esenciální aminokyseliny řadíme lysin, threonin, tryptofan, histidin, fenylalanin, leucin, isoleucin, methionin, valin a arginin. Lysin a threonin si zvířata nejsou schopna sama syntetizovat, protože jim chybí transaminázy. Potřeba těchto esenciálních aminokyselin tedy musí být pokryta stravou. Mezi poloesenciální aminokyseliny řadíme tyrosin a cystein. Tyto aminokyseliny mohou být v organismu syntetizovány, ale pouze z nepostradatelných aminokyselin. Neesenciální aminokyseliny se v organismu syntetizují z esenciálních a jiných neesenciálních aminokyselin. Mezi neesenciální aminokyseliny řadíme alanin, serin, prolin, kyselinu asparagovou, asparagin, kyselinu glutamovou a glutamin (Zelenka 2014).

V krmné dávce však musí být zastoupené všechny potřebné aminokyseliny v určitém vzájemném poměru. Limitující aminokyselinu můžeme charakterizovat jako aminokyselinu, která při nedostatečném množství limituje využití jiných aminokyselin, a tím zvyšuje potřebu dusíkatých látek v krmné dávce nebo limituje užitkovost zvířete (Zelenka 2014). Methionin je první limitující aminokyselina, která se podílí na tvorbě peří (Blair 2008). Je důležitý díky svým účinkům na růstovou výkonnost a produkci libového masa. Suplementace L-methioninu může mít za následek snížení procenta abdominálního tuku (Fouad & El-Senousey 2014). Dále mezi limitující aminokyseliny drůbeže řadíme cystein, lyzin, threonin, arginin, tryptofan a valin (Zelenka 2014).

3.2.2.2 Sacharidy

Sacharidy jsou druhým nejvýznamnějším zdrojem energie. Oproti tukům mají dvakrát nižší energetickou hodnotu (Kodeš & Výmola 2003). Sacharidy lze rozdělit dle fyzikálních a chemických vlastností na monosacharidy, disacharidy a polysacharidy. Sacharidy se v krmivu vyskytují ve formě organických kyselin, škrobu, cukrů a vlákniny. Jednoduché cukry se kvůli nežádoucímu rozvoji mikroflóry ve výživě drůbeže neuplatňují (Zeman 2006).

Vláknina je dle Zemana (2006) definována jako směs celulózy, hemicelulózy a nestravitelných inkrustujících látek, mezi které řadíme lignin, kutin a suberin. Vláknina zajišťuje mechanické zasycení a podporuje peristaltické pohyby střev (Zeman 2006). Je zejména obsažena v krmivech rostlinného původu (Zelenka 2014). Nejvíce nestravitelnou složkou vlákniny je lignin, který působí jako takzvaný depresor, a tak tlumí pohyby střev. Pro rostoucí drůbež je vhodná hladina vlákniny kolem 2 %, jelikož tato kategorie drůbeže potřebuje vysokou koncentraci živin (Kodeš & Výmola 2003).

3.2.2.3 Lipidy

Lipidy neboli tuky jsou třetí hlavní skupinou energetických živin (Zeman 2006). Jsou nejkoncentrovanějším zdrojem energie a nosičem lipofilních vitamínů (vitamín A, D, E, K) (Kodeš & Výmola 2003). V krmné dávce snižují prašnost a separaci částic, zlepšují strukturu a chuť krmiva. Zároveň zpomalují rychlost průchodu krmiva trávicím traktem (Ravindran et al. 2016). Mezi další funkce lipidů patří funkce stavební, a to jako strukturální složky buněk a jejich membrán (Zeman 2006).

Energetická hodnota tuků je dvakrát vyšší v porovnání se sacharidy a proteiny (Ravindran et al. 2016). Metabolizovatelná energie tuku je okolo 36 MJ/kg. Tuky jsou tvořeny z 90 % mastných kyselin a 10 % glycerolu (Zelenka 2014). Až 15 % mastných kyselin není navázáno na glycerol, jsou označovány jako volné mastné kyseliny (Kodeš & Výmola 2003). Volné mastné kyseliny jsou náchylné ke žluknutí (Zelenka 2014). Více než 15 % volných mastných kyselin ve stravě drůbeže může vést k růstové depresi kuřat (Kodeš & Výmola 2003).

3.2.2.3.1 Mastné kyseliny

Mastné kyseliny můžeme rozdělit dle přítomnosti dvojnásobné vazby na nasycené, mononenasyčené a polynenasycené mastné kyseliny (Zelenka 2014).

Nasycené mastné kyseliny (SFA, Saturated Fatty Acids) jsou charakteristické jednoduchými vazbami mezi uhlíky (Zelenka 2014). A na každém uhlíku mají navázaný atom vodíku, a proto jsou plně hydrogenovány (Sobley & Cymet 2016). Řadí se mezi neesenciální mastné kyseliny, jelikož je lze v organismu syntetizovat z přijatých sacharidů. Nasycené mastné kyseliny jsou odolné proti hydrolýze v trávicím traktu, zejména u mláďat (Kodeš & Výmola 2003). To je dáno stabilní strukturou molekuly, která je těžce rozložitelná, a tak poskytuje více energie než sacharidy a bílkoviny (Sobley & Cymet 2016). Vyznačují se také

silnou antibakteriální aktivitou, díky své schopnosti pronikat polopropustnými membránami bakterií a poškozovat tak jejich struktury. Mezi nasycené mastné kyseliny řadíme například kyselinu kaprylovou, kaprinovou, laurovou a myristovou (Hanczakowska 2017).

Kyselina kaprylová je mastná kyselina s osmi uhlíky v molekule. Je dobře rozpustná v chemických rozpouštědlech, ale její rozpustnost ve vodě je nízká. Přirozeně se vyskytuje v kokosovém a palmovém oleji a má antimikrobiální účinky (Sobley & Cymet 2016).

Kyselina kaprinová je mastná kyselina s deseti uhlíky v molekule. Vyskytuje se v tuhém skupenství. Přirozeně ji lze najít v stejně jako kyselina kaprylová v kokosovém a palmovém oleji, v menší míře také v mléce. Je využívána jako konzervant a má antimikrobiální účinky (Sobley & Cymet 2016).

Kyselina laurová je mastná kyselina s dvanácti uhlíky v molekule. Vyskytuje se v pevném skupenství a je rozpustná v organických rozpouštědlech. Její rozpustnost ve vodě je omezená. Přirozeně se vyskytuje v rostlinných olejích (Sobley & Cymet 2016).

Kyselina myristová je mastná kyselina, která má ve své molekule čtrnáct uhlíků. Vyskytuje se jako bílá tuhá látka. Je součástí fosfolipidů a triacylglycerolů. Hraje důležitou roli při tvorbě buněčných membrán (Sobley & Cymet 2016).

Mononenasycené mastné kyseliny (MUFA, Mono Unsaturated Fatty Acids) obsahují jednu dvojnou vazbu ve svém řetězci. Struktura mononenasycených kyselin vede k jejich tekutému skupenství. Patří mezi neesenciální mastné kyseliny a v organismu se vyskytují dvě hlavní, kyselina palmitoolejová a olejová (Zeman 2006).

Kyselina palmitoolejová je derivátem nasycené mastné kyseliny palmitové. Je přirozeně se vyskytující kyselinou v tukách živočišného i rostlinného původu. Má protizánětlivé vlastnosti a reguluje metabolismus cholesterolu (Sobley & Cymet 2016).

Kyselina olejová je jednou z nejrozšířenějších mastných kyselin. Vyskytuje se v rostlinných olejích, jako je například olivový, palmový a slunečnicový olej (Sobley a Cymet 2016).

Polynenasycené mastné kyseliny (PUFA, Poly Unsaturated Fatty Acids) mají dvě nebo více dvojných vazeb (Zelenka 2014). Na základě polohy první dvojně vazby klasifikujeme polynenasycené mastné kyseliny jako n-3 nebo n-6. Tyto mastné kyseliny jsou nezbytnými strukturálními komponenty fosfolipidů v buněčných membránách (Kim & Voy 2021). Kyselina linolová (n-6) a α -linolenová (n-3) se řadí mezi esenciální živiny a zvířata si je nedokážou sama syntetizovat (Zelenka 2014).

Kyselina linolová je důležitá pro správné fungování imunitních funkcí. Při nedostatku dochází ke snížení přírůstků, hmotnosti, líhivosti vajec a ztučnění jater. Při nadbytku kyseliny linolové a nedostatku kyseliny α -linolenové může dojít ke kardiovaskulárním poruchám (Kodeš & Výmola 2003). Dále se při nedostatku esenciálních mastných kyselin mohou objevit symptomy, jako například zpomalený růst, zvýšená spotřeba vody a snížená odolnost proti chorobám. U samců dochází k opožděnému vývoji sekundárních pohlavních znaků. Hlavním následkem u nosnic je snížení velikosti vajec (Ravindran et al. 2016). Pro

zajištění dostatečného přísunu esenciálních mastných kyselin byla dle Leesonema a Semmersema (2005) navržena minimální dávka tuku 10 g/kg do stravy drůbeže.

3.2.3 Trávení a vstřebávání lipidů

Hlavní složkou lipidů je triacylglycerol, což je molekula glycerolu a tří mastných kyselin. Během trávení tuků dochází k odstranění dvou molekul mastných kyselin z triglycerolu, čímž vzniká monoglycerid. Při hydrolýze se triglyceridy rozkládají na vstřebatelné jednotky tuku, a to na dvě mastné kyseliny a monoglycerid (Ravindran et al. 2016).

Trávení lipidů je u drůbeže zahájeno v žaludku, kde jsou tuky mechanicky mleté a emulgované (Ravindran et al. 2016). Proteolytická aktivita pepsinu v žaludku napomáhá zahájit proces emulgace uvolňováním lipidů z matric buněčných stěn (Drackley 2000). Prostřednictvím střevních refluxů neboli reverzní peristaltiky, se kompenzuje kratší trávicí trakt. To umožňuje delší dobu zadržení krmiva, což poskytuje více času na trávení. Tyto střevní refluxy umožňují pohyb tráveniny mezi svalnatým a žlaznatým žaludkem a pohyb z duodena a jejunu zpět do žaludku (Lentle et al. 2013). Pomocí druhého refluxu, který ovlivňuje pohyb tráveniny z duodena a jejunu do žaludku, jsou do žaludku přiváděny žlučové soli, které zahajují proces emulgace. Částečně emulgované lipidové kapénky postupují žaludkem přes pylorický svěrač do horní části tenkého střeva neboli duodena. V tenkém střevě se stimuluje uvolňování hormonu cholecystokininu, který dále stimuluje uvolnění pankreatické a žlučové šťávy (Ravindran et al. 2016).

Žluč je vylučována z jater, kde se tvoří v hepatocytech. Skladována je ve žlučníku odkud je dodávána do střeva dvěma vývody. Primárními složkami žluči, které jsou potřebné pro trávení lipidů jsou žlučové soli a fosfolipidy. U drůbeže jsou žlučové soli konjugovány s taurinem v játrech, což zvyšuje rozpustnost lipidů ve vodě a také snižuje buněčnou toxicitu žlučových solí (Ravindran et al. 2016). Tuk jsou ve vodě nerozpustné a hlavní funkcí žluči je smíšení vody s olejem. Tento krok napomáhá emulgaci a aktivuje pankreatickou lipázu. Pankreatická lipáza je jedním z trávicích enzymů, který je vylučován slinivkou břišní.

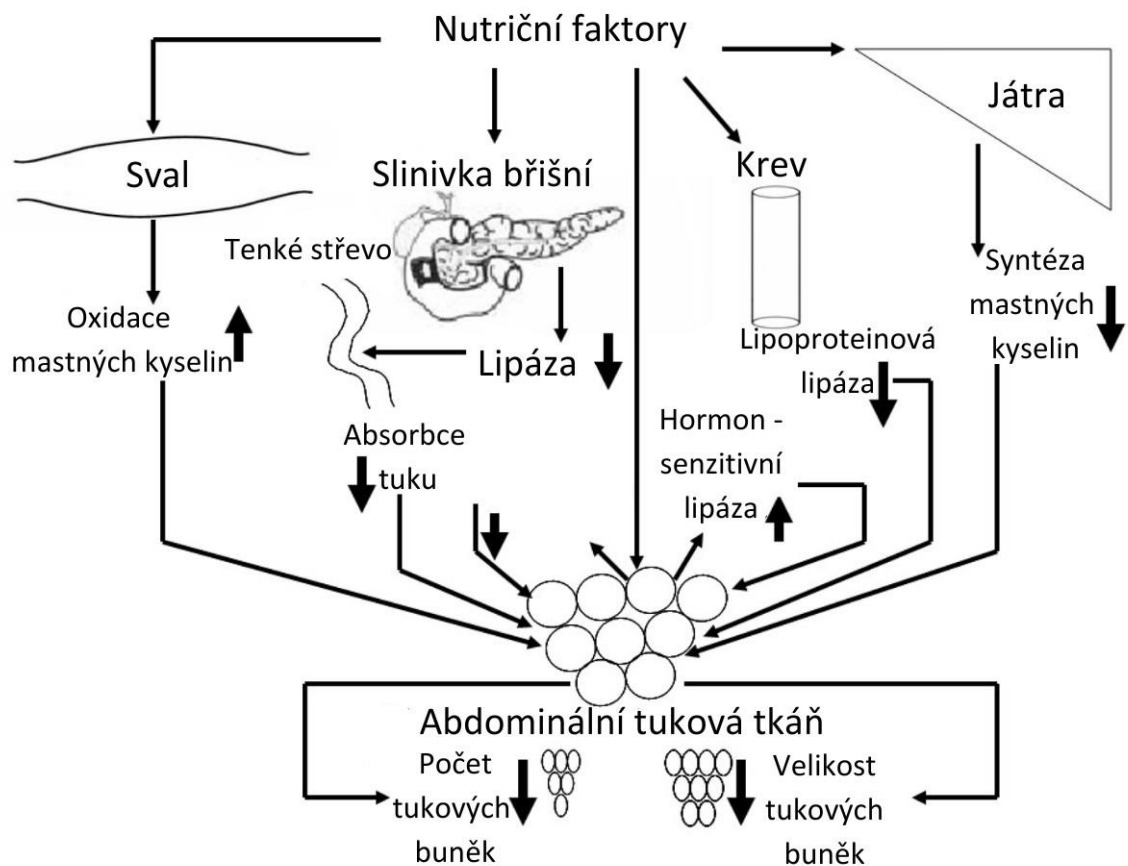
Hlavním místem trávení a vstřebávání tuků u drůbeže je jejunum a v menší míře trávení probíhá v duodenu (Tancharoenrat et al. 2014). Bylo popsáno, že v dolním ileu probíhá trávení a absorpce lipidů v minimální míře, a tak bylo trávení v zadním střevě (tlustém a slepém střevě) označeno za zanedbatelné (Renner 1965).

Volné mastné kyseliny a monoglyceridy jsou přímo absorbovány pasivní difuzí přes enterocyty. Tancharoenrat et al. (2014) pozorovali rozdíly mezi mastnými kyselinami z hlediska místa trávení a absorpce. Kyselina linolová je absorbována v celém střevním traktu. Zatímco kyselina palmitová, stearová a olejová je vstřebávána v jejunu. Nenasycené mastné kyseliny tvoří micely snadněji než nasycené mastné kyseliny s dlouhým řetězcem. Klíčem k absorpci konečných produktů lipolýzy je tvorba micel. Micely jsou ve vodě rozpustné a mohou být absorbovány mikrokly střeva (Tancharoenrat et al. 2014).

Mechanismy nutričních faktorů, které ovlivňují ukládání abdominálního tuku jsou znázorněny na Obrázku 6.

Nutriční faktory mohou:

- Snižovat syntézu mastných kyselin v játrech (klíčové místo pro syntézu mastných kyselin)
- Potlačovat sekreci pankreatické lipázy, která snižuje absorpci tuku
- Zvyšovat β -oxidaci mastných kyselin ve svazech
- Inhibovat aktivitu lipoproteinové lipázy v krvi nebo abdominální tukové tkáni
- Zvyšovat aktivitu hormon-senzitivní lipázy, což vede k redukci abdominální tukové tkáně snížením počtu nebo velikosti abdominálních tukových buněk (Fouad et El-Senousey 2014).



Obrázek 6. Schéma trávení lipidů u drůbeže (přeloženo do češtiny)

Zdroj: https://www.animbiosci.org/journal/Figure.php?xn=ajas-27-7-1057-20.xml&id=f1-ajas-27-7-1057-20&number=22896&p_name=0311_22896

3.3 Restrikce krmiva

Růstová výkonnost brojlerových kuřat se za posledních 30 let zvýšila díky genetickému pokroku a výživě až na 2 kg živé hmotnosti za pouhých 33 dní (Wilson 2005). Bohužel rychlá růstová schopnost brojlerových kuřat je doprovázena zvýšeným ukládáním tělesného tuku, vysokou úmrtností a výskytem metabolických poruch. Nejčastější výskyt se potvrdil u brojlerových kuřat, která konzumují krmivo *ad libitum*. Brojlerová kuřata krmena *ad libitně* spotřebovávají dvakrát až třikrát více energie, než je jejich udržovací potřeba. To vede k ukládání tuku, který je ekonomicky nežádoucím produktem. Drůbežářský průmysl se tedy zabývá snížením tuku v jatečně opracovaném těle brojlerových kuřat, aby se snížily nepříznivé účinky na lidské zdraví. Dalším důvodem kontroly příjmu krmiva u brojlerových kuřat bylo zabránění plýtvání krmiva, ke kterému dochází při krmení *ad libitum*. Ke snížení těchto problémů byla navržena restrikce krmiva (Sahraei 2012).

Časná restrikce krmiva se u brojlerových kuřat aplikuje za účelem vyvolání kompenzačního růstu, zlepšení konverze krmiva a snížení požadavků na údržbu ve fázi výkrmu. Což v konečném důsledku povede ke snížení nákladů na krmivo, a produkci kvalitního masa za nižší cenu (Teimouri et al. 2005). Kompenzační růst je definován jako abnormálně rychlý růst vzhledem k věku v rámci plemene či genotypu. Klíčovými mechanismy kompenzačního růstu jsou snížení nákladů na údržbu, zvýšený příjem krmiva, zvýšená efektivita růstu a zvýšená zátěž trávicího traktu (Sahraei 2012). Rychlý nárůst tělesné hmotnosti kompenzuje opožděný růst, ke kterému došlo během raných fází restrikcí krmiva (Khetani et al. 2009). Dle Lippens et. al. (2000) se toto promítá do snížených nákladů na údržbu, ale také do zlepšeného potenciálu využití krmiva u ptáků.

Restrikce krmiva je způsob krmení, při kterém jsou kuřata schopna dosáhnout stejné hmotnosti jako kuřata krmená *ad libitum*. Jsou to postupy, které lze použít k úpravě krmných strategií drůbeže s cílem do určité míry snížit růst, rychlost metabolismu, a tak zmírnit výskyt některých metabolických onemocnění, jako je ascites, kulhání a syndrom náhlého úhynu. A tak zlepšit konverzi krmiva a snížit náklady na krmivo (Sahraei 2012). Restrikce krmiva se dělí na kvantitativní a kvalitativní restrikci (Ebeid et al. 2022).

3.3.1 Kvantitativní restriktce

Kvantitativní restriktce krmiva je způsob krmení, při kterém dojde ke snížení množství krmiva, k časově omezenému přístupu do krmítka nebo ke snížení doby osvětlení krmení (Sahraei 2012; Ebeid et al. 2022a).

Fyzické omezení krmiva je jedním z nejběžnějších postupů používaných při restriktci krmiva drůbeže. Při tomto způsobu krmení je dodáváno vypočítané množství krmiva na jednoho ptáka (Sahraei 2014). Při této metodě je důležité pravidelné vážení ptáků a výpočet krmné dávky na denní bázi. Dále je nutné zabezpečit dostupnost krmítka, aby se zabránilo konkurenci mezi kuřaty, a tak by docházelo k nerovnoměrnému růstu v hejnu (Sahraei 2012). Další možností kvantitativní restriktce krmiva je metoda krmení v omezeném čase. To znamená, že dochází k odstranění krmiva na 8-24 hodin (Sahraei 2014). Je to technika pro omezení raného růstu (Dozier et al. 2002). Tato metoda krmení snižuje časný růst bez ovlivnění konečné tělesné hmotnosti (Sahraei 2012). Oyedeji a Atteh (2005) ve své studii uvedli, že krmení ptáků každý druhý den zlepšilo kvalitu jatečně upraveného těla.

Brojlerová kuřata chována v chovech se sníženým osvětlením přijímají menší množství krmiva, a proto lze tuto metodu zahrnout do definice restriktce krmiva. Ptáci jsou velmi citliví na světlo, které dokáže umožnit nastavení rytmu mnoha základních funkcí, které usnadňují techniku krmení. Brojlerová kuřata jsou běžně chována 23 hodin pod světlem. Předpokládá se, že při tomto světelném režimu je příjem krmiva vyšší. Nižší příjem a vyšší konverze krmiva byla pozorována u kuřat chovaných v přerušovaném světelném programu (Sahraei 2012).

3.3.2 Kvalitativní restriktce

Kvalitativní restriktce krmiva je způsob krmení, při kterém dojde k omezení živin v krmné dávce. Tento typ restriktce krmiva se zaměřuje na omezení příjmu specifických živin nebo složek stravy, avšak se nejedná o změnu celkového množství krmiva. Nejčastěji dojde ke snížení obsahu bílkovin, energie nebo dojde k zředění stravy pomocí vlákniny (Ebeid et al. 2022a). Pro zpomalení růstu rychle rostoucích genotypů lze použít krmnou dávku se sníženou koncentrací bílkovin (Sahraei 2012). Bílkoviny jsou nejdražší složkou krmné dávky, a proto je kladen zvláštní důraz na omezení bílkovin ve výživě drůbeže. Kvalitativní restriktce bílkovin může snižovat problémy spojené s kvantitativní restriktcí, jako je stres a hlad (Delezie et al. 2010).

Při metodě zředění krmné dávky se krmná dávka mísí s nestravitelnými složkami, jako je vláknina, a tak se snižuje hustota živin (Sahraei 2014). Tato metoda krmení zmírňuje chronický hlad, ke kterému může docházet při kvantitativní restriktci krmiva. Kvalitativní restriktce tedy umožňuje podávání většího množství krmiva bez zvýšení příjmu energie (Tahamtani et al. 2020).

Kvalitativní restriktce krmiva má za následek méně křehké, ale chutnější maso než maso brojlerů chovaných konvenčně (Komprda et al. 2000). Zároveň Chen et al. (2012) prokázali,

že krmení kuřat krmnou dávkou obsahující 70 % jejich energetické potřeby snížilo abdominální tuk a podkožní tuk ve srovnání s kontrolní skupinou.

V dřívějších studiích bylo pozorováno, že kvalitativní restrikce měla pozitivní vliv na konverzi krmiva a snížila úhyny (Fontana et al. 1992). Dále může být kvalitativní restrikce použita ke zmírnění tepelného stresu brojlerových kuřat chovaných v horkém klimatu (Nielsen et al. 2003).

3.3.3 Vliv restrikce krmiva na užítkovost kuřat

Strategie krmení u rostoucích brojlerových kuřat by měly být zaměřeny na optimalizaci tkání libového jatečně upraveného těla, poměru konverze krmiva a přírůstku tělesné hmotnosti (Teimouri et al. 2005).

Restrikce krmiva ovlivňuje rychlost růstu a dokáže snížit tělesnou hmotnost, zatímco zvýší konverzi krmiva brojlerových kuřat. To má za následek vyšší hmotnost v porážkovém věku ve srovnání s kontrolní skupinou krmnou *ad libitum*. A to v zásadě z důvodu vyššího hmotnostního přírůstku během dokončovací fáze vývoje. Pozitivní dopady restrikce krmiva jsou pravděpodobně ovlivněny zlepšením vývoje trávicího systému, zlepšením stravitelnosti a tím vyšším využitím krmiva a posílením imunitních reakcí (Ebeid et al. 2022).

Rychlé tempo raného růstu je úzce spojeno se zvýšeným stresem, výskytem metabolických poruch, jako je ascites, vede ke kosterním problémům a syndromu náhlého úhynu (Sahraei 2014). To má za následek snížení užítkovosti brojlerových kuřat a následné ekonomické ztráty (Sahraei 2012). Restrikce krmiva snižuje negativní dopad rychlého růstu a snižuje míru úhynu (Lippens et al. 2000). Bylo prokázáno, že rychlost růstu koreluje s výskytem ascitu. Ascites je stav, při kterém se v tělesné dutině hromadí serózní tekutina, což vede k úhynu. Nejčastějšími poruchami končetin jsou kosterní defekty vyskytující se v kostech a kloubech. Syndrom náhlého úhynu se nejčastěji vyskytuje u nejtěžších ptáků v hejnu. Výskyt syndromu náhlého úhynu se vyskytuje od 1,5-4 %. Bylo dokázáno, že restrikce krmiva dokáže snížit tento syndrom až na 0 % (Sahraei 2012).

3.3.4 Vliv restrikce krmiva na jatečné parametry

Konečná tržní hmotnost je ovlivněna rychlostí, délkou a intenzitou restrikce krmiva. Restrikce krmiva stimuluje kompenzační růst během období realimentace u brojlerových kuřat (Saleh et al. 2005). Rychlý nárůst tělesné hmotnosti kompenzuje opožděný růst, ke kterému došlo během raných fází restrikce krmiva. Rozsah, v jakém brojlerová kuřata vykazují kompenzační růst závisí na mnoha faktorech, jako je prostředí, pohlaví a způsob restrikce krmiva (Lippens et al. 2000). Dle studie, kterou provedli Khetani et al. (2009) se uvádí, že brojlerová kuřata, která byla krmena metodou kvantitativní restrikce, byla schopna kompenzačního růstu v pozdějších fázích výkrmu, a tak dosáhla tržní hmotnosti rovné té, kterou dosáhla brojlerová kuřata krmena *ad libitum*.

Jatečná výtěžnost je jednou z klíčových jatečných charakteristik, která může být ovlivněna restrikcí krmiva. Během růstu v průběhu restrikce dochází k primárně růstu a

vývoji orgánů (srdce, žaludek, játra). Restrikce krmiva ale nemá žádný významný dopad na relativní hmotnost jater a srdce (Ahsan & Cengiz 2020). K tomu dochází i během období kompenzačního růstu, což může následně ovlivnit hmotnost jatečně opracovaného trupu a cenných partií (Lippens et al. 2000). Některé studie uvádějí, že restrikce krmiva může mít negativní vliv na porážkovou hmotnost a na relativní hmotnost prsní svaloviny. Prsní svalovina je nejcennější partií jatečně opracovaného těla drůbeže a může být ovlivněna restrikcí krmiva a její intenzitou. Pokles výtěžnosti prsní svaloviny byl pozorován u kuřat krmených s deficitem bílkovin (Kreuzer et al. 2020). Avšak tyto výsledky se nepotvrdili ve studii Van der Klein et al. (2017). Například u kuřat krmených metodou kvantitativní restrikce krmiva došlo dle Sahel et al. (2005) k vyšší výtěžnosti prsní svaloviny v porovnání s kuřaty krmenými *ad libitum*. Nedávná studie ukázala, že časná restrikce krmiva vedla ke zvýšení intramuskulárního tuku v prsním svalu (Velleman et al. 2014). Další cennou partií u drůbeže jsou stehna. Dle Tůmové (2019) nemá restrikce krmiva žádný významný vliv na výtěžnost stehen.

Souhrně je tedy zřejmé, že výsledky vlivu restrikce krmiva na jatečné parametry, které jsou spojeny s tržní hmotností jsou často nekonzistentní a protichůdné. Tyto protichůdné výsledky zejména souvisí na technice krmení, pohlaví, trvání a intenzitě restrikce (Ebeid et al. 2022b).

3.3.5 Vliv restrikce krmiva na obsah tuku

Na ukládání tuku mají vliv faktory vnějšího prostředí, jako je teplota, systém chovu a režim osvětlení. Jedním z nejvýznamnějších z nich je ale výživa (Jennen 2004).

Vliv restrikce krmiva na obsah tuku u kuřat má v literatuře protichůdné výsledky. Dle Sahraei (2012), vede kontrolované krmení ke snížení abdominálního tuku v jatečně upraveném těle brojlerových kuřat. Toto tvrzení bylo prokázáno i v dřívější studii, kde byla kuřata krmena restriktivním příjmem krmiva, což mělo vliv na obsah tuku v jatečně upraveném těle v tržním věku ve srovnání s kuřaty krmenými *ad libitum* (Sahel et al. 2005). Tato tvrzení však nebyla potvrzena ve studii, kterou provedli Lippens et al. (2000), kteří nepozorovali ve své studii žádný účinek restrikce krmiva na obsah tuku v jatečně upravených těl ve srovnání s kontrolní skupinou krmenou *ad libitum*. Zvýšení procenta abdominálního tuku může být způsobeno kvalitativní nízkoproteinovou restrikcí krmiva (Wang et al. 2013). Toto tvrzení se ale neshoduje s nedávnými výsledky studie Kreuzer et al. (2020), kteří pozorovali snížení obsahu tuku u kuřat krmených nižším obsahem proteinu v krmné dávce.

3.3.5.1 Abdominální tuk

Abdominální tuk je tuk vyskytující se v oblasti břicha, kde obklopuje orgány vyskytující se v dutině břišní, jako jsou játra, žaludek a střeva (Tůmová & Teimouri 2010). U brojlerových kuřat představuje abdominální tuková tkáň přibližně 2-3% živé hmotnosti (Leenstra 1986). Z celkového tělesného tuku tvoří 20 %. Nadměrná akumulace abdominálního tuku má vliv na

kvalitu masa a zdraví drůbeže. Může vést ke zhoršení konverze krmiva, což může mít za následek snížení efektivity masné produkce (Tůmová & Teimouri 2010).

Abdominální tuková tkáň roste rychleji v porovnání s jinými tkáněmi. Abdominální tukový polštář je spolehlivým parametrem pro posuzování celkového obsahu tělesného tuku, protože je přímo spojen s celkovým obsahem tělesného tuku u ptáků (Fouad & El-Senousey 2014).

Věk a pohlaví mají vliv na ukládání tuku. Nikolová et. al (2007) zjistila, že rychle rostoucí kuřice mají vyšší množství abdominálního tuku než kohoutci. Tyto rozdíly jsou pravděpodobně následkem rozdílného metabolismu, odlišnými schopnostmi akumulace tuku, nutričními potřebami a vlivem pohlavních hormonů.

3.3.5.2 Intramuskulární tuk

Intramuskulární tuk neboli vnitrosvalový tuk se nachází uvnitř svalu mezi svalovými vlákny (Hocquette et al. 2010). U spotřebitelů hraje významnou roli, jelikož je ukazatelem kvality. Minimální množství intramuskulárního tuku je žádoucí, jelikož má pozitivní vliv na šťavnatost, jemnost a chuť masa (Tůmová & Teimouri 2010). Avšak nadměrné množství intramuskulárního tuku vede k nežádoucím vlastnostem textury a chuti masa (Luo et al. 2022).

3.3.5.3 Podkožní tuk

Subkutánní neboli podkožní tuk je typ tukové tkáně, která se nachází pod kůží (Driskell et al. 2014). Podkožní tuk představuje přibližně 11-15% hmotnosti jatečně upraveného těla kuřat. Z celkového tělesného tuku tvoří podkožní tuk 18 % (Tůmová & Teimouri 2010). Je diferenciován již v embryonálním vývoji a při vylíhnutí je dobře vyvinutý a slouží jako zdroj energie a jako tepelná izolace. Vyskytuje se nejvíce v oblasti krku a prsou (Tan et al. 2022).

3.3.5.4 Adipocyty

Adipocyty jsou hlavními specializovanými buněčnými složkami tukové tkáně. Primární funkcí adipocytů je řídit energetickou rovnováhu ukládáním triacylglycerolu v období přebytku energie a jeho mobilizaci během negativní energetické bilance (Lefterova & Lazar 2009). Když se adipocyty nahromadí ve velkém množství, stávají se převládajícím buněčným typem a tvoří tukovou tkáň (Ali et al. 2013).

Tuková tkáň je areolární pojivová tkáň a tvoří zejména podkožní izolační vrstvu, která pomáhá regulovat tělesnou teplotu (Ali et al. 2013). Tuková tkáň zprostředkovává patofyziologické procesy, které řídí metabolismus glukózy, imunologické a zánětlivé reakce, regulaci krevního tlaku a reprodukční funkce (Lefterova & Lazar 2009). Množství tukové tkáně je regulováno hormony, včetně hormonu leptinu, který je produkován samotnými adipocyty. Tuková tkáň se tedy rozšiřuje, když se zvyšuje počet a velikost adipocytů.

Adipocyty jsou diferenciovány z preadipocytů a během procesu adipogeneze dosáhnou zralosti a stávají se funkčními (Ali et al. 2013).

Lze rozlišit více druhů adipocytů, a to bílé, hnědé a šedé adipocyty. Hlavní funkcí bílých adipocytů je zásoba energie a produkce hormonu leptinu, který reguluje hladinu glukózy v krvi a energetickou bilanci. Hnědé adipocyty jsou důležité při termoregulačních procesech za účelem produkce tepla (Scheja & Heeren 2016).

3.3.6 Vliv restrikce krmiva na mastné kyseliny

Složení mastných kyselin v tukové tkáni může být významně ovlivněno restrikcí krmiva. V poslední době je profil mastných kyselin z hlediska výživové hodnoty pro spotřebitele a vlivu na zdraví důležitý. V průběhu restrikce krmiva dochází ke změnám metabolismu tuků a tukové rezervy jsou využívány jako zdroj energie (Mellouk et al. 2018).

Mastné kyseliny mají vliv na vlastnosti jatečně upraveného těla, zejména na ukládání tuku (Ravindran et al. 2016). Při krmení krmivem obsahující nasycené mastné kyseliny dosahují kuřata stejné růstové výkonosti jako při krmení krmivem s obsahem nenasycených mastných kyselin, avšak obsah abdominálního tuku byl výrazně nižší u kuřat krmených dietou obsahující nenasycené mastné kyseliny. Tímto mechanismem nenasycené mastné kyseliny snižují ukládání abdominálního tuku na rozdíl od nasycených (Fouad & El-Senousey 2014).

Vliv na mastné kyseliny má tedy délka a intenzita restrikce krmiva. Dlouhá a intenzivní restrikce krmiva může mít za následek významnější dopad na složení mastných kyselin a metabolismus tuků (Mellouk et al. 2018).

4 Metodika

4.1 Materiály a metody

K provedení výkrmového pokusu pro stanovení ukazatelů užitkovosti a kvality masa brojlerových kuřat bylo vybráno celkem 1440 jednodenních kuřat. V rámci experimentu byla využita kuřata tří různých genotypů, a to rychle rostoucí kuřata genotypu Ross 308, kuřata střední rychlosti růstu genotypu JA757 a pomalu rostoucí kuřata genotypu ISA Dual. Kuřata byla na základě genotypu (Ross, JA757 a ISA Dual) a techniky krmení (*ad libitum* vs. restrikce) rozdělena do 6 skupin po 80 kusech se třemi opakováními. Restrikce byla kvantitativní, kdy kuřata dostávala mezi 14. a 21. dnem věku 70 % *ad libitní* krmné dávky. Mimo tohoto týdne byla kuřata krmena *ad libitum*. Skupiny byly krmeny třífázovou krmnou směsí určenou pro výkrm kuřat, jejíž složení je podrobně popsáno v Tabulce 1. Krmná směs BR1 byla u všech genotypů zkrmována do 14 dnů věku, BR2 u genotypu Ross od 15 do 28 dnů věku, u JA757 a ISA Dual od 15 do 38 dnů věku a BR 3 u genotypu Ross od 29. dne věku a u JA757 a ISA Dual od 36. dne do konce výkrmu. V Tabulce 1 je uvedeno nutriční složení krmných směsí. Kuřata měla neomezený přístup k vodě po celou dobu experimentu.

Výkrm kuřat byl proveden v hale na podestýlce s hustotou osazení 14,7 kuřat/1 m² za identických podmínek, které splňovaly požadavky pro výkrm kuřat. Světelný režim byl následující:

- 1. až 7. den bylo 23 hodin světlo a 1 hodina tma
- od 8. dne až do konce výkrmu bylo 18 hodin světlo a 6 hodin tma

Pokus byl ukončen, jakmile kuřata dosáhla průměrné živé hmotnosti 2 kg. Z každé skupiny bylo náhodně vybráno 20 kuřat (s poměrem pohlaví 1:1) pro porážku a následnou analýzu. Trupy kuřat byly po porážce vykrveny, oškubány, zbaveny hlavy, běháků a vnitřností. Následně byly jatečně opracované trupy zchlazeny, a to při teplotě 4 °C po dobu 24 hodin. Procentuální podíl byl vypočítán z hmotnosti jatečně opracovaných trupů bez vnitřností a tuků. Během jatečného rozboru byl odebrán abdominální tuk, který následně sloužil pro analýzu adipocytů. Sval *Pectoralis major* byl odebrán pro stanovení chemického složení masa a mastné kyseliny se stanovovaly ve stehenní svalovině.

Tabulka 1: Složení krmných směsí

Suroviny (%)	BR1	BR2	BR3
Pšenice	46,25	59,54	64,11
Kukuřice	15,00	8,00	5,00
Sójový extr. šrot 48 %	30,65	25,70	22,85
Rybí moučka	1,00	-	-
Monokalciumpfosfát	0,53	0,34	0,17
Uhličitan vápenatý	1,49	1,20	1,13
Sůl krmná	0,23	0,20	0,23
Olej sójový	3,05	1,00	-
Tuk živočišný	-	2,42	5,33
Síran sodný	0,11	0,12	0,08
Premixy aminokyselin	0,75	0,76	0,69
Premixy vit.,enz., DL, org. kys.	0,94	0,72	0,41
Obsah živin			
Dusíkaté látky (g/kg)	216,38	195,93	184,83
Tuk (g/kg)	51,00	52,72	70,89
Lysin str. (g/kg)	11,89	10,68	9,48
Methionin str. (g/kg)	5,64	4,94	4,39
Vápník fytáza (g/kg)	9,35	7,74	6,97
Fosfor využ. (g/kg)	4,49	3,90	3,51
Vitamin A (m.j./kg)	15000	9999	10000
Vitamin D3 (m.j./kg)	4998	4998	5000
Meabolizovatelná energie (MJ/kg)	12,55	12,89	13,49

4.1.1 Histochemické analýzy svalových vláken

Vzorky abdominálního tuku byly odebrány při jatečném rozboru 24 hod. *post mortem* a uskladněny při -20 °C v mrazáku až do samotných analýz. Během analýzy byly při teplotě -20 °C vzorky nařezány na řezy o tloušce 15-20 µm pomocí kryostatu s rotačním mikrotonem Leica CM 1850 (Leice Microsystems Nussloch GmbH, Nussloch, Německo). Řezy byly následně přeneseny na podložní sklíčko a zbarveny hematoxylinem a eosinem pro získání základních histologických charakteristik. Po dobu jedné minuty byly řezy nejprve namočeny do vody a poté ponořeny do kyvety s hematoxylinem. V hematoxylinu byly řezy ponořeny po dobu čtyř minut. Následně byly vzorky opláchnuty ve dvou kyvetách s vodou a ponořeny do kyvety s eosinem na 3 minuty. Poslením krokem byl oplach v destilované vodě a řezy byly ponechány chvíli pro oschnutí přebytečné vody. Ihned po nařezání byly získány snímky všech preparátů pomocí optického mikroskopu s fotoaparátém Nikon Eclipse E200 (Nikon, Tokyo, Japonsko) a následně zpracovány softwarem NIS-Elements AR 3.2 (Laboratory Imaging s.r.o., Nikon, Tokio, Japonsko).

4.1.2 Chemické složení

Během jatečného rozboru pro stanovení chemického složení masa byla odebrána část prsní svaloviny z levého prsního svalu za účelem určení nutriční hodnoty.

Po odběru byly vzorky homogenizovány, zmrazeny a skladovány při teplotě -20 °C až do samostatných analýz. Dle metod AOAC (1995) byly provedeny chemické analýzy, a to obsah sušiny, N-látek, tuku a popelovin. Obsah sušiny byl určen sušením vzorků při teplotě 105 °C až do konstantní hmotnosti v horkovzdušné sušárně. N-látky byly detekovány přístrojem Kjeltec Auto 1030 Analyzer (Tecator, AB, Sweden) pomocí Kjeldahlovy metody (byl použit přepočítávací faktor 6,25). Pomocí petroletheru (AOAC 1995) byl detekován intramuskulární tuk Soxhletovou metodou na přístroji Soxhlet 1043 (FOSS Tecator AB, Höganäs, Sweden). Obsah popelovin byl určen spálením vzorků při teplotě 550 °C v muflové peci.

4.1.3 Složení mastných kyselin

Ve svalovině stehna bylo zkoumáno zastoupení mastných kyselin. Po extrakci lipidů byly stanoveny methylestery dle metodiky Folche et al. (1957). Methanolýza byla katalyzována za přítomnosti hydroxidu draselného. Kyseliny byly extrahovány ve formě methylesterů do heptanu. Tyto methylestery byly poté analyzovány plynovým chromatografem Master GC (Dani Instruments S.p.A., Itálie) (split režim, detektor FID) na koloně se stacionární fází polyethylen glycol (FameWax – 30 m x 0,32 mm x 0,25 µm). Jako nosný plyn bylo použito helium s průtokem 5 ml/1 minutu.

Podmínky pro analýzu:

- teplota vstřiku 50 °C (po dobu 2 minut)
- zvyšování teploty o 10 °C/1 minutu až až na 230 °C (s udržením po dobu 8 minut)
- teplota detektoru 220 °C.

Výsledky byly zpracovány a vyhodnoceny za pomoci programu Clarity 2.5. a kvantifikovány na základě retenčních časů známých ze standardu Food Industry FAME Mix od společnosti Restek. Aterogenní index byl vypočítán dle metody Chilliard et al. (2003) jako součet (C12:0 + 4 x C14:0 + C16:0) dělený součtem mononenasyčených a polynenasycených mastných kyselin. Trombogenní index byl určen dle metodiky Ulbrichta a Southgata (1991) pomocí vzorce $(C14:0 + C16:0 + C18:0) / (0,5 \times \text{mononenasyčené mastné kyseliny} + 0,5 \times (n-6) \text{ polynenasycené mastné kyseliny} + 3 \times (n-3) \text{ polynenasycené mastné kyseliny} + (n-3/n-6) \text{ polynenasycené mastné kyseliny})$.

4.1.4 Statistické hodnocení výsledků

Výsledky jatečné hodnoty, histochemických vlastností adipocitů a chemických vlastností kvality masa byly podrobeny statické analýze pomocí programu SAS 9.4 (SAS Institute, Inc., 2013) metodou analýzy rozptylu (ANOVA) s interakcemi mezi genotypem a technikou krmení. Průkazná hodnota byla stanovena jako $P \leq 0,05$. Rozdíly mezi skupinami byly označeny různými písmeny za účelem vyjádření jejich statistické významnosti.

5 Výsledky

5.1 Jatečný rozbor

Rozbor jatečných parametrů hodnocených vykrmovaných kuřat je zobrazen v Tabulce 2. Živá hmotnost nebyla průkazně ovlivněna interakcemi mezi genotypem a technikou krmení a samotnou technikou krmení, avšak tento ukazatel byl ovlivněn genotypem ($P < 0,001$). Nejvyšší naměřená hmotnost při technice krmení *ad libitum* byla u brojlerového kuřete genotypu Ross 308, zatímco nejnižší hmotnost byla naměřena u genotypu ISA Dual. Restrikce krmiva nejvíce ovlivnila živou hmotnost brojlerových kuřat genotypu Hubbard JA757, která oproti ostatním genotypům byla vyšší než živá hmotnost při technice krmení *ad libitum*, ikdyž tento vliv nebyl průkazný.

U jatečně opracovaného trupu nebyly významné rozdíly ovlivněny interakcemi mezi genotypem a technikou ani samotnou technikou krmení. Tento parametr byl ale ovlivněn genotypem ($P = 0,004$). Hmotnost jatečně opracovaného těla brojlerových kuřat Ross 308 a ISA Dual se výrazně nelišila po krmení *ad libitum* a restriktivním krmením. U genotypu Hubbard JA757 došlo ke snížení hmotnosti jatečně opracovaného těla o 62 g.

Kůže krku a stehna a abdominální tuk jsou hlavními depotními centry tuku u drůbeže. Kůže stehna byla vážena za účelem zjištění podkožního tuku. Kůže krku byla ovlivněna genotypem ($P < 0,001$) a interakcemi ($P = 0,014$), ale tento parametr nebyl ovlivněn technikou krmení. Hmotnost kůže krku se po restriktivním krmení snížila u genotypu Ross 308. U genotypů Hubbard JA757 a ISA Dual naopak došlo ke zvýšení hmotnosti kůže na krku, což může být ovlivněno délkou výkrmu těchto kuřat.

Genotypem ovlivněná hmotnost kůže stehna ($P = 0,029$) nebyla ovlivněna technikou krmení ani interakcemi mezi genotypem a technikou krmení. Genotyp Hubbard JA757 a ISA Dual měly průkazně vyšší hmotnost kůže stehna, a tím tedy podkožního tuku ve srovnání s genotypem Ross 308.

Abdominální tuk byl ovlivněn pouze genotypem ($P < 0,001$) a jednotlivé skupiny se lišily v příslušném parametru. Hmotnost abdominálního tuku stoupla u jednotlivých genotypů v následujícím pořadí: Ross 308 < ISA Dual < Hubbard JA757. K nejvýznamnějšímu snížení hmotnosti abdominálního tuku došlo u genotypu brojlerového kuřete ISA Dual po restrikci krmiva o 5,8 g. U genotypu Ross 308 došlo k mírnému nárůstu hmotnosti abdominálního tuku o 1 g, nicméně tyto změny nebyly průkazné.

Procentuální podíl parametrů kůže krku, kůže stehna a abdominálního tuku nebyl ovlivněn genotypem, technikou krmení ani interakcemi. Skupiny se tedy v tomto parametru nelišily a měly podobné hodnoty.

Tabulka 2: Jatečný rozbor

	Ross 308		Hubbard JA757		ISA Dual		SEM	Průkaznost		
	<i>Ad libitum</i>	Restrikce	<i>Ad libitum</i>	Restrikce	<i>Ad libitum</i>	Restrikce		Genotyp	TK	Genotyp*TK
Živá hmotnost (g)	2019	1978	2016	2018	1902	1886	9,08	<0,001	0,235	0,526
JOT (g)	1361	1331	1413	1351	1296	1269	12,52	0,004	0,102	0,805
Kůže krku (g)	34,8 ^{bc}	31,6 ^c	37,8 ^c	43,5 ^a	44,5 ^a	45,8 ^a	0,77	<0,001	0,307	0,014
Kůže stehna (g)	16,5	17,0	18,5	18,3	19,0	17,6	0,28	0,029	0,490	0,422
Abdominální tuk (g)	22,3	23,3	32,7	32,3	31,7	25,9	1,12	<0,001	0,482	0,419
Kůže krku (%)	2,57	2,37	2,67	4,32	3,44	3,62	0,21	0,067	0,198	0,170
Kůže stehna (%)	1,21	1,27	1,31	1,96	1,47	1,39	0,12	0,386	0,361	0,390
Abdominální tuk (%)	1,56	1,76	2,31	3,52	2,49	1,43	0,23	0,065	0,796	0,129

SEM: střední chyba průměru, JOT: jatečně opracovaný trup, TK: technika krmení

^{a,b,c} P < 0,05 = hodnoty s odlišnými indexy se liší

5.2 Chemické složení

Chemické složení je uvedeno v Tabulce 3, kde je popsán procentuální podíl sušiny, N-látek, tuku, popelovin, hydroxyprolinu a cholesterolu v prsní svalovině.

Procentuální podíl sušiny byl ovlivněn genotypem ($P < 0,001$) a interakcemi mezi genotypem a technikou krmení ($P = 0,021$). Jednotlivé skupiny se v příslušném parametru lišily. U brojlerových kuřat genotypu ISA Dual došlo ke zvýšení procentuálního podílu sušiny po restriktivním krmení. Zatímco u genotypů brojlerových kuřat Ross 308 a Hubbard JA757 došlo k nepatrnému snížení, což odráží i podíl N-látek u těchto skupin.

Podíl N-látek nebyl ovlivněn technikou krmení ani interakcemi mezi genotypem a technikou krmení. Skupiny se nelišily a měly podobné hodnoty. Avšak tento parametr byl ovlivněn genotypem ($P < 0,001$). Rychle rostoucí kuřata genotypu Ross 308 měla nižší zastoupení N-látek v prsní svalovině v porovnání s pomaleji rostoucími kuřaty genotypu Hubbard JA757 a ISA Dual, kde byl tento podíl nejvyšší.

Parametr procentuálního podílu tuku byl ovlivněn genotypem ($P < 0,001$) a interakcemi mezi genotypem a technikou krmení ($P = 0,006$). U brojlerového kuřete genotypu ISA Dual a Hubbard JA757 došlo k nárůstu procentuálního podílu tuku po restrikci krmiva. Naopak tomu bylo u genotypu Ross 308, u kterého došlo ke snížení hodnoty o 0,19 %.

Rozdíl mezi skupinami při procentuálním podílu popelovin nebyl ovlivněn samotnou technikou krmení ani interakcemi mezi genotypem a technikou krmení. Skupiny se v tomto parametru liší a mají rozdílné hodnoty. Samotný genotyp měl výrazný vliv na procento popelovin ($P < 0,001$). Nejvyšší zastoupení popelovin bylo u genotypu Hubbard 757, následoval genotyp Ross 308 a nejnižší podíl popelovin byl v prsní svalovině kuřat ISA Dual.

Hydroxyprolin byl ovlivněn genotypem ($P < 0,001$), technikou krmení ($P < 0,001$) a interakcemi mezi genotypem a technikou krmení ($P < 0,001$). Nejvyšší hydroxyprolin byl zjištěn u kuřat ISA Dual krmených restriktivně, což může být způsobeno delší dobou výkrmu. Naproti tomu rychle rostoucí kuřata Ross 308 měla hodnoty hydroxyprolinu nejnižší.

Cholesterol byl prokazatelně ovlivněn genotypem ($P < 0,001$) avšak nebyl ovlivněn technikou krmení ani interakcí mezi genotypem a technikou krmení. Genotyp Ross 308 měl nejvíce cholesterolu v prsní svalovině, následovala kuřata genotypu Hubbard JA757 a nejnižší hodnoty měla kuřata ISA Dual v případě *ad libitního* krmení.

Tabulka 3: Chemické složení svalu *pectoralis major*

	Ross 308		Hubbard JA757		ISA Dual		SEM	Průkaznost		
	<i>Ad libitum</i>	Restrikce	<i>Ad libitum</i>	Restrikce	<i>Ad libitum</i>	Restrikce		Genotyp	TK	Genotyp*TK
Sušina (%)	25,01 ^c	24,66 ^d	26,63 ^b	26,50 ^b	26,99 ^a	27,29 ^a	1,02	<0,001	0,527	0,021
N-látky (%)	21,94	21,59	23,56	23,44	23,80	23,96	0,99	<0,001	0,330	0,131
Tuk (%)	0,88	0,69	0,43	0,44	0,40	0,47	0,23	<0,001	0,299	0,006
Popeloviny (%)	1,17	1,16	1,19	1,19	1,10	1,12	0,05	<0,001	0,431	0,205
Hydroxyprolin (%)	0,48	0,47	0,48	0,50	0,54	0,68	0,01	<0,001	<0,001	<0,001
Cholesterol (mg/kg)	425,74	408,83	345,68	316,36	299,98	362,04	9,02	<0,001	0,747	0,051

SEM: střední chyba průměru, TK: technika krmení

^{a,b,c,d} P < 0,05 = hodnoty s odlišnými indexy se liší

5.3 Mastné kyseliny

Mastné kyseliny u hodnocených vykrmovaných kuřat jsou popsány v Tabulce 4. SFA (nasyčené mastné kyseliny) byly ovlivněny genotypem ($P < 0,001$), technikou krmení ($P = 0,040$) a interakcemi mezi genotypem a technikou krmení ($P < 0,001$). Při technice krmení *ad libitum* byla největší naměřená hodnota u kuřete genotypu ISA Dual 40,31 g/100 g. Stejně tomu tak bylo při změně techniky na restriktivní krmení. U genotypů Ross 308 a Hubbard JA757 došlo ke zvýšení hodnot při restriktivním krmení oproti *ad libitum*. U ISA Dual tomu však bylo naopak.

Sledované skupiny se v obsahu MUFA (nenasyčených mastných kyselin) lišily a tento parametr byl ovlivněn genotypem ($P < 0,001$) a interakcemi mezi genotypem a technikou krmení ($P = 0,004$). Samotná technika krmení průkazně parametr neovlivnila. Největší naměřené hodnoty se vyskytovaly u genotypu Ross 308, jak při krmení *ad libitum*, tak i restriktivně. U sledovaných skupiny Ross a Hubbard JA757 došlo restriktivním krmením ke snížení obsahu MUFA. U ISA Dual naopak došlo ke zvýšení této hodnoty.

PUFA (polynenasycené mastné kyseliny) byly prokazatelně ovlivněny genotypem ($P = 0,004$) a interakcemi mezi genotypem a technikou krmení ($P < 0,001$). Samotná technika krmení však prokazatelně obsah PUFA neovlivnila. U genotypů Hubbard JA757 a ISA Dual došlo po restriktivní technice krmení ke zvýšení hodnot. Oproti tomu u genotypu Ross 308 bylo zaznamenáno snížení.

n-6 PUFA byly průkazně ovlivněny genotypem ($P = 0,003$) i interakcemi mezi genotypem a technikou krmení ($P = 0,002$) avšak nebyly ovlivněny technikou krmení. Stejně jako u předchozího parametru PUFA došlo u brojlerového kuřete genotypu Ross 308 vzhledem k restrikci krmení ke snížení hodnoty.

n-3 PUFA byly ovlivněny samotnou technikou krmení ($P = 0,049$) a interakcí mezi genotypem a technikou krmení ($P = 0,007$). Genotyp prokazatelně tento parametr neovlivnil. Nejnižší hodnoty při krmení *ad libitum* byly zaznamenány u genotypu ISA Dual. Avšak po restrikci krmiva nejnižší hodnoty byly naměřeny u genotypu Ross 308.

Poměr n-6/n-3 byl ovlivněn technikou krmení ($P = 0,004$) a interakcemi mezi technikou krmení a genotypem ($P = 0,024$). Tento parametr genotyp významně neovlivnil. Nejvýraznějšímu rozdílu mezi hodnotami naměřenými při krmení *ad libitum* a restriktivně došlo u genotypu brojlerového kuřete ISA Dual, kde byl rozdíl mezi hodnotami 2,01.

Poměr n-3/n6 nebyl prokazatelně ovlivněn genotypem. Byl tedy ovlivněn technikou krmení ($P = 0,003$) a interakcemi mezi genotypem a technikou krmení ($P = 0,018$). U naměřených hodnot u genotypu Ross 308 nebyl zaznamenán žádný rozdíl a naměřená hodnota byla stejná. U genotypu Hubbard JA757 a ISA Dual došlo k nevýznamnému zvýšení naměřené hodnoty.

Aterogenní index byl ovlivněn interakcemi mezi genotypem a technikou krmení ($P < 0,001$). A trombogenní index byl také ovlivněn genotypem a interakcemi mezi genotypem a technikou krmení ($P < 0,001$). Zatímco u kuřat genotypů Ross 308 a Hubbard JA757 se

aterogenní a trombogenní index s restrikcí krmiva zvýšil, u genotypu ISA Dual tomu bylo naopak.

Tabulka 4: Mastné kyseliny ve stehenní svalovině

	Ross 308		Hubbard JA757		ISA Dual		SEM	Průkaznost		
	<i>Ad libitum</i>	Restrikce	<i>Ad libitum</i>	Restrikce	<i>Ad libitum</i>	Restrikce		Genotyp	TK	Genotyp*TK
SFA (g/100g)	34,32 ^c	37,80 ^b	35,41 ^c	37,78 ^b	40,31 ^a	37,82 ^b	0,32	<0,001	0,040	<0,001
MUFA (g/100g)	43,70 ^a	42,99 ^a	42,46 ^a	39,55 ^b	38,33 ^b	39,37 ^b	0,30	<0,001	0,071	0,004
PUFA (g/100g)	21,98 ^a	19,21 ^b	22,13 ^a	22,67 ^a	21,36 ^a	22,81 ^a	0,25	0,004	0,570	<0,001
n-6 PUFA (g/100g)	19,50 ^a	16,98 ^b	19,74 ^a	19,98 ^a	19,14 ^a	19,82 ^a	0,21	0,003	0,175	0,002
n-3 PUFA (g/100g)	2,10 ^b	1,93 ^b	2,04 ^b	2,21 ^{ab}	1,87 ^b	2,44 ^a	0,05	0,458	0,049	0,007
n-6/n-3 (g/100g)	9,34 ^{bc}	9,42 ^{abc}	10,19 ^{ab}	9,41 ^{abc}	10,43 ^a	8,42 ^c	0,16	0,472	0,004	0,024
n-3/n-6 (g/100g)	0,11	0,11	0,10	0,11	0,10	0,12	0,00	0,632	0,003	0,118
AI	0,46 ^b	0,58 ^a	0,48 ^b	0,52 ^b	0,60 ^a	0,48 ^b	0,01	0,136	0,419	<0,001
TI	0,88 ^d	1,04 ^b	0,93 ^{cd}	1,02 ^{bc}	1,14 ^a	0,99 ^{bc}	0,01	0,002	0,267	<0,001

SEM: střední chyba průměru, TK: technika krmení, AI: aterogenní index, TI: trombogenní index

a,b,c,d P < 0,05 = hodnoty s odlišnými indexy se liší

5.4 Adipocyty

Počet, plocha, průměr, obvod a kruhovitost adipocytů u zkoumaných genotypů kuřat jsou popsány v Tabulce 5.

Počet adipocytů na 1mm² byl ovlivněn genotypem (P=0,046), ale samotná technika krmení a interakce mezi genotypem a technikou krmením neměly na hodnoty vliv. Nevyšší počet adipocytů byl zaznamenán u kuřat genotypu Ross 308 a nejnižší u genotypu Hubbard JA757.

Plocha adipocytů byla ovlivněna genotypem (P<0,001) a interakcí mezi genotypem a krmením (P<0,001). Největší plochu adipocytů při technice krmení *ad libitum* měl Hubbard JA757. Po restriktivním krmení se zvětšila plocha u genotypu ISA Dual a Ross 308.

Ekvivalentní průměr byl ovlivněn genotypem (P<0,001) a interakcí mezi genotypem a technikou krmení (P<0,001). Výrazně se mezi sebou lišil genotyp brojlerového kuřete Ross 308 krmený *ad libitum* a Hubbard JA757 krmený restriktivně.

Obvod adipocytů byl ovlivněn genotypem (P<0,001) a interakcí mezi genotypem a technikou krmení (P<0,001), avšak nebyl ovlivněn technikou krmení. Obvod adipocytů se po restriktivním krmení zvětšil u genotypů Ross 308 a ISA Dual. Naopak tomu bylo u genotypu Hubbard JA757, u kterého došlo po restrikci krmiva ke zmenšení obvodu adipocytů v porovnání s krmením *ad libitum*.

Poslední parametr kruhovitost adipocytů měl pohodné hodnoty u všech skupin a hodnoty se neliší. Kruhovitost byla ovlivněna interakcí genotypu a techniky krmení (P<0,001) i samotnými faktory. Nejkulatější průřez vláken měl genotyp ISA Dual krmený *ad libitum*, naopak vlákna nejméně se přiklánějící kruhovitému průřezu byla zjištěna u genotypu Hubbard JA757 v obou případech krmné techniky.

Tabulka 5: Adipocyty

	Ross 308		Hubbard JA757		ISA Dual		SEM	Průkaznost		
	<i>Ad libitum</i>	Restrikce	<i>Ad libitum</i>	Restrikce	<i>Ad libitum</i>	Restrikce		Genotyp	Krmení	Genotyp*TK
Počet adipocytů na 1 mm²	537	487	385	429	426	421	18,48	0,046	0,921	0,575
Plocha (μm²)	1245 ^d	1490 ^c	2023 ^a	1696 ^b	1739 ^b	1782 ^b	12,59	<0,001	0,477	<0,001
Ekvivalentní průměr (μm)	36,3 ^d	40,6 ^c	47,5 ^a	43,0 ^b	43,0 ^b	44,1 ^b	0,16	<0,001	0,437	<0,001
Obvod (μm)	125,8 ^d	142,1 ^c	169,1 ^a	151,5 ^b	148,2 ^b	152,0 ^b	0,58	<0,001	0,458	<0,001
Kruhovitost	0,83 ^b	0,83 ^b	0,80 ^c	0,80 ^c	0,84 ^a	0,83 ^b	0,00	<0,001	0,036	<0,001

SEM: střední chyba průměru, TK: technika krmení

^{a,b,c,d} P < 0,05 = hodnoty s odlišnými indexy se liší

6 Diskuze

Cílem experimentu bylo zanalyzovat a vyhodnotit vliv restrikce krmiva na obsah tuku u kuřat s různou rychlostí růstu. Byly hodnoceny tři genotypy kuřat a porovnávány dva způsoby krmení, *ad libitum* a restrikce krmiva.

6.1 Jatečný rozbor

Výsledky jatečného rozboru ukázaly, že při technice krmení *ad libitum* měl nejvyšší živou hmotnost rychle rostoucí genotyp Ross 308 a nejnižší pomalu rostoucí genotyp ISA Dual. Což je ovlivněné rychlostí růstu genotypů. Vlivem restrikce krmiva došlo ke snížení hmotnosti u genotypu Ross 308 a ISA Dual, naopak ke zvýšení živé hmotnosti došlo u genotypu se střední rychlostí růstu Hubbard JA757. Již v dřívější studii Plavnik (1989) byl prokázán vliv restrikce krmiva na růst brojlerových kuřat, která dosáhla normální hmotnosti v tržním věku. Snížení živé hmotnosti restriktivní technikou bylo prokázáno ve studii Khurshid et al. (2019). Výsledky této studie ukázaly, že živá hmotnost se snižuje se zvyšující se úrovní restrikce krmiva. Podobně tomu bylo i ve studii Butzen et al. (2013), kde byl hodnocen vliv ranné restrikce krmiva na užítkovost a jatečné parametry brojlerových kuřat. Výsledky této studie vykazují nižší živou hmotnost kuřat krmených restriktivní technikou krmení. Tyto kuřata však byla dle studie schopna dosáhnout stejné živé hmotnosti, jako kontrolní skupina krmená *ad libitum* ve věku 42 dní. Což bylo způsobeno vlivem kompenzačního růstu.

Důležitým hodnoceným parametrem experimentu byl abdominální tuk. Abdominální tuk se vlivem restrikce nesnížil u genotypu Ross 308 a Hubbard JA757. Oproti technice krmení *ad libitum* došlo ke snížení abdominálního tuku pouze u pomalu rostoucího genotypu ISA Dual. Výsledky studie Tůmové & Chodové (2018) vykazují, že brojlerová kuřata genotypu Ross 308 krmená restriktivní technikou krmiva mají vyšší obsah abdominálního tuku, než kuřata krmená *ad libitum*. Předpokládají, že vlivem techniky krmiva došlo k vyšší lipogenezi v játrech. Výsledky tedy potvrdily dřívější poznatky ze studie Lippens (2000), kde byl proveden experiment s brojlerovými kuřaty a došlo ke zvýšení abdominálního tuku v důsledku vyvolaných omezení. Výsledky studií se tedy shodují, že restrikce krmiva neprokazuje významné účinky na snížení ukládání abdominálního tukového polštáře.

6.2 Chemické složení

Procentuální podíl tuku ve svalu *pectoralis major* se vlivem restrikce krmiva v našem experimentu snížil pouze u rychle rostoucího genotypu Ross 308. Naopak ke zvýšení tuku ve svalu došlo u genotypu Hubbard 757 a ISA Dual. Předpokládá se, že vliv na ukládání tuku ve svalu *pectoralis major* má rychlost růstu genotypů. Ve studii Velleman et al. (2014) byl proveden experiment prokazující snížení tuku v hlavním prsním svalu *pectoralis major* pomocí restriktivní techniky krmiva ve srovnání s kontrolní skupinou krmenou *ad libitum*. Avšak nebyly hodnocené jiné genoty než rychle rostoucí kuřata.

Cholesterol nebyl ovlivněn restriktivní technikou krmení. Vliv na tento parametr měl zejména genotyp. Při technice krmení *ad libitum* prokazoval nejvyšší hodnoty rychle rostoucí genotyp Ross 308, následně Hubbard JA757 a nejnižší hodnoty byly zaznamenány u pomalu rostoucího genotypu ISA Dual. Genotypy Ross 308 a Hubbard JA757 vykazovaly po restrikci krmiva snížení hodnot cholesterolu, avšak naopak tomu bylo u genotypu ISA Dual. Studie Ye (2022), která prováděla experiment s cílem prozkoumat vliv restrikce krmiva na metabolismus lipidů došla k závěru, že skupina kuřat krmena restriktivně vykazovala vyšší hodnoty sérové koncentrace cholesterolu oproti skupině krmené *ad libitum*.

6.3 Mastné kyseliny

Nasyčené mastné kyseliny byly ovlivněny genotypem, technikou krmení i interakcemi mezi genotypem a technikou krmení. Vlivem restrikce krmení došlo u genotypů Ross 308 a Hubbard JA757 ke snížení hodnot nasycených mastných kyselin. U pomalu rostoucího genotypu ISA Dual naopak došlo ke zvýšení hodnoty. Nenasycené mastné kyseliny naopak nebyly ovlivněny samotnou technikou krmení a u genotypů Ross 308 a Hubbard JA757 došlo po restrikci krmiva ke snížení hodnot a u ISA Dual tomu bylo naopak. Polynasycené mastné kyseliny nebyly ovlivněny samotnou technikou krmiva. Genotyp a technika krmení průkazně ovlivnila hodnoty n-6 PUFA a genotyp Ross 308 vykazoval nižší hodnoty při restriktivní technice krmení oproti *ad libitum*. U n-3 PUFA však genotyp nebyl průkazně ovlivňující a vliv na tento parametr měla technika krmení spolu s interakcí mezi genotypem a technikou krmení. Podrobná analýza vlivu restrikce krmiva na obsah mastných kyselin u kuřat však nebyla popsána. Byl popsán vliv restrikce krmiva na obsah mastných kyselin v mléce dojníc. Ve studii Silva (2019) došli k závěru, že restriktivní technika krmení snížila obsah nasycených mastných kyselin, a naopak zvýšila obsah nenasycených mastných kyselin v mléce. Tyto výsledky se vzhledem k rozdílům studie neshodují.

6.4 Adipocyty

Počet adipocytů na 1mm² byl u hodnocených skupin kuřat ovlivněn genotypem. U genotypu Ross 308 a ISA Dual došlo ke snížení počtu adipocytů oproti krmení *ad libitum*. Naopak tomu bylo u genotypu Hubbard JA757, u kterého byla nejnižší naměřená hodnota při technice krmení *ad libitum*. Průměr adipocytů se významně zvýšil u genotypu Ross 308, avšak u genotypu Hubbard JA757 došlo ke snížení průměru adipocytů oproti skupině krmené *ad libitum*. V dřívější studii March et al. (1982) nebyly zjištěny žádné významné rozdíly v počtu adipocytů přítomných v tukové tkáni hodnocených skupin krmených restriktivně ve srovnání s *ad libitum*. Bylo zjištěno, že průměr adipocytů se zvětšoval i při restriktivní technice krmiva. Předpokládá se, že průměr adipocytů se zvyšuje s věkem kuřat i přes restrikci krmiva.

7 Závěr

Vysoká spotřeba a produkce kuřecího masa vyžaduje rychlý růst brojlerových kuřat. Rychlé tempo růstu však snižuje kvalitu života kuřat i jeho masa, zvýšeným ukládáním tuku. Tato diplomová práce se proto zabývala vlivem restrikce krmiva na obsah tuku u kuřat tří různě rostoucích genotypů. Cílem bylo porovnat rychle rostoucí genotyp Ross 308, středně rostoucí genotyp Hubbard JA757 a pomalu rostoucí genotyp ISA Dual při rozdílných technikách krmení. Kuřata byla krmena *ad libitum* a restriktivně.

Z analýzy jatečných parametrů je patrné, že genotyp významně ovlivnil hodnoty živé hmotnosti u sledovaných skupin. Zároveň byla genotypem průkazně ovlivněna hmotnost jatečně opracovaného trupu a hmotnost podkožního tuku. Samotná technika krmení sice neprokázala významný vliv na živou hmotnost, ale prokazatelně ovlivnila hmotnost kůže krku. Brojlerová kuřata genotypu Ross 308 vykazovala nižší hodnoty hmotnosti kůže krku při restriktivní technice krmení. Byly sledovány významné rozdíly v hmotnosti abdominálního tuku, přičemž největší pokles hodnoty oproti krmení *ad libitum* byl zaznamenán u genotypu ISA Dual a naopak nárůst hodnoty byl zaznamenán u brojlerového kuřete genotypu Ross 308. Při hodnocení jatečných parametrů vykrmovaných kuřat lze konstatovat, že samotná restriktivní technika krmení neměla vliv na některé parametry a jako klíčový faktor se ukázal genotyp.

Z chemického složení svalu *pectoralis major* lze konstatovat, že genotyp výrazně ovlivnil procentuální podíl sušiny, N-látek, tuku, popelovin, hydroxyprolinu a cholesterolu. U genotypů Ross 308 a Hubbard JA757 bylo zjištěno snížení podílu N-látek. Procentuální podíl tuku se u genotypů ISA Dual a Hubbard JA757 zvýšil oproti krmení *ad libitum*. Naopak tomu však bylo u genotypu Ross 308 kdy vlivem restrikce krmiva došlo ke snížení procentuálního podílu tuku. Výsledky ukazují na vliv genotypu a samotné techniky krmení na chemické složení hlavního prsního svalu *pectoralis major* u vykrmovaných kuřat.

Z hodnocení mastných kyselin vyplývá, že na sledované parametry měl významný vliv genotyp, technika krmení i interakce mezi genotypem a technikou krmení. Obsah SFA byl u genotypu ISA Dual nejvyšší jak při krmení *ad libitum* tak při restrikci krmiva. U genotypů Ross a Hubbard JA757 došlo k nárůstu hodnoty obsahu SFA při restrikci krmiva. Obsah MUFA se významně lišil mezi genotypy, kde se nejvyšší naměřené hodnoty vyskytovaly u genotypu Ross 308. Obsah PUFA byl vlivem restrikce krmiva snížen u genotypu Ross 308 a naopak se po restrikci krmiva zvyšovaly hodnoty u genotypů ISA Dual a Hubbard JA757.

Významný vliv na počet, plochu, průměr a obvod adipocytů měl genotyp. Nejvyšší počet adipocytů byl zaznamenán u brojlerového kuřete Ross 308, zatímco nejnižší hodnoty se vyskytovaly u genotypu Hubbard JA757. Při krmení *ad libitum* měl nejvyšší plochu adipocytů Hubbard JA757 a to při technice krmení *ad libitum*. Plocha adipocytů se zvětšila po restrikci krmiva u genotypů ISA Dual a Ross. Výsledky analýzy adipocytů tedy ukazují, že na parametry adipocytů má vliv genotyp i technika krmení.

Na základě výsledků experimentu nelze jednoznačně potvrdit nebo vyvrátit hypotézu, že samotná restrikce krmiva sníží abdominální tuk u kuřat. Pro zlepšení dané problematiky jsou

potřebné další výzkumy a experimenty, které by umožnily lepší uchopení poznatků v dané oblasti a byly by snadno aplikovatelné pro praxi.

8 Literatura

AHSAN U, CENGİZ Ö. 2020. Restriction of dietary digestible lysine allowance in grower phase reduces the occurrence of white striping in broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology* [online]. 270 [cit. 2024-04-17]. ISSN 03778401. Dostupné z: doi:10.1016/j.anifeedsci.2020.114705

ALI, A.T., HOCHFELD W.E., MYBURGH R. a PEPPER M.S., 2013. Adipocyte and adipogenesis. *European Journal of Cell Biology* [online]. 92(6-7), 229-236 [cit. 2024-04-17]. ISSN 01719335. Dostupné z: doi:10.1016/j.ejcb.2013.06.001

AVIAGEN. 2019. Ross 308 brojler: Performance Objectives. Aviagen. Available from www.aviagen.com (accessed December 2023)

BESKI, Sleman S.M., Robert A. SWICK a Paul A. IJI, 2015. Specialized protein products in broiler chicken nutrition: A review. *Animal Nutrition* [online]. 1(2), 47-53 [cit. 2024-04-17]. ISSN 24056545. Dostupné z: doi:10.1016/j.aninu.2015.05.005

BLAIR, R. Nutrition and feeding of organic poultry. CABI, 2008.

BUTZEN, F.M., A.M.L. RIBEIRO, M.M. VIEIRA, A.M. KESSLER, J.C. DADALT a M.P. DELLA, 2013. Early feed restriction in broilers. I–Performance, body fraction weights, and meat quality. *Journal of Applied Poultry Research* [online]. 22(2), 251-259 [cit. 2024-04-17]. ISSN 10566171. Dostupné z: doi:10.3382/japr.2012-00639

DAL BOSCO, A., C. MUGNAI, S. RUGGERI, S. MATTIOLI a C. CASTELLINI, 2012. Fatty acid composition of meat and estimated indices of lipid metabolism in different poultry genotypes reared under organic system. *Poultry Science* [online]. 91(8), 2039-2045 [cit. 2024-04-17]. ISSN 00325791. Dostupné z: doi:10.3382/ps.2012-02228

DELEZIE, E., V. BRUGGEMAN, Q. SWENNEN, E. DECUYPERE a G. HUYGHEBAERT, 2009. The impact of nutrient density in terms of energy and/or protein on live performance, metabolism and carcass composition of female and male broiler chickens of two commercial broiler strains. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* [online]. [cit. 2024-04-17]. ISSN 09312439. Dostupné z: doi:10.1111/j.1439-0396.2009.00936.x

DEVATKAL, S K, B M NAVEENA a T KOTAIAH, 2019. Quality, composition, and consumer evaluation of meat from slow-growing broilers relative to commercial broilers. *Poultry Science* [online]. 98(11), 6177-6186 [cit. 2024-04-17]. ISSN 00325791. Dostupné z: doi:10.3382/ps/pez344

DOZIER, W.A., R.J. LIEN, J.B. HESS, S.E. BILGILI, R.W. GORDON, C.P. LASTER a S.L. VIEIRA, 2002. Effects of Early Skip-a-Day Feed Removal on Broiler Live Performance and Carcass Yield. *Journal of Applied Poultry Research* [online]. 11(3), 297-303 [cit. 2024-04-17]. ISSN 10566171. Dostupné z: doi:10.1093/japr/11.3.297

DRACKLEY, J. K., 2000. Lipid metabolism. In: D'MELLO, J. P. F., ed. *Farm animal metabolism and nutrition* [online]. Wallingford: CABI, s. 97-119 [cit. 2024-04-17]. ISBN 9780851993782. Dostupné z: doi:10.1079/9780851993782.0097

DRISKELL, R.R., JAHODA C., CHUONG C.M., WATT F.M., a HORSLEY V., 2014. Defining dermal adipose tissue. *Experimental Dermatology* [online]. 23(9), 629-631 [cit. 2024-04-17]. ISSN 0906-6705. Dostupné z: doi:10.1111/exd.12450

EBEID T.A., TŮMOVÁ E., AL-HOMIDAN I.H., KETTA M. a CHODOVÁ D., 2022. Recent advances in the role of feed restriction in poultry productivity: part I- performance, gut development, microbiota and immune response. *World's Poultry Science Journal* [online]. 2022-10-02, 78(4), 971-988 [cit. 2024-04-17]. ISSN 0043-9339. Dostupné z: doi:10.1080/00439339.2022.2097149

EBEID T.A., TŮMOVÁ E, KETTA M. CHODOVÁ D., 2022. Recent advances in the role of feed restriction in poultry productivity: part II- carcass characteristics, meat quality, muscle fibre properties, and breast meat myopathies. *World's Poultry Science Journal* [online]. 2022-10-02, 78(4), 989-1005 [cit. 2024-04-17]. ISSN 0043-9339. Dostupné z: doi:10.1080/00439339.2022.2121674

FONTANA, E.A., W.D. WEAVER, B.A. WATKINS a D.M. DENBOW, 1992. Effect of Early Feed Restriction on Growth, Feed Conversion, and Mortality in Broiler Chickens. *Poultry Science* [online]. 71(8), 1296-1305 [cit. 2024-04-17]. ISSN 00325791. Dostupné z: doi:10.3382/ps.0711296

FOUAD, A. M. a H. K. EL-SENOUSEY, 2014. Nutritional Factors Affecting Abdominal Fat Deposition in Poultry: A Review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* [online]. 2014-7-1, 27(7), 1057-1068 [cit. 2024-04-17]. ISSN 1011-2367. Dostupné z: doi:10.5713/ajas.2013.13702

HANCZAKOWSKA, E., 2017. The Use of Medium-Chain Fatty Acids in Piglet Feeding – A Review. *Annals of Animal Science* [online]. 2017-10-1, 17(4), 967-977 [cit. 2024-04-17]. ISSN 2300-8733. Dostupné z: doi:10.1515/aoas-2016-0099

HOCQUETTE, J.F., F. GONDRET, E. BAÉZA, F. MÉDALE, C. JURIE a D.W. PETHICK, 2010. Intramuscular fat content in meat-producing animals: development, genetic and nutritional control, and identification of putative markers. *Animal* [online]. 4(2), 303-319 [cit. 2024-04-17]. ISSN 17517311. Dostupné z: doi:10.1017/S1751731109991091

HUBBARD. 2019. Broiler performance objectives. Hubbard. Available from www.hubbardbreeders.com (accessed December 2023).

CHEN, W., Yu Ming GUO, Yan Qun HUANG, Ying Hua SHI, Cai Xia ZHANG a Jia Wei WANG, 2012. Effect of Energy Restriction on Growth, Slaughter Performance, Serum Biochemical Parameters and Lpin2/WDTC1/mRNA Expression of Broilers in the Later Phase. *The Journal of Poultry Science* [online]. 49(1), 12-19 [cit. 2024-04-17]. ISSN 1346-7395. Dostupné z: doi:10.2141/jpsa.011001

CHODOVÁ, D., E. TŮMOVÁ, M. KETTA a V. SKŘIVANOVÁ, 2021. Breast meat quality in males and females of fast-, medium- and slow-growing chickens fed diets of 2 protein levels. *Poultry Science* [online]. 100(4) [cit. 2024-04-17]. ISSN 00325791. Dostupné z: doi:10.1016/j.psj.2021.01.020

ISA. 2018. Isa dual manual. Hendrix genetics. Available from www.integrazabcice.cz (accessed December 2023).

JENNEN, D.G.J., A.L.J. VEREIJKEN, H. BOVENHUIS, R.P.M.A. CROOIJMANS, A. VEENENDAAL, J.J. VAN DER POEL a M.A.M. GROENEN, 2004. Detection and Localization of Quantitative Trait Loci Affecting Fatness in Broilers. *Poultry Science* [online]. 83(3), 295-301 [cit. 2024-04-17]. ISSN 00325791. Dostupné z: doi:10.1093/ps/83.3.295

KHETANI, T. L., T. T. NKUKWANA, M. CHIMONYO a V. MUCHENJE, 2009. Effect of quantitative feed restriction on broiler performance. *Tropical Animal Health and Production* [online]. 41(3), 379-384 [cit. 2024-04-17]. ISSN 0049-4747. Dostupné z: doi:10.1007/s11250-008-9200-z

KHURSHID A., et al. Effect of feed restriction on performance of broiler chicken. *J. Entomol. Zool. Stud*, 2019, 7.2: 1054-1056.

KIM, M., a VOY B.H., 2021. Fighting Fat With Fat: n-3 Polyunsaturated Fatty Acids and Adipose Deposition in Broiler Chickens. *Frontiers in Physiology* [online]. 2021-9-29, 12 [cit. 2024-04-17]. ISSN 1664-042X. Dostupné z: doi:10.3389/fphys.2021.755317

KLEYN, R. 2013. Chicken nutrition: a guide for nutritionists and poultry professionals. Packington. Context Products. p. 347. ISBN: 978-1-899043-42-2.

KODEŠ A., VÝMOLA J., 2003. Základy moderní výživy drůbeže. Praha: Česká zemědělská univerzita. ISBN 80-213-1077-4.

KOMPRDA, T., et al. Meat quality of broilers fattened deliberately slow by cereal mixtures to higher age: 1. Growth and sensory quality. Archiv fuer Gefluegelkunde, 2000, 64.4: 167-174.

KREUZER, M., S. MÜLLER, L. MAZZOLINI, R. E. MESSIKOMMER a I. D. M. GANGNAT, 2020. Are dual-purpose and male layer chickens more resilient against a low-protein-low-soybean diet than slow-growing broilers? British Poultry Science [online]. 2020-01-02, 61(1), 33-42 [cit. 2024-04-17]. ISSN 0007-1668. Dostupné z: doi:10.1080/00071668.2019.1671957

LEENSTRA, F. R., 1986. Effect of age, sex, genotype and environment on fat deposition in broiler chickens—A review. World's Poultry Science Journal [online]. 1986-02-01, 42(1), 12-25 [cit. 2024-04-17]. ISSN 0043-9339. Dostupné z: doi:10.1079/WPS19860002

LEESON, S.; SUMMERS, J. D. Feeding programs for broiler chickens. Commercial poultry nutrition, 2005, 229-296.

LEFTEROVA, M.I. a LAZAR M.A., 2009. New developments in adipogenesis. Trends in Endocrinology & Metabolism [online]. 20(3), 107-114 [cit. 2024-04-17]. ISSN 10432760. Dostupné z: doi:10.1016/j.tem.2008.11.005

LENTLE, R.G., G. REYNOLDS, C. DE LOUBENS, C. HULLS, P.W.M. JANSSEN a V. RAVINDRAN, 2013. Spatiotemporal mapping of the muscular activity of the gizzard of the chicken (*Gallus domesticus*). Poultry Science [online]. 92(2), 483-491 [cit. 2024-04-17]. ISSN 00325791. Dostupné z: doi:10.3382/ps.2012-02689

LIPPENS, M., G. ROOM, G. DE GROOTE a E. DECUYPERE, 2000. Early and temporary quantitative food restriction of broiler chickens. 1. Effects on performance characteristics, mortality and meat quality. British Poultry Science [online]. 41(3), 343-354 [cit. 2024-04-17]. ISSN 0007-1668. Dostupné z: doi:10.1080/713654926

LUO, N., SHU, J., YUAN, X., JIN, Y., CUI, H., ZHAO, G. a WEN, J., 2022. Differential regulation of intramuscular fat and abdominal fat deposition in chickens. BMC Genomics [online]. 23(1) [cit. 2024-04-17]. ISSN 1471-2164. Dostupné z: doi:10.1186/s12864-022-08538-0

MARCH, B.E., STANLEY CHU a CAROL MACMILLAN, 1982. The Effects of Feed Intake on Adipocytes in the Abdominal Fat Pad of Mature Broiler-Type Female Chickens. Poultry Science [online]. 61(6), 1137-1146 [cit. 2024-04-17]. ISSN 00325791. Dostupné z: doi:10.3382/ps.0611137

MELLOUK, N., RAMÉ C., MARCHAND M., et al., 2018. Effect of different levels of feed restriction and fish oil fatty acid supplementation on fat deposition by using different techniques, plasma levels and mRNA expression of several adipokines in broiler breeder hens. PLOS ONE [online]. 2018-1-24, 13(1) [cit. 2024-04-17]. ISSN 1932-6203. Dostupné z: doi:10.1371/journal.pone.0191121

MUELLER, S, M KREUZER, M SIEGRIST, K MANNALE, R.E. MESSIKOMMER a I D M GANGNAT, 2018. Carcass and meat quality of dual-purpose chickens (Lohmann Dual, Belgian Malines, Schweizerhuhn) in comparison to broiler and layer chicken types. Poultry Science [online]. 97(9), 3325-3336 [cit. 2024-04-17]. ISSN 00325791. Dostupné z: doi:10.3382/ps/pey172

NIELSEN, B.L., LITHERLAND M., a NØDDEGAARD F., 2003. Effects of qualitative and quantitative feed restriction on the activity of broiler chickens. Applied Animal Behaviour Science [online]. 83(4), 309-323 [cit. 2024-04-17]. ISSN 01681591. Dostupné z: doi:10.1016/S0168-1591(03)00137-0

NIKOLOVA, N., Z. PAVLOVSKI, N. MILOSEVIC a L. PERIC, 2007. The quantity of abdominal fat in broiler chicken of different genotypes from fifth to seventh week of age. Biotechnology in Animal Husbandry [online]. 23(5-6-2), 331-338 [cit. 2024-04-17]. ISSN 1450-9156. Dostupné z: doi:10.2298/BAH0702331N

OYEDEJI, J. O.; ATTEH, J. O. Response of broilers to feeding manipulations. International Journal of Poultry Science, 2005, 4.2: 91-95.

PLAVNIK, I. a S. HURWITZ, 1989. Effect of Dietary Protein, Energy, and Feed Pelleting on the Response of Chicks to Early Feed Restriction. Poultry Science [online]. 68(8), 1118-1125 [cit. 2024-04-17]. ISSN 00325791. Dostupné z: doi:10.3382/ps.0681118

RAVINDRAN, V., P. TANCHAROENRAT, F. ZAEFARIAN a G. RAVINDRAN, 2016. Fats in poultry nutrition: Digestive physiology and factors influencing their utilisation. Animal Feed Science and Technology [online]. 213, 1-21 [cit. 2024-04-17]. ISSN 03778401. Dostupné z: doi:10.1016/j.anifeedsci.2016.01.012

RAYNER, A.C., NEWBERRY R.C., VAS J. a MULLAN S., 2020. Slow-growing broilers are healthier and express more behavioural indicators of positive welfare. Scientific Reports [online]. 10(1) [cit. 2024-04-17]. ISSN 2045-2322. Dostupné z: doi:10.1038/s41598-020-72198-x

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

RENNER, R., 1965. Site of Fat Absorption in the Chick. Poultry Science [online]. 44(3), 861-864 [cit. 2024-04-17]. ISSN 00325791. Dostupné z: doi:10.3382/ps.0440861

SAHRAEI, M., 2012. Feed restriction in broiler chickens production. Biotechnology in Animal Husbandry [online]. 28(2), 333-352 [cit. 2024-04-17]. ISSN 1450-9156. Dostupné z: doi:10.2298/BAH1202333S

SAHRAEI, M., 2014. Effects of feed restriction on metabolic disorders in broiler chickens: A review. Biotechnology in Animal Husbandry [online]. 30(1), 1-13 [cit. 2024-04-17]. ISSN 1450-9156. Dostupné z: doi:10.2298/BAH1401001S

SALEH, E.A., S.E. WATKINS, A.L. WALDROUP a P.W. WALDROUP, 2005. Effects of Early Quantitative Feed Restriction on Live Performance and Carcass Composition of Male Broilers Grown for Further Processing. Journal of Applied Poultry Research [online]. 14(1), 87-93 [cit. 2024-04-17]. ISSN 10566171. Dostupné z: doi:10.1093/japr/14.1.87

SCHEJA, L. a HEEREN J., 2016. Metabolic interplay between white, beige, brown adipocytes and the liver. Journal of Hepatology [online]. 64(5), 1176-1186 [cit. 2024-04-17]. ISSN 01688278. Dostupné z: doi:10.1016/j.jhep.2016.01.025

SILVA, D.A., ROCHA JÚNIOR V.R., RUAS J.R.M., et al., 2019. Chemical and fatty acid composition of milk from crossbred cows subjected to feed restriction. Pesquisa Agropecuária Brasileira [online]. 54 [cit. 2024-04-17]. ISSN 1678-3921. Dostupné z: doi:10.1590/s1678-3921.pab2019.v54.00051

SIRRI, F., C. CASTELLINI, M. BIANCHI, M. PETRACCI, A. MELUZZI a A. FRANCHINI, 2011. Effect of fast-, medium- and slow-growing strains on meat quality of chickens reared under the organic farming method. Animal [online]. 5(2), 312-319 [cit. 2024-04-17]. ISSN 17517311. Dostupné z: doi:10.1017/S175173111000176X

SOBLEY C, CYMET T. 2016. „Saturated fat“. Encyclopedia Britannica. Available from <https://www.britannica.com/science/saturated-fat>. (accessed December 2023).

SOGLIA, F., LAGHI L., CANONICO L., CAVANI C. a PETRACCI M., 2016. Functional property issues in broiler breast meat related to emerging muscle abnormalities. Food Research International [online]. 89, 1071-1076 [cit. 2024-04-17]. ISSN 09639969. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodres.2016.04.042

SOSSIDOU, E.N., A. DAL BOSCO, C. CASTELLINI a M.A. GRASHORN, 2015. Effects of pasture management on poultry welfare and meat quality in organic poultry production systems. World's Poultry Science Journal [online]. 2015-06-01, 71(2), 375-384 [cit. 2024-04-17]. ISSN 0043-9339. Dostupné z: doi:10.1017/S0043933915000379

TAHAMTANI, F.M., MORADI, H., RIBER, A.B. 2020. Effect of Qualitative Feed Restriction in Broiler Breeder Pullets on Stress and Clinical Welfare Indicators. *Frontiers in Veterinary Science* [online]. 2020-6-11, 7 [cit. 2024-04-17]. ISSN 2297-1769. Dostupné z: doi:10.3389/fvets.2020.00316

TAN, Z., HALTER B., LIU D., GILBERT E.R a CLINE M.A., 2022. Dietary Flavonoids as Modulators of Lipid Metabolism in Poultry. *Frontiers in Physiology* [online]. 2022-4-25, 13 [cit. 2024-04-17]. ISSN 1664-042X. Dostupné z: doi:10.3389/fphys.2022.863860

TANCHAROENRAT, P., V. RAVINDRAN, F. ZAEFARIAN a G. RAVINDRAN, 2014. Digestion of fat and fatty acids along the gastrointestinal tract of broiler chickens. *Poultry Science* [online]. 93(2), 371-379 [cit. 2024-04-17]. ISSN 00325791. Dostupné z: doi:10.3382/ps.2013-03344

TEIMOURI, A., et al. Effect of diet dilution in the starter period on performance and carcass characteristics of broiler chicks. *Int. J. Poult. Sci*, 2005, 4.12: 1006-1011.

TŮMOVÁ, E, D CHODOVÁ, H HÄRTLOVÁ, A FUČIKOVÁ a M KETTA, 2019. Effect of feeding regime on the performance and blood parameters of male and female broiler chickens. *South African Journal of Animal Science* [online]. 2019-05-21, 49(2), 244-252 [cit. 2024-04-17]. ISSN 2221-4062. Dostupné z: doi:10.4314/sajas.v49i2.5

TŮMOVÁ, E., et al. Fat deposition in the broiler chicken: a review. *Scientia Agriculturae Bohemica*, 2010, 41.2: 121-128.

TŮMOVÁ, E. a CHODOVÁ D, 2018. Performance and changes in body composition of broiler chickens depending on feeding regime and sex. *Czech Journal of Animal Science* [online]. 2018-12-31, 63(12), 518-525 [cit. 2024-04-17]. ISSN 12121819. Dostupné z: doi:10.17221/125/2018-CJAS

VAN DER KLEIN, S.A.S., F.A. SILVA, R.P. KWAKKEL a M.J. ZUIDHOF, 2017. The effect of quantitative feed restriction on allometric growth in broilers. *Poultry Science* [online]. 96(1), 118-126 [cit. 2024-04-17]. ISSN 00325791. Dostupné z: doi:10.3382/ps/pew187

VELLEMAN, S.G., C.S. COY a D.A. EMMERSON, 2014. Effect of the timing of posthatch feed restrictions on the deposition of fat during broiler breast muscle development. *Poultry Science* [online]. 93(10), 2622-2627 [cit. 2024-04-17]. ISSN 00325791. Dostupné z: doi:10.3382/ps.2014-04206

WANG, G., KIM W.K, CLINE M.A., GILBERT E.R., 2017. Factors affecting adipose tissue development in chickens: A review. *Poultry Science* [online]. 96(10), 3687-3699 [cit. 2024-04-17]. ISSN 00325791. Dostupné z: doi:10.3382/ps/pex184

WILSON, M. 2005. Production focus (In; Balancing genetics, welfare and economics in broiler production). Vol 1 (no. 1). pp 1. Publication of CobbVantress, Inc.

YE, J., JIANG S., CHENG Z., DING F., FAN Q., LIN X., WANG Y. a GOU Z., 2022. Feed Restriction Improves Lipid Metabolism by Changing the Structure of the Cecal Microbial Community and Enhances the Meat Quality and Flavor of Bearded Chickens. *Animals* [online]. 12(8) [cit. 2024-04-17]. ISSN 2076-2615. Dostupné z: doi:10.3390/ani12080970

ZELENKA J. 2014. Výživa a krmení drůbeže. Agriprint, Olomouc

ZEMAN, L. 2006. Výživa a krmení hospodářských zvířat. Profi Press, Praha

Citace byly vytvořeny pomocí citačního manažeru CITACE PRO a byl použit citační styl ČNS ISO 690.

