

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra chovu hospodářských zvířat



Využití alternativních zdrojů proteinu ve výživě králíků

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Peter Šufliarský

Obor studia: Živočišná produkce

Vedoucí práce: doc. Ing. Lukáš Zita, Ph.D.

© 2019 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci „Využití alternativních zdrojů proteinu ve výživě králíků“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 12. 04. 2019

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval doc. Ing. Lukáši Zitovi, Ph.D. za cenné rady, pomoc a trpělivost při vedení diplomové práce. Děkuji i své rodině za podporu po celou dobu studia.

Využití alternativních zdrojů proteinu ve výživě králíků

Souhrn

Cílem práce bylo zhodnocení vlivu krmné směsi s hmyzí moučkou jako zdroje bílkovin ve srovnání ze sojovým extrahovaným šrotem na vybrané parametry užitečnosti a jatečné hodnoty králíků. Do sledování bylo zařazeno celkem 30 brojlerových králíků genotypu Hyplus (PS 19 x PS 39), kteří byli odstaveni ve 32 dnech věku. Králíci byli náhodně rozděleni do 2 skupin podle zkrmované krmné směsi, a ustájeni do klecového systému z bodově svařovaného pozinkovaného drátu. Hustota osazení byla 0,45 m²/ks. Králíci byli vykrmováni do 79. dne věku. Polovině králíků byla zkrmována kontrolní granulovaná kompletní krmná směs (zdrojem dusíkatých látek sójový extrahovaný šrot) a druhé polovině granulovaná kompletní krmná směs se zdrojem dusíkatých látek v podobě hmyzí moučky (potemník moučný – *Tenebrio molitor*). Živá hmotnost na konci sledování, v 79 dnech věku, byla neprůkazně vyšší (o 124 g) u králíků kontrolní skupiny (3213 g) v porovnání se skupinou králíků přijímajících krmnou směs s hmyzí moučkou (3089 g). Celkový přírůstek živé hmotnosti za celé období sledování byl neprůkazně vyšší u kontrolní skupiny králíků (2471 g), kdežto u králíků s příjmem krmné směsi s hmyzí moučkou byl 2353 g. Průměrný denní přírůstek živé hmotnosti byl opět neprůkazně vyšší u kontrolní skupiny králíků (52,2 g), oproti králíků s příjmem krmné směsi s hmyzí moučkou (49,9 g). Signifikantní ($P = 0,0466$) difference mezi skupinami králíků byly u průměrné denní spotřeby krmiva, kdy průkazně vyšší byla u králíků kontrolní skupiny (180,1 g), na druhou stranu nižší u králíků pokusné skupiny (166,9 g). Na konci sledování bylo pro porovnání jatečné hodnoty náhodně vybráno 10 králíků z každé skupiny. U většiny parametrů nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly, pouze u podílu přední a střední části z referenční hmotnosti byl shledán průkazný rozdíl mezi skupinami králíků. Neprůkazně vyšší porážková hmotnost byla u králíků kontrolní skupiny (3213 g) v porovnání s králíky, kteří přijímali krmnou směs s hmyzí moučkou (3089 g). Neprůkazně vyšší byla zjištěna hmotnost jatečně opracovaného trupu za tepla i za studena, stejně jako referenční hmotnost u králíků z kontrolní skupiny (1934 g, 1886 g, 1528 g, resp.) v porovnání s králíky kmenými krmnou směsí s hmyzí moučkou (1857 g, 1812 g, 1466 g, resp.). Hypotéza, že složení krmných směsí neovlivní parametry výkrmnosti a jatečné hodnoty, nebyla zcela potvrzena. Zkrmování hmyzí moučky jako náhrady tradičního zdroje bílkovin se zdá být opodstatněné.

Klíčová slova: králík; růst; spotřeba krmiva; jatečná hodnota; hmyz

The use of alternative sources of protein in rabbit nutrition

Summary

This study evaluated the effects of feed with insect meal as a source of protein compared to soybean meal on selected performance and carcass parameters of the rabbits. A total of 30 broiler rabbits Hyplus genotype (PS 19 x PS 39) weaned at 32 days of age were used. Rabbits were randomly divided into 2 groups, each group with different source of protein in feed, and housed in a cage system of spot welded galvanized wire. Rabbits were fattening to 79 days of age. One group of rabbits was fed with control granulated complete feed (crude protein source soybean meal) and the other group with granulated complete feed with a source of crude protein as insect meal (mealworm – *Tenebrio molitor*). The live weight at the end of fattening period, at 79 days of age, was nonsignificantly higher (by 124 g) in the control group (3213 g) compared to the group of rabbits receiving the insect meal feed (3089 g). Total live weight gain over the entire fattening period was nonsignificantly higher in the control group (2471 g), whereas (2356 g) in insect meal fed rabbits. The average daily weight gain was as well nonsignificantly higher in the control group (52.2 g), compared to rabbits receiving a feed with insect meal (49.9 g). Significant ($P = 0.0466$) differences between the groups were for the average daily feed intake, with significantly higher in the control group (180.1 g), on the other hand, the lowest in the experimental group (166.9 g). At the end of the fattening period at 79 days of age, 10 rabbits from each group were randomly selected for carcass traits evaluation. For most parameters, non significant differences were found, only a significant difference was found in proportion of the fore part and intermediate part of the reference body weight between groups. Nonsignificantly higher slaughter weight was for control group (3213 g) compared to rabbits fed insect meal feed (3089 g). Both hot and cold slaughter weights as well as reference weight of the control group (1934 g, 1886 g, 1528 g, respectively) were found to be nonsignificantly higher compared to rabbits fed insect meal feed (1857 g, 1812 g, 1466 g, respectively). Hypothesis, that feed composition will not affect parameters of the performance and carcass traits value has not been fully confirmed. Feeding insect meal as a replacement for traditional protein source seems to be justified.

Keywords: rabbit; growth; feed intake; carcass traits value; insect

Obsah

1	Úvod	7
2	Vědecká hypotéza a cíle práce	8
3	Literární rešerše	9
3.1	Trávící soustava králíků	9
3.1.1	Anatomie trávicí soustavy	9
3.1.2	Fyziologie trávení a vstřebávání	12
3.1.3	Příjem a zpracování krmiva v dutině ústní	12
3.1.4	Trávení v žaludku	12
3.1.5	Fyziologie tenkého střeva	13
3.1.6	Fyziologie tlustého střeva	14
3.1.7	Cekotrofie	14
3.2	Dusíkaté látky	15
3.2.1	Bílkoviny	16
3.2.2	Aminokyseliny	16
3.3	Zdroje bílkovin ve výživě králíků	17
4	Materiál a metody	26
4.1	Design experimentu	26
4.2	Experimentální krmné směsi	27
4.3	Statistická analýza	28
5	Výsledky	29
6	Diskuze	34
7	Závěr	36
8	Seznam literatury	37

1 Úvod

Planeta Země a její lidská populace se potýkají se zvyšujícím se množstvím biologického odpadu, poptávkou po potravinách a stále se zvyšujícím počtem lidí. Je potřeba inovativních řešení těchto problémů. Organizace pro výživu a zemědělství (Food and Agriculture Organization – FAO) odhaduje, že do roku 2050 bude na zemi 9 miliard lidí a svět bude muset vyrobit přibližně o 70 % více potravin. Mezinárodní federace průmyslových krmiv (International Feed Industry Federation – IFIF) se domnívá, že produkce masa (drůbeží, vepřové a hovězí) se dokonce zdvojnásobí.

V současné době hlavními zdroji bílkovin ve výživě hospodářských zvířat jsou rybí moučka, zpracované živočišné bílkoviny a sójová moučka. V EU (Evropská unie) je však používání živočišných mouček ve výživě hospodářských zvířat zakázáno kvůli transmisivní spongiformní encefalopatii (TSE), také dostupnost půdy ve světě pro pěstování sóji je omezena a nadměrným výlovem mořských ryb se snížilo množství malých stádovitých pelagických ryb, ze kterých se rybí moučka a rybí olej vyrábí. Zvyšující se nedostatek zdrojů a jejich zvyšující se poptávka zdvojnásobili ceny za posledních 5 let. Takže alternativa (živočišných) bílkovinných zdrojů pro hospodářská zvířata je naléhavě potřebná.

Hmyz se jeví jako vysoce kvalitní, efektivní a udržitelný zdroj bílkovin. Rychle se rozmnožují a rostou. Tím že jsou poikilotermní, mají také vyšší konverzi krmiva. Další výhodou je že, hmyz se může živit odpadní biomasou, kterou transformuje na vysoce hodnotné krmivo vhodné pro drůbež či prasata. Navíc ve srovnání s hospodářskými zvířaty hmyz potřebuje méně půdní plochy, spotřebuje méně vody a vyprodukuje méně skleníkových plynů.

Je známo více než 10 milionů druhů hmyzu, což představuje polovinu ze všech živočichů na zemi. Jako zdroj bílkovin ve výživě hospodářských zvířat, ale i lidí se využívá přibližně 2000 druhů hmyzu.

V západním světě se hmyz produkuje v uzavřených zemědělských systémech spíše než sklízí ve volné přírodě. Za nejvhodnější pro průmyslovou produkci se považují moucha bráněnka (*Hermetia illucens*), Moucha domácí (*Musca domestica*) a Potemník moučný (*Tenebrio molitor*), dále pak kobylky a sarančata, cvrčci a bourec morušový (*Bombyx mori*).

2 Vědecká hypotéza a cíle práce

Hypotézou je, že složení krmných směsí neovlivní parametry výkrmnosti a jatečné hodnoty.

Cílem diplomové práce bude porovnat vybrané parametry užitkovosti, jatečné hodnoty v závislosti na zkrmování krmných směsí s a bez přídatku hmyzu u brojlerových králíků.

3 Literární rešerše

3.1 Trávicí soustava králíků

Podmínky prostředí, ve kterých se vyvíjely populace předchůdců dnešních králíků, zformovaly anatomickou skladbu a fyziologické funkce trávicí soustavy tohoto živočišného druhu. Převážně rostlinné krmné zdroje s vysokým obsahem vlákniny stimulovaly vznik a zdokonalení specializovaných částí funkcí trávicího traktu (Rafay et al. 2009). Trávicí systém králíků se dělí na tři části. První část tvoří dutina ústní, hltan a jícen. Druhou částí, která je charakteristická biochemickou aktivitou, je žaludek a tenké střevo. Třetí část tvoří slepé střevo, tračník a konečník, které jsou osídleny mikroorganismy (Davies & Davies 2003).

3.1.1 Anatomie trávicí soustavy

Ústní dutina s charakteristickým zubním vzorcem umožňuje příjem krmiva s vysokým obsahem vlákniny. Chrup dospělého králíka má 28 zubů, z nichž 16 je v horní čelisti, 2 velké řezáky, 2 malé řezáky, 3 páry třenových zubů, a 3 páry stoliček. V dolní čelisti je 12 zubů, chybí pár malých řezáků a pár třenových zubů (Rafay et al. 2009). Malé řezáky se nachází za velkými řezáky. Mezi řezáky a třenovými zuby je mezera nazývaná „*diastema*“ (Nejedlý 1965; Cruise & Brewer 1994). Řezáky umožňují ohlodávání i tvrdých dřevěných materiálů (Rafay et al. 2009). Cruise & Brewer (1994), Davies & Daviesová (2003) a Rafay et al. (2009) uvádějí 120 až 130 žvýkacích pohybů čelistí za minutu.

Podle Cruise & Brewera (1994) a Daviese & Daviesové (2003) jsou v dutině ústní králíka 4 páry slinných žláz, kterými jsou žláza příušní, žláza podčelistní, žláza podjazyková a žláza jařmová.

Hltan se nachází na rozhraní trávicích a dýchacích cest. Je to nálevkovitá trubice, dlouhá asi 3,2 cm, která se nahoře spojuje s ústní a nosní dutinou. Po obou stranách boční stěny hltanu jsou vnitřní otvory Eustachovy trubice. V dolní části hltanu je vchod do hrtanu, který je krytý příklopkou hrtanovou. Ve stěně dutiny hltanové jsou uloženy ploché svaly, z nichž má význam zejména střední svěrač hltanu (Nejedlý 1965).

Jícen je trubice asi 15 cm dlouhá, která má část krční, hrudní a břišní. Bránice odděluje část hrudní od části břišní, která je jenom asi 2 cm dlouhá. Svalová vrstva jícnu je poměrně

tlustá. Její snopce jsou kruhovitě i podélně uspořádány (Nejedlý 1965). Podle Cruise & Brewera (1994) je jícen tvořen třemi vrstvami příčné pruhovaného svalstva.

Žaludek králíka je jednokomorový, tenkostěnný, vakovitého tvaru (Davies & Davies 2003; Rafay et al. 2009). Průměrný objem u středních plemen je 150 – 200 ml (Rafay et al. 2009). Cruise & Brewer (1994), Campbell - Ward (2012) shodně uvádějí, že žaludek tvoří 15 % z celkového objemu trávicího traktu. Žaludek se nachází z velké části v levé polovině břišní. Česlo je nalevo a poněkud vpředu, vrátník je napravo. Přední oddíl je širší a dotýká se bránice, pak se směrem k vrátníku zužuje v tělo žaludku. Šíře žaludku je asi 5 až 8 cm. Vrátník má silný kruhový svěrač. Žaludek je vystlán sliznicí krytou jednovrstevným válcovým epitelem. Ve sliznici jsou četné trubicovité žaludeční žlázy. Pod sliznicí je uloženo hladké svalstvo ve třech vrstvách. Vnější je podélná, vnitřní kruhovitá a střední šikmá. Povrch žaludku povléká průsvitná a lesklá serózní blána kryta jednovrstevným plochým epitelem (Nejedlý 1965).

Tenké střevo králíků představuje 12 % z celkového objemu trávicího traktu (Cruise & Brewer 1994; Vella & Donnelly 2012). Celková délka je kolem 3 m (Nejedlý 1965; Lebas et al. 1997; Gidenne & Lebas 2006; Carabaño et al. 2010; Volek 2015) a průměr 0,8 až 1 cm (Lebas et al. 1997; Gidenne & Lebas 2006). Skládá se z dvanáctníku, lačnicku a kyčelníku (Nejedlý 1965; Gidenne & Lebas 2006). V dutině břišní je uloženo kličkovitě (Nejedlý 1965). Žlučovod ústí do dvanáctníku na začátku nedaleko pyloru, kdežto vývod slinivky břišní na jeho konci (Nejedlý 1965; Cruise & Brewer 1994), vzdálených od sebe asi 40 cm (Gidenne & Lebas 2006). Dvanáctník a slinivka břišní sdílejí společné pankreatickoduodenální tepny a žíly (Cruise & Brewer 1994). Sliznici dvanáctníku a lačnicku tvoří četné příčné poloměsíčné řasy Kerkringovy, které zvětšují vstřebávací plochu a způsobují otáčení procházejícího obsahu. Celá sliznice tenkého střeva je pokryta jemnými klky, které ji dodávají sametový vzhled. Ve dvanáctníku mají lístkovitý tvar, kdežto v kyčelníku jsou klínovité. Pomocí klků se zvětší 4 – 5krát vnitřní povrch střeva. V podslizniční vrstvě dvanáctníku je uloženo mnoho trubičkovitých žláz, zvaných Brunnerovy žlázy. Ve sliznici tenkého střeva se nacházejí střevní žlázy zvané Lieberkühnovy (Nejedlý 1965). Po celé délce tenkého střeva je rozseto ve sliznici a v podslizniční vrstvě množství jednotlivých lymfatických uzlíků o průměru asi 3 – 7 mm, které se v zadní části kyčelníku shlukují v tzv. Peyerovy pláty (Nejedlý 1965; Cruise & Brewer 1994). Na konci kyčelníku se nachází svalnatá oblá část, nazývaná „*sacculus rotundus*“, mezi kterými se nachází ještě ileocékální záklopka. V „*sacculus rotundus*“ se také nachází množství lymfatických uzlíků plnící také imunologickou funkci. Je to specifický orgán, vyskytující se jen u zajíců (Cruise & Brewer 1994; Harcourt - Brown 2002; Davies & Davies 2003; Gidenne & Lebas 2006; Johnson - Delaney 2006; Vella & Donnelly 2012; Volek 2015).

Ileokolikální záklopka usměrňuje tráveninu do „*sacculus rotundus*“ a brání vracení tráveniny do kyčelníku. „*Sacculus rotundus*“ dále volně přechází do „*ampulla caecalis coli*“ a spolu tvoří spojení mezi kyčelníkem, slepým střevem a tlustým střevem (Harcourt - Brown 2002).

Někteří autoři dělí tlusté střevo na proximální a distální část místo tradiční vzestupnou, příčnou a sestupnou část (Harcourt - Brown 2002; Davies & Davies 2003). Harcourt – Brown (2002) dělí vzestupnou část tračnicku na 4 části. První část začínající od „*ampulla caecalis coli*“, měří 10 cm, přes kterou se táhnou 3 svalové pruhy „*taeniae*“ zužující se v určitých místech čímž se tvoří „*haustra*“. Na sliznici této části střeva se nachází malé výběžky o průměru 0,5 mm zvětšující absorpční plochu a pomáhají při mechanickém oddělování částic tráveniny. Druhá část je přibližně 20 cm dlouhá s jednou „*taeni*“ a menším počtem „*hauster*“. Tato část je velmi dobře inervována (Harcourt - Brown 2002; Davies & Davies 2003). Třetí část je svalnatá a silnostěnná nazývaná se „*fusus coli*“ (Cruise & Brewer 1994; Harcourt – Brown 2002; Davies & Davies 2003). Podle Cruise & Brewera (1994) je délka „*fusus coli*“ 5 – 8 cm, Harcourt - Brown (2002) uvádí 4 cm a Gidenne & Lebas (2006) uvádějí 1 – 2 cm. Slouží k iniciaci peristaltických vln (Harcourt - Brown 2002; Davies & Davies 2003; Volek 2015). Na levé straně těla přechází sestupná část tračnicku v konečník. Konečník prochází pánví pod kostí křížovou a ústí řitním otvorem. Svalovina kolem řitního otvoru tvoří zevní kruhový svěrač. Žlázy uložené v sliznici konečníku, při řitním otvoru, vylučují sliz, jenž obaluje výkaly a tím usnadňuje jejich odchod z těla (Nejedlý 1965).

Největší žlázou organismu jsou játra. Mají červenohnědou barvu, hladký a lesklý povrch. Jsou uložena za bránicí, s níž jsou spojena tenkým vazem věncovým, dále vazem trojúhelníkovitým a vazem srpovitým (Nejedlý 1965). Vlevo je lalok laterální a lalok mediální, vpravo lalok laterální, malý lalok čtyřhranný a velký lalok ocasatý, z něhož vyčnívá výběžek oponový (Nejedlý 1965; Cruise & Brewer 1994; Vella & Donnelly 2012). Na útrobní ploše prvního laterálního laloku je při mediálním okraji jáma žlučnicková. V ní je uložen relativně malý žlučový měchýř hruškovitého tvaru. Jeho vývod se připojuje ke společnému vývodu jaternímu. Společný vývod žlučový ústí do dvanáctníku na papile asi 1 cm pod pylorem (Nejedlý 1965). V jaterních buňkách se nepřetržitě vytváří žluč a shromažďuje se ve žlučnicku (Rafay et al. 2009).

Slinivka břišní je v podstatě soustavou jednotlivých žlázových lalůček snadno zaměnitelných s tukovou tkání. Rozprostírají se na dvanáctníku, žaludku, tlustém střevě a slezině v délce asi 15 cm a šířce 2 – 3 cm. Vnitřní sekreci zastávají tzv. Langerhansovy ostrůvky o velikosti až 2 mm. Tvoří je kulovité nebo ovoidní skupiny epiteliálních buněk. Na příčném řezu bývá až 250 těchto buněk, jež jsou dvojího druhu (α a β). Ostrůvky nejsou spojeny s

vývody jednotlivých lalůček pankreatu, nýbrž odvádějí svůj hormon inzulin přímo do krve (Nejedlý 1965).

3.1.2 Fyziologie trávení a vstřebávání

Králík je býložravec s komplexní a unikátní fyziologií trávení fermentací krmiva v zadní části trávicí soustavy (Campbell - Ward 2012). Vzhledem ke své malé velikosti má králík vysokou intenzitu metabolismu, a tudíž musí přijímat dostatečné množství energie a bílkovin v krmivu. Trávení je založeno na příjmu velkého množství krmiva, které se v trávicím traktu rozděluje na snadno stravitelnou a dobře fermentovatelnou část a nestravitelnou vláknitou část, která se z těla rychle vylučuje. Eliminuje také potřebu velkého vstřebávacího povrchu v tlustém střevě pomocí úplného oddělení produktů fermentace slepého střeva a výkalů, což umožňuje opětovný příjem a vstřebávání bakterií a jejich produktů v tenkém střevě (Davies & Davies 2003).

3.1.3 Příjem a zpracování krmiva v dutině ústní

Trávení začíná v dutině ústní, kde zuby a sliny zahájí prvotní rozklad přijímaného krmiva (Halls 2008). Přijaté krmivo je rozdrcené zadními zuby. Hlavní část žvýkacího cyklu, provádí žvýkání a řezání dlouhých stébel rostlin na kratší částice. Králík žvýká vždy na jedné straně úst. Sliny obsahující amylázu a galaktosidázu se vylučují nepřetržitě žlázou čelistní a ostatními žlázami v reakci na příjem krmiva (Davies & Davies 2003). Podle Cruise & Brewera (1994) a Daviese & Daviesové (2003) se lipáza a močovina nachází ve slinách králíka jen ve stopových množstvích. Ionty draslíku a hydrogenuhličitanů jsou také důležité složky slin (Davies & Davies 2003). Fortune - Lamothe & Gidenne (2006), Johnson - Delaney (2006) a Campbell - Ward (2012) uvádějí, že králík přijímá krmivo až 30krát za den, 2 – 8 g ve 4 – 6 minutových intervalech.

3.1.4 Trávení v žaludku

Žaludek slouží jako rezervní vak pro další trávicí procesy tenkého střeva a u zdravých zvířat se nikdy úplně nevyprázdňuje (Rafay et al. 2009). Podle Daviese & Daviesové (2003) žaludek dospělého králíka i po 24 hodinách obsahuje 50 % krmiva. Dno žaludku obsahuje parietální buňky, které vylučují kyselinu chlorovodíkovou a vnitřní faktor, a také hlavní buňky vylučující pepsinogen (Cruise & Brewer 1994; Davies & Davies 2003; Johnson - Delaney 2006). Vnitřní faktor je látka glykoproteinové povahy, která pevně váže vitamin B12 a

umožňuje jeho vstřebávání v tenkém střevu. Žaludek je místem začátku trávení bílkovin a u mláďat rovněž mléčného tuku (Volek 2015). Proces začíná denaturací bílkovin kyselinou chlorovodíkovou a pokračuje štěpením enzymy proteás na jednotlivé aminokyseliny nebo jako dvojice aminokyselin (dipeptidy), tripeptidy a až šest aminokyselinové jednotky v délce (oligopeptidy) (Dalibard et al. 2014). Trávení trvá přibližně 3 až 6 hodin (Harcourt - Brown 2002; Davies & Davies 2003; Johnson - Delaney 2006; Campbell - Ward 2012). Šťávy jsou silně kyselé, pH je mezi 1,0 – 2,0 (Cruise & Brewer 1994; Harcourt - Brown 2002; Davies & Davies 2003; Johnson - Delaney 2006; Gidenne & Lebas 2006; Campbell - Ward 2012; Volek 2015). Během trávení měkkých výkalů se pH zvýší na 3,0 (Harcourt - Brown 2002; Campbell - Ward 2012), což je zapříčiněno pufracním účinkem laktátu produkovaného mikroorganismy slepého střeva (Davies & Davies 2003). Vysoká kyselost ničí většinu patogenních bakterií (Rafay et al. 2009; Volek 2015).

3.1.5 Fyziologie tenkého střeva

Hodnota pH na začátku tenkého střeva je mezi 7,2 – 7,5 a na konci kyčelníku mezi 6,2 – 6,5 (Fortune – Lamothe & Gidenne 2006). Tenké střevo králíka je primárním místem absorpce množství živin, jako jsou aminokyseliny, lipidy, monosacharidy a elektrolyty. Degradace proteinů pokračuje v tenkém střevě za pomoci pankreatických enzymů trypsin, chymotrypsin a karboxypeptidás A a B. Reziduální proteiny, které se dostanou do tlustého střeva, jsou využívány mikroflórou slepého střeva (Campbell - Ward 2012). Retenční časy chymu se odhadují na 10 až 20 minut v lačníku a 30 až 60 minut v kyčelníku (Harcourt - Brown 2002; Davies & Davies 2003; Campbell - Ward 2012). Pankreas je důležitým zdrojem hydrogenuhličitanových iontů, vylučovaných do dvanáctníku a neutralizujících kyselost tráveniny vstupující do tenkého střeva ze žaludku se opět vstřebávají v lačníku (Harcourt - Brown 2002; Davies & Davies 2003; Campbell - Ward 2012). Žluč pomáhá neutralizovat obsah dvanáctníku a vytváří vhodné prostředí pro působení enzymů, emulguje tuky, umožňuje vstřebávání vyšších mastných kyselin a resorpci vitaminů D a K. Žluč má baktericidní a detoxikační účinky, přičemž se vylučují do střeva i produkty rozpadu různých látek, jako jsou žlučová barviva, cholesterol apod. (Rafay et al. 2009). Králík produkuje kolem 100 – 150 ml žluči na kilogram tělesné hmotnosti denně. Většina trávení sacharidů a jednoduchých proteinů probíhá ve dvanáctníku a lačníku a produkty tohoto trávení (monosacharidy a aminokyseliny) jsou vstřebávány přes kartáčový lem lačníku (Davies & Davies 2003).

3.1.6 Fyziologie tlustého střeva

Slepé střevo je hustě osídleno mikroorganismy, probíhají tady intenzivní fermentační procesy a hydrolyzuje se celulóza pomocí bakterií (Rafay et al. 2009). Appendix vylučuje hydrogenuhličitanové ionty do lumenu slepého střeva, které působí jako pufr těkavých mastných kyselin, tvořených fermentací ve slepém střevě. V appendixu a tračniku se průběžně vylučuje voda, která se přiměšuje do obsahu slepého střeva, odkud je vstřebávaná přes stěnu slepého střeva. Tím se udržuje viskózní kapalná konzistence tráveniny ve slepém střevě. Hodnota pH ve slepém střevě se mění v závislosti na fázi cekotrofního cyklu (Cruise & Brewer 1994; Davies & Davies 2003). Mikroflóra slepého střeva rozkládá amoniak, močovinu, proteiny, enzymy z tenkého střeva a celulózu, přednostně v tomto pořadí. Tyto mikroorganismy mají také schopnost metabolizovat xylan a pektin (Harcourt - Brown 2002; Davies & Daviesová 2003; Carabaño et al. 2010). Produkty mikrobiálního metabolismu jsou proteinové a enzymové struktury a těkavé mastné kyseliny, jako jsou octová, mravenčí, propionová, máselná (Davies & Davies 2003). Těkavé mastné kyseliny jsou vstřebávány přes stěnu slepého střeva (Rafay et al. 2009; Campbell - Ward 2012) a tračniku (Davies & Davies 2003) a králíci je využívají jako zdroj energie.

V proximální části tračniku se trávenina dělí do stravitelných a nestravitelných frakcí. Separační proces je usnadněn kombinací funkční anatomie a tračnickové motility. Stravitelné částice se usazují v blízkosti sliznice a jsou následně vháněny zpětně do slepého střeva. Ve stejnou dobu nestravitelné částice zůstávají v tračnickové dutině a jsou směřovány aborálně tvořit tvrdé výkaly. (Campbell - Ward 2012).

3.1.7 Cekotrofie

Králíci v průběhu dne produkují tvrdé a měkké výkaly (Campbell - Ward 2012). Vlákňité částice větší než 0,5 mm nevstupují do slepého střeva, ale přechází dál, aby vytvořily a vyloučily se jako tvrdé výkaly. Menší částice a tekutiny zůstávají, nebo jsou vráceny do slepého střeva antiperistaltickými vlnami, utvářejí nutričně hodnotné měkké výkaly, které se obalují hlenem při průchodu tračníkem (Johnson - Delaney 2006). Králíci si je vybírají přímo z řitního otvoru, polykají je bez žvýkání a v žaludku jsou neporušené uloženy 3 až 6 hodin (Carabaño et al. 2010) a přechází obvyklým trávicím procesem (Halls 2008).

Cekotrofie u králíků není reakcí na nutriční nerovnováhu, ale představuje specializovanou strategii trávení (Carabaño et al. 2010). Měkké výkaly jsou bohaté na esenciální aminokyseliny, těkavé mastné kyseliny, enzymy, jako je amyláza a lysozym,

vitaminy B a K a mikroorganismy včetně bakterií, kvasinek a prvoků (Campbell - Ward 2012). Z esenciálních aminokyselin jsou to hlavně lysin, siřné aminokyseliny a threonin (Carabaño et al. 2010). Králíci jsou schopni strávit 75 – 80 % vojtěškových bílkovin ve srovnání a 50 %, když je králíkům odepřen přístup k měkkým výkalům. Následkem dlouhodobého nedostatku měkkých výkalů je podvýživa a nedostatek vitaminů skupiny B, jako je tiamin (Halls 2008). Cekotrofií přijímají králíci 15 až 20 % z celkové denní dávky dusíku. Složení a množství denně vyloučených měkkých výkalů není ovlivněno přijímaným krmivem, pokud se nemění střevní mikroflóra (Gidenne & Lebas 2006).

Vláknina má důležitou roli v udržování zdraví střev, stimuluje chuť k příjmu krmiva, střevní motilitu a cekotrofii, snižuje žvýkání srsti a prevenci enteritid. Králíci potřebují 20 až 25 % vlákniny pro správnou funkci střev (Halls 2008). V případě, že krmivo neobsahuje dostatek větších částic anebo je vysoce stravitelné, většina tráveniny je vracená zpět do slepého střeva a ztrácí prvky, které vyživují „normální“ bakterie žijící ve slepém střevě. Tím se zvyšuje riziko množení nežádoucích bakterií v tomto ochuzeném prostředí, z nichž některé by mohly být škodlivé (Gidenne & Lebas 2006).

Mechanismus rozeznávání tvrdých a měkkých výkalů je nejasný. Specifická vůně cekotrofních výkalů v porovnání s tvrdými výkaly nebo existence mechanoreceptorů v konečniku byly udávány jako faktory podílející se na požívání měkkých výkalů. Výsledky získané od králíků, kteří byli zbaveni čichových buněk a s umělým konečником, ukázaly, že králíci jsou stále schopni rozpoznat a požírat měkké výkaly (Carabaño et al. 2010).

3.2 Dusíkaté látky

Tato skupina živin patří svým charakterem do stavebních živin, ale část z nich může být využita v organismu jako energetický zdroj (Zeman et al. 2006). Jsou to látky obsahující dusík stanovený metodou Kjeldahla, vynásobený koeficientem 6,25, který je odvozen ze skutečnosti, že bílkoviny obsahují 16 % dusíku (Sommer 1985; Kráčmar 1989; Zelenka et al. 2007). Tento koeficient je u některých krmiv odlišný. Například pro mléko je 6,38, živočišné moučky 6,0, obiloviny a mlýnská krmiva 5,25. Rozdělují se na bílkoviny a nebílkovinné dusíkaté látky (Sommer 1985).

Dusíkaté látky se nachází jako stavební materiál v každé buňce. Jejich úlohu je možné sledovat při realizaci genetických informací. Jsou obsaženy v nukleových kyselinách. Jsou také funkční látkou, která umožňuje činnost orgánů, spouští a reguluje veškeré změny v živočišném organismu, které jsou označovány jako metabolické procesy. Jsou účinnou složkou enzymů a

jsou zastoupeny v hormonech. Účinně se podílí na ochraně organismu proti možným infekcím. Jejich účast je možné pozorovat i při regulaci metabolismu vody. Osmotický tlak bílkovin a jejich velikost jim nedovolí prostupovat membránami, proto velmi účinně regulují transport vody do buňky i z buňky do mimobuněčného prostoru. Ve výjimečných případech mohou být bílkoviny glukoplastické aminokyseliny i zdrojem energie, případně jejich uhlíkatá kostra může posloužit pro tvorbu glukózy nebo mastných kyselin (Sommer 1985; Kráčmar 1989).

3.2.1 Bílkoviny

Bílkoviny jsou komplexní organické sloučeniny o vysoké molekulární hmotnosti (McDonald et al. 2011). Zabezpečují organismus zvířat potřebnými aminokyselinami na zachování tělesné hmoty, růst a specifické produkce. V průměru obsahují 51 – 55 % uhlíku, 19 – 24 % kyslíku, 6,5 – 7,3 % vodíku, 15,5 – 18 % dusíku, 0,5 – 2 % síry, 0 – 1,5 % fosforu a další mikroprvky (Sommer 1985; Dalibard et al. 2014). Bílkoviny se dělí na proteiny, u kterých jsou cizí složky pevně vázané a proteidy, u kterých se nebílkovinné skupiny lehce oddělují. Kvalita bílkovin je daná obsahem a vzájemným poměrem esenciálních aminokyselin. Čím více se blíží složení bílkovin krmiva bílkovinám těla, tím méně se jich spotřebuje pro krytí bílkovinné potřeby organismu a tím je vyšší jejich kvalita (Kračmar 1989).

Proteiny se skládají jen z aminokyselin (100 – 500 aminokyselin v peptidickém řetězci) anebo obsahují jeden pevně vázaný neaminokyselinový komponent (Sommer 1985). Podle prostorového uspořádání molekul bílkovin se dělí na skleroproteiny (kolagen, elastin, fibrin, myozin, keratin) a sferoproteiny (albuminy, globuliny, fosfoproteiny, histony a protaminy, prolaminy, glutelin).

Proteidy obsahují lehkou odštěpitelnou neproteinovou skupinu. Sem patří nukleoproteidy, lipoproteidy, glykoproteidy, chromoproteidy (Sommer 1985; Dalibard et al. 2014).

Dusíkaté látky nebílkovinné je skupina látek s menšími molekulami, do které se zařazují peptidy, volné aminokyseliny, nukleové kyseliny, amidy, aminy, dusičnany a amoniak (Schwab et al. 2003).

3.2.2 Aminokyseliny

Základními stavebními jednotkami bílkovin jsou aminokyseliny (Sommer 1985). Jsou charakterizovány tím, že mají zásaditou dusíkatou skupinu, obecně aminoskupinu ($-NH_2$), a kyselou karboxylovou jednotku ($-COOH$) (McDonald et al. 2011). Některé mají i dvě aminové,

případně karboxylové skupiny ve své molekule (Sommer 1985). Podle McDonalda (2011) bylo identifikováno přes 200 aminokyselin. Sommer (1985) a Jeroch et al. (2006) uvádějí, že jen 20 z nich se podílí na tvorbě rostlinných a živočišných bílkovin. Z nutričního hlediska dále Sommer (1985) a Jeroch et al. (2006) dělí aminokyseliny na esenciální, neesenciální a semiesenciální. Kráčmar (1989) a Zeman et al. (2006) je dělí na esenciální a neesenciální. Esenciální aminokyseliny si organismus nemůže sám vytvořit. Musí být, proto dodány krmivem. Přežvýkavci jsou v systému předžaludků a probíhající bakteriální syntézy proteinů značně nezávislí na přísunu esenciálních aminokyselin. Neesenciální aminokyseliny se mohou tvořit při látkové výměně, je-li k dispozici dostatečné množství sacharidů a vhodných dusíkatých sloučenin. Jako semiesenciální jsou označovány ty aminokyseliny, které nemůže organismus syntetizovat v dostatečném množství nebo pro jejichž tvorbu jsou výchozími látkami esenciální aminokyseliny (Jeroch et al. 2006).

Zvíře potřebuje všechny aminokyseliny v určitém vzájemném poměru. Esenciální aminokyselina, jejíž nedostatečné zastoupení v dusíkatých látkách limituje využití ostatních aminokyselin a tím zvyšuje nároky na množství dusíkatých látek v krmné směsi nebo limituje užítkovost hospodářských zvířat při nezměněném množství dusíkatých látek, se nazývá limitující aminokyselinou (Zelenka et al. 2007). Z tohoto důvodu musí být limitující aminokyselina obsažena v krmné směsi v dostatečném množství, aby naplnila potřeby zvířete. První aminokyselina, která limituje syntézy proteinů, se nazývá první limitující aminokyselina. Když se naplní potřeba první limitující aminokyseliny další aminokyselina, která limituje proteosyntézy, se nazývá druhá limitující aminokyselina a tak dále (Dalibard et al. 2014).

Podle Lebase et al. (1997) a Chrastinové et al. (1998) je pro králíky nepostradatelných 10 aminokyselin, kterými jsou methionin + cystein, lysin, arginin, histidin, leucin, isoleucin, fenylalanin + tyrosin, threonin, tryptophan a valin. Chrastinová et al. (1998) uvádějí i glycin jako nepostradatelný, králík si ho však dokáže produkovat. Limitujícími aminokyselinami pro králíky jsou sirné aminokyseliny methionin a/nebo cystein, lysin a threonin (Volek 2009, 2015).

3.3 Zdroje bílkovin ve výživě králíků

V EU jsou tradičně nejvyužívanějšími zdroji bílkovin ve výživě hospodářských zvířat sójový extrahovaný šrot, řepkový extrahovaný šrot a slunečnicový extrahovaný šrot (Krimpen et al. 2013; Boer et al. 2014). Jsou to vedlejší produkty výroby oleje extrakcí s vysokým obsahem bílkovin (Krimpen et al. 2013). V závislosti na zdroji bílkovin se míra soběstačnosti EU značně liší řepka 79 %, slunečnice 42 %, sója 5 % (European Commission 2018). Avšak

kupříkladu sójový extrahovaný šrot tvoří až 64 % krmných proteinových zdrojů (Visser et al. 2014). V důsledku toho se do EU každoročně dováží zhruba 17 milionů tun dusíkatých látek (z nichž 13 milionů tun je sóji, což se rovná 30 milionům tun sójových bobů); především z Brazílie, Argentiny a USA (European Commission 2018). Například v roce 2012 bylo do EU dovezeno 34 milionů tun sójových bobů a sójového extrahovaného šrotu, což představuje 15,5 milionů tun bílkovin (European Feed Manufacturers' Federation – FEFAC 2012). Závislost Evropského trhu na dovozu sóji je spojena s několika problémy vyvolávající obavy. Důvody obav se různí v závislosti na institucích jako vlády, mimovládní neziskové organizace či spotřebitelé. Mezi hlavní se řadí možné narušení obchodu, problémy s udržitelností, nedostatkem a cenové volatility sójových bobů na světovém trhu, což způsobí zvýšení ceny krmiva, čímž se zvýší produkční náklady zemědělců a sníží se ziskovost odvětví. EU je po Číně druhým největším dovozcem sójových bobů. (Krimpen et al. 2013; Boer et al. 2014; Martin 2014; Visser et al. 2014). Odborníci z popředních evropských institucí se zabývají studiem možností zvýšení produkce zdrojů bílkovin v EU. V studiích se uvádějí dvě strategie. První strategií je zvýšení produkce konvenčních zdrojů bílkovin a teda hledání vhodných regionů v EU pro jejich pěstování. Druhou strategií je hledání a výzkum alternativních zdrojů bílkovin. Jako vhodné alternativní zdroje se jeví např. vodní rostliny podčeledí „*Lemnoideae*“, lupiny a jiné luštěniny, výpalky z obilnin, merlík čilský (*Chenopodium quinoa*), různé druhy hmyzu či vodní řasy, bílkoviny jednobuněčných organismů (Huis et al. 2013; Krimpen et al. 2013; Boer et al. 2014; Martin 2014; Visser et al. 2014; De Ron et al. 2017; Henchion et al. 2017).

Kromě znalostí potřeby živin pro králíky je také důležité mít znalosti o obsahu živin krmných komponentů pro složení nutričně vyvážené krmné dávky. Rovněž důležité je vědět o všech dalších vlastnostech komponentů, které by mohli ovlivnit jejich využití, jako je například přítomnost toxinů, chuť, vhodnost pro peletování anebo nutriční nevyváženost (McNitt et al. 2013).

Sójový extrahovaný šrot je nejvyužívanějším zdrojem bílkovin v krmných směsích pro hospodářská zvířata po celém světě (Stein et al. 2008; Vyskočil et al. 2008; Banaszkiwicz 2011; McDonald et al. 2011). Sójové boby se při extrakci oleje odslupkují a endosperm se pošrotuje, extrahuje extrakčním činidlem, odstředí se tuk a odpaří se zbytek činidla. Výsledný produkt je nazýván sójový extrahovaný šrot I. jakosti s obsahem dusíkatých látek nad 48 %. Jestliže se tomuto produktu vrátí část slupek, vznikne sójový extrahovaný šrot II. jakosti s obsahem dusíkatých látek 43 – 48 % a 2 – 6 % vlákniny (Vyskočil et al. 2008). Hlavním důvodem velké oblíbenosti sójového extrahovaného šrotu je jeho jedinečné složení aminokyselin, které je lepší než u většiny obilovin (Stein et al. 2008). Obsahuje všechny

esenciální aminokyseliny ve vysokém množství, avšak obsah methioninu a cystinu není optimální (Banaszkiewicz 2011; McDonald et al. 2011; Bernard 2016). Značnou nevýhodou sójového extrahovaného šrotu je obsah řady toxických, stimulujících a inhibičních látek včetně alergenních, goitrogenních a antikoagulačních faktorů (Vyskočil et al. 2008; McDonald et al. 2011). Kupříkladu, hemaglutinin je látka způsobující aglutinaci červených krvinek, čímž také přispívá k retardaci růstu u potkanů, králíků a lidí ne však u ovcí a telat. Pokud se sójový extrahovaný šrot použije jako hlavní zdroj bílkovin pro hospodářská zvířata s jednoduše žaludkem, mohou se projevit zdravotní problémy (McDonald et al. 2011).

Řepkový extrahovaný šrot obsahuje 32 – 38 % dusíkatých látek. Má žlutozelenou až žlutohnědou barvu z černými zbytky slupek. Jeho kvalita závisí na odrůdě řepky, ze které pochází. V dnešní době se pěstují dvounulové řepky, které mají nízký obsah pro výživu méně vhodné kyseliny erukové a snížený obsah glukosinolátů, z nichž se vytvářejí narušující činnost štítné žlázy. Řepkový extrahovaný šrot by neměl obsahovat více než 20 μmol glukosinolátů/g beztukové hmoty. Canola je odrůda řepky vyšlechtěna v Kanadě obsahující v extrahovaném šrotu 5 μmol glukosinolátů/g beztukové hmoty. Kvalitou bílkoviny ani jejím obsahem nedosahuje bílkovina řepky hodnotu bílkoviny sóji i přesto je řepkový šrot velmi dobrým zdrojem bílkovin pro krmné směsi hospodářských zvířat. Nevýhodou je obsah glukosinolátů, které zhoršují chutnost (Suchý et al. 2007; Vyskočil et al. 2008; McDonald et al. 2011; Florou-Paneri et al. 2014; Bernard 2016). Z dostupných vědeckých prací El-Medanyho & El-Reffaeiho (2015), Zwolińskieho et al. (2016), Gugoleka et al. (2017, 2018) s částečným nahrazením sójového extrahovaného šrotu řepkovým ve výkrmové krmné směsi králíků, nebyly zjištěny výrazné rozdíly v užitkovosti, stravitelnosti živin, zdravotním stavem, vývin. Boubaker et al. (2007) plně nahradili sójový extrahovaný šrot řepkovým v produkční krmné směsi králíků. Výsledky byly sice horší, avšak nebyly zjištěny významné rozdíly mezi skupinami. Lebas (1979), Lebas & Baudet (1982) a Volek et al. (2017) se také zabývali využitím řepkového extrahovaného šrotu v reprodukční krmné směsi králíků. Nebyl zjištěn žádný negativní vliv na užitkovost králíků, příjem krmiva, mléčnost nebo na růstovou schopnost či vitalitu králíků.

Slunečnicový extrahovaný šrot je barvy šedé až šedočerné s viditelnými částicemi tmavých slupek. Příjemně voní a je chutný. Vyrábí se extrahovaný šrot z loupaných semen, z částečně loupaných semen a neloupaných semen, které se liší obsahem vlákniny. Šrot bez slupek je více stravitelný s vyšším obsahem bílkovin a bývá také označován jako HiPro slunečnicový extrahovaný šrot. Obsahuje asi 44 % bílkovin s nižším obsahem lysinu a vysokým obsahem argininu. Extrahovaný šrot z neloupaných slunečnicových semen má vysoký podíl vlákniny, proto je vhodný ke krmení zejména přežvýkavců. Na rozdíl od sójového a

řepkového extrahovaného šrotu slunečnicový neobsahuje žádné škodlivé anti – nutriční látky (Levic et al. 2005; Vyskočil et al. 2008; McDonald et al. 2011; Nutreco 2016; Kumar 2018).

Při hledání vhodných zdrojů bílkovin pro EU, se posuzují nejen výnosy plodin a nutriční hodnota, ale také je třeba brát v úvahu i vliv na životní prostředí. Dále se musí brát v úvahu klimatické podmínky EU, udržitelnost zdroje a v neposlední řadě legislativa (Poel et al. 2013).

Lupina bílá (*Lupinus albus L.*), lupina žlutá (*L. luteus L.*) a lupina úzkolistá (*L. angustifolius L.*) jsou domácí evropské luštěniny, které představují významnou alternativu sóji (McDonald et al. 2011; Lucas et al. 2015). Lupiny jsou výjimečné svým vysokým obsahem dusíkatých látek, rozpustné vlákniny a na rozdíl od obilovin obsahují malé množství škrobu (Duranti et al. 2008; Vyskočil et al. 2008; Sedláková et al. 2016; Mierlita et al. 2018). Podobně jako další luskoviny, také semena lupiny bílé mají nízký obsah sirných aminokyselin (Vyskočil et al. 2008; Volek 2009; Mierlita et al. 2018), lze jejich biologickou kvalitu snadno zlepšit přidáním syntetických aminokyselin do krmné směsi (Volek 2009; McDonald et al. 2011; Volek & Uhlířová 2018). Obsah vlákniny u neloupaného semene je poměrně vysoký 12 – 15 % (Vyskočil et al. 2008). Lupina bílá je také známá jako sladká lupina pro její velmi nízký obsah toxických alkaloidů. Nízký je i obsah inhibitoru proteázy a dalších antinutričních látek (Volek & Marounek 2009). Mnohé studie porovnávající krmné směsi se sójovým extrahovaným šrotem a lupinou u rostoucích králíků prokázaly pozitivní výsledky užitkovosti (Volek & Marounek 2009; Volek et al. 2014, 2018), stravitelnost krmné směsi (Volek & Marounek 2009; Volek et al. 2014, 2015), složení jatečného těla (Volek & Marounek, 2009; Uhlířová et al. 2015; Volek et al. 2018), mléčnosti králice a růstu králíčat (Volek et al. 2014). Snížil se výskyt střevních onemocnění a také úhyn (Volek et al. 2014; Uhlířová et al. 2015). V práci Volka et al. (2018) porovnávající krmné směsi se sójovým extrahovaným šrotem a odslupkovanou lupinou bílou se testovaly také sensorické a fyzikální vlastnosti masa králíků. Nebyly zjištěny žádné rozdíly v intenzitě vůně, intenzity vůně králíčího masa, přítomnost typické chuti vařeného masa nebo přítomnost chuti typické pro králíčí maso. U hodnocení textury se zjistila vyšší vláknitost a křehkost masa králíků krmných lupinou. V šťavnatosti nebyly zjištěny žádné rozdíly. Duranti et al. (2008), Lucas et al. (2015), Uhlířová (2015) a Sedláková et al. (2016) uvádějí vhodnost lupiny pro využití i jako nutraceutické složky krmiva či potravin.

Další významné luskoviny jsou hrách a bob obecný. Využívají se jak ve výživě lidí, tak i ve výživě hospodářských zvířat. Jsou vhodné ke krmení přežvýkavců i monogastričních zvířat (Suchý et al. 2009ab). Bob obsahuje průměrně 26,5 % dusíkatých látek a hrách 22 % (Castel et al. 1996; Vyskočil et al. 2008; Suchý et al. 2009ab; McDonald et al. 2011). U bobu je příznivý

obsah lysinu, zatímco obsah sirných aminokyselin a threoninu je nízký (Vyskočil et al. 2008). U hrachu je rovněž vyšší podíl lysinu a nízký podíl sirných aminokyselin, avšak nízký podíl tryptofanu (Suchý et al. 2009a). Jejich nevýhodou však je obsah různých antinutričních látek, zejména odrůd s barevnými květy (Suchý et al. 2009ab). Lounaouci et al. (2014) nahradili sójový extrahovaný šrot v krmné směsi bobem obecným a hrachem. Nezjistili žádné výrazné rozdíly v příjmu krmiva, přírůstcích nebo charakteristice jatečně upraveného těla králíků. Z výsledků výzkumu Gugoleka et al. (2017), Zwolińskieho et al. (2017) a Gugoleka et al. (2018) se zjistilo, že plné nebo částečné nahrazení sójového extrahovaného šrotu krmnou směsí s 5 - 10 % řepkovým extrahovaným šrotem, 4 – 8 % bílou lupinou a 3 – 6 % hrachu nemají negativní vliv na užitek anebo zdraví králíků.

Významnou alternativou sójového extrahovaného šrotu ve výživě hospodářských zvířat jsou i lihovarské výpalky (Zeman & Tvrzník 2007; Youssef et al. 2008; Nehasilová 2009; Kudrna et al. 2011; US Grains Council 2012; Pecka-Kiełb et al. 2017). V minulosti se výpalky zkrmovaly jen v tekutém stavu (Zeman & Tvrzník 2007; Vyskočil et al. 2008; Nehasilová, 2009; Kudrna et al. 2011). Z důvodu vysokého obsahu vody, vysokých vyskladňovacích teplot (více než 50 °C) a vysoké rozpustnosti enzymů složek buněčné stěny a zbytků kvasinek se čerstvé lihovarské výpalky snadno kazily. Dopravovat větší množství produktu obsahujícího vysoké množství vody přímo ke zkrmování, je jak z krmivářsko – hygienického, tak také z ekonomického hlediska problematické. Pokusy silážovat tyto výpalky byly poměrně úspěšné, ale tato metoda se příliš nerozšířila. Proto na trh přišly sušené lihovarské výpalky s obsahem sušiny 88 až 93 % a jako lisované lihovarské výpalky s 35 až 40 % sušiny (Nehasilová 2009).

Nejfrekventovanější jsou sušené lihovarské výpalky s rozpustným podílem (Dried distillers grains with solubles – DDGS), které jsou podle definice produktem, který obsahuje všechna vypálená zrna a minimálně 70 % kondenzovaného rozpustného podílu po fermentaci. Pokud se rozpustný podíl nepřidává zpět k zrnu, nazývá se výsledný produkt sušené lihovarské výpalky (Dried distillers grains – DDG). V případě, že je zrno před fermentací zbaveno klíčků a slupek, vzniká finální produkt s názvem vysokoproteinové sušené lihovarské výpalky s rozpustným podílem (High protein Dried distillers grains with solubles - HP-DDGS). Tento produkt obsahuje méně tuku a méně vlákniny, ale více bílkovin v porovnání s konvenčními DDGS. Kukuřičné klíčky odstraněné z kukuřičného zrna mohou být také zkrmovány, ale tento produkt je charakteristický relativně vysokým obsahem neškrobnatých polysacharidů. V případě, že je z DDGS extrahován olej, obsahuje finální produkt méně éterového extraktu, a proto také méně energie než konvenční DDGS. Pokud je z DDGS odstraněna vláknina, bývá výsledný produkt označován jako (Energy Dried distillers grains with solubles – E-DDGS).

Tento produkt obsahuje přibližně v průměru 37 % proteinu, o 10 % neškrobnatých polysacharidů méně, o 6–7 % více stravitelné energie (DE) a metabolizovatelné energie (ME) než konvenční DDGS (Nehasilová 2009).

Problémem výpalků může být variabilita jejich nutričního složení (Zeman & Tvrzník, 2007; Nehasilová 2009; Kudrna et al. 2011; Liu 2011; US Grains Council 2012; Guermah et al. 2016). Za potencionální problém jsou v případě výpalků považovány plísně a jejich toxiny. Mykotoxiny mohou přecházet ze zrna do výpalků, ale ne do etanolu. Závažná by mohla být zejména kontaminace aflatoxinem, protože tato látka má karcinogenní účinky. Běžnou praxí je, že výrobce etanolu testuje zrno, přicházející do výroby, a pokud je kontaminované, je odmítnuto (Kudrna et al. 2011). Příznivé výsledky užitkovosti králíků (Youssef et al. 2012; Vázquez et al. 2013; Alagón et al. 2014a; Khattab et al. 2014a; Strychalski et al. 2014), nebo kvality králíčího masa (Khattab et al. 2014b; Alagón et al., 2014b) se prokázaly s částečným i úplným nahrazením sójového extrahovaného šrotu lihovarskými výpalky v krmné směsi. Chełmińska & Kowalska (2013) zjistili horší kvalitu králíčího masa s 10% podílem lihovarských výpalků v krmné směsi. Podle autorek by příčinou horší kvality masa mohl být obsah mykotoxinů.

Bílkoviny vhodné pro výživu hospodářských zvířat je možné získat i kultivací různých mikroorganismů či řas, zejména těch, které obsahují více než 30 % bílkovin v jejich biomase s vyváženým aminokyselinovým složením (Garg et al. 1980; Stringer 1982; Kuhad et al. 1997; Nasser et al. 2011; Israelidis 2013; Suman et al. 2015; Ritala et al. 2017; Spalvins et al. 2018). Podle Garga et al. (1980), Israelidise (2013) a Sumana et al. (2015) název single cell protein (SCP) – jednobuněčný protein byl zaveden v roce 1966 profesorem C. L. Wilsonem z Massachusetts Institute of Technology pro řasy, bakterie, kvasinky a vláknité houby pěstované pro svůj obsah bílkovin. Důvodem bylo, předejít negativnímu spojení termínů jako bakteriální či plísňový nebo mikrobiální bílkovina. Jsou to usušené buňky mikroorganismů, které se využívají jako zdroj bílkovin ve výživě lidí i hospodářských zvířat (Nasser et al. 2011). Kromě vysokého podílu bílkovin 60–82 % obsahují také tuky, sacharidy, nukleové kyseliny, vitamíny a minerály (Suman et al. 2015). Dalšími výhodami mikroorganismů jsou vysoká rychlost růstu a množení, nízká potřeba zemědělské půdy, nízká spotřeba vody, nezávislost na podnebí a nezatežují životní prostředí (Israelidis 2013; Spalvins et al. 2018). I když lidstvo využívalo mikroorganismů po staletí, technologie produkce mikrobiální bílkoviny se začala vyvíjet jen před sto lety a produkce ve velkém rozsahu začala v 20. století, zejména po první světové válce (Israelidis 2013). Pro produkci mikrobiální biomasy mohou být využity substráty jako je škrob, melasa či odpad z ovoce a zeleniny, vedlejší produkty průmyslové nebo zemědělské výroby (Malav et al. 2017; Spalvins et al. 2018) i ropné vedlejší produkty, zemní plyn, etanol, metanol

nebo lignocelulósa (Suman et al. 2015). Je však potřebné snížit obsah nukleové kyseliny pod 2 % aby byly vhodné také pro výživu lidí. Nadměrný příjem nukleové kyseliny způsobuje srážení kyseliny močové, způsobující zdravotní poruchy jako dna nebo ledvinové kameny. Snížit nukleovou kyselinu je možné různými chemickými nebo enzymatickými způsoby (Nasseri et al. 2011; Suman et al. 2015; Ritala et al. 2017). Také výzkumy s mikrobiální bílkovinou v krmných směsích přežvýkavců (Madeira et al. 2017), brojlerových kuřat (Hellwing et al. 2006; Chand & Khan 2014), prasat (Øverland et al. 2001; Madeira et al. 2017) či jiných monogastričních zvířat (Øverland et al. 2010) prokázaly pozitivní výsledky užitkovosti. Je však potřebné hledat způsoby snížení produkčních nákladů a zlepšení kvality finálního produktu (Nasseri et al. 2011; Srividya et al. 2013; Ritala et al. 2017; Spalvins et al. 2018). Prokázalo se, že mikrobiální bílkovina je vhodná i ve výživě vykrmovaných králíků a neměla negativní vliv na užitkovost (Peiretti & Meineri 2008; Gerencsér et al. 2013), složení jatečně opracovaného trupu (Peiretti & Meineri 2011) nebo kvalitu a chemické složení králíčího masa (Peiretti & Meineri 2011; Mahmoud et al. 2017).

Další možností je také hmyz, kerý se uvádí jako vysoce kvalitní, efektivní a udržitelný alternativní zdroj bílkovin. Jeho využití jako zdroje bílkovin může přispět ke globální potravinové bezpečnosti prostřednictvím krmiva hospodářských zvířat nebo přímou konzumací lidí (Veldkamp et al. 2012). Hmyz byl po staletí součástí lidské potravy, a i v současnosti se konzumuje v mnoha částech Asie, jižní Ameriky a Afriky (Makkar et al. 2014; Huis 2016; Kouřimská & Adámková 2016; Ortiz et al. 2016). Avšak konzumace hmyzu v Evropě není tak populární (Huis et al. 2013; Makkar et al. 2014; Stamer 2015; Huis 2016; Kouřimská & Adámková 2016; Ortiz et al. 2016). Odhaduje se, že pro konzumaci je vhodných přibližně 2000 druhů hmyzu (Stamer 2015; Yen 2015; Huis 2016; Kouřimská & Adámková 2016; Ortiz et al. 2016). Vyniká rychlým růstem, snadnou reprodukcí, vysokou konverzí krmiva a může být krmen odpadní biomasou. Pro produkci 1 kg hmyzí biomasy je potřeba přibližně 2 kg krmiva. Vznikne tak nejen potravina pro lidskou výživu, ale i krmivo pro hospodářská zvířata s vysokou nutriční hodnotou (Makkar et al. 2014; Ortiz et al. 2016). Podle Makkara et al. (2014), Stamera (2015), Kouřimské & Adámkové (2016) a Ortize et al. (2016) jsou vhodnými druhy hmyzu pro komerční produkci v Evropě cvrček domácí (*Acheta domestica*), cvrček banánový (*Gryllus assimilis*), saranče stěhovavá (*Locusta migratoria*), saranče pustinná (*Schistocerca gregaria*), larvy potemníka moučného (*Tenebrio molitor*), larvy potemníka brazilského (*Zophobas morio*), larvy potemníka stájového (*Alphitobius diaperinus*), včela medonosná (*Apis mellifera*), larvy zavíječe voskového (*Galleria mellonella*), larvy mouchy domácí (*Musca domestica*), larvy mouchy bráněnky (*Hermetia illucens*) a larvy bource morušového (*Bombyx mori*).

Hmyz má výbornou nutriční hodnotu, která je však závislá na druhu, pohlaví, vývojovém stádiu, krmivu a životním prostředí, ale i použité analytické metodě (Huis 2016). U většiny druhů je vysoký obsah bílkovin, tuku, esenciálních aminokyselin či vitamínů a minerálních látek (Veldkamp et al. 2012; Sánchez-Muros et al. 2013; Al-Qazzaz & Ismail 2016; Veldkamp & Bosch 2015; Huis 2016). U některých druhů hmyzu je obsah dusíkatých látek 60 – 80 %, podobně jako u rybí moučky. Jiné druhy s nižším obsahem dusíkatých látek, stále však 40 % i více, je i tak srovnatelný se sójovým extrahovaným šrotem (Sánchez - Muros et al. 2013). Důležitější, než podíl dusíkatých látek hmyzu je aminokyselinové složení. Vyšší podíl methioninu než v rybí moučce, byl zjištěn u larev bource morušového nebo mouchy domácí. Obsahují také vysoký podíl leucinu. Nicméně, žádný ze studovaných druhů hmyzu nemá vyšší obsah lysinu než rybí moučka (Sánchez - Muros et al. 2013).

Dále pak má hmyz ovšem značné množství tuku, je proto důležité znát složení mastných kyselin. Můžou přispět k naplnění potřeby esenciálních mastných kyselin, nebo limitovat biologickou funkci mastných kyselin (Sánchez - Muros et al. 2013). Konečné složení živočišného tuku je výsledkem složení mastných kyselin krmiva, což má vliv na kvalitu a senzorické vlastnosti masa (Paul et al. 2017; Wood et al. 2007; Volek et al. 2018). Obsah tuku se pohybuje od 13 % pro *Orthoptera* do 33 % pro *Coleoptera* (Huis 2016). Podle schopnosti hmyzu syntetizovat nebo prodlužovat mastné kyseliny je možné je rozdělit do čtyř skupin. První skupinu tvoří hmyz, který syntetizuje polynenasycené mastné kyseliny na novo. Jejich desaturáza jim umožňuje syntézu 18:2 (n 6), stejně jako elongaci a desaturaci až do 20:3 a 20:4 (n 6). Další skupina zahrnuje hmyz, který má metabolismus lipidů podobný jako obratlovci. Znamená to že, nemůžou syntetizovat 18:2 (n 6) nebo 18:3 (n 3) a musí je přijímat krmivem. Zavíječ voskový patří do této skupiny, nicméně dokáže elongovat a desaturovat tyto mastné kyseliny do 20:4 (n 6) a 20:5 (n 3). Třetí skupinou jsou komáři, kteří potřebují kyselinu arachidonovou a nejsou schopni elongovat nebo syntetizovat di nebo tri-nenasycené mastné kyseliny o 18 atomech uhlíku. Čtvrtou skupinu reprezentuje Octomilka obecná (*Drosophila melanogaster*), která zřejmě nepotřebuje ani nesyntetizuje polynenasycené mastné kyseliny (Sánchez - Muros et al. 2013; Al-Qazzaz & Ismail 2016). Složení mastných kyselin je různé a je závislé od druhu a stádiu vývoje. Z mononenasycených mastných kyselin se 18:1 nachází u všech druhů. Některé suchozemské druhy (*Tenebrio molitor*, *Zophoba morio*, *Bombyx mori*, *Acheta domesticus* a *Locusta migratoria*) jsou bohaté na 18:2 (n6) s variabilním obsahem 18:3 (n3) bez 20:3 (n6) a 20:4 (n6), zatímco jiné druhy jsou bohaté na 20:3 (n6) a 20:4 (n6) s nižším obsahem 18:2 (n 6) a 18:3 (n3) (Stanley - Samuelson et al. 1988; Sánchez - Muros et al. 2013; Paul et al. 2017).

Antimikrobiální peptidy (AMP) jsou krátké proteiny vrozené imunity u prokaryotických a eukaryotických organismů. Mají kationovou povahu a jsou složeny z nejvíce 100 aminokyselin. Vykazují aktivitu proti bakteriím, plísním ale i některým parazitům či virům (Bulet et al. 1999; Zasloff 2002; Doležilková et al. 2011; Condé et al. 2012; Józefiak & Engberg 2017; Wu et al. 2018).

Exoskelet hmyzu obsahuje chitin, lineární polymer β - (1-4) N-acetyl-D-glukosaminové jednotky s chemickou strukturou podobnou struktuře celulózy (Veldkamp et al. 2012; Sánchez-Muros et al. 2013). Chitin se štěpí enzymem chitinásou, která je produkována ve svalnatém žaludku brojlerových kuřat. U prasat byla zatím zjištěna produkce chitinolytických enzymů střevní mikroflórou (Veldkamp et al. 2012).

4 Materiál a metody

4.1 Design experimentu

Do sledování bylo zařazeno celkem 30 brojlerových králíků genotypu Hyplus (PS 19 x PS 39), kteří byli odstaveni ve 32 dnech věku. Králíci byli náhodně rozděleni do 2 skupin podle zkrmované krmné směsi, a ustájeni do klecového systému z bodově svařovaného pozinkovaného drátu. Hustota osazení byla 0,45 m²/ks. Králíci byli vykrmováni do 79. dne věku.

Polovině králíků byla zkrmována kontrolní granulovaná kompletní krmná směs (zdrojem dusíkatých látek sójový extrahovaný šrot) a druhé polovině granulovaná kompletní krmná směs se zdrojem dusíkatých látek v podobě hmyzí moučky (potemník moučný – *Tenebrio molitor*). Příjem granulované směsi byl ad libitum (zásobníková krmítka), stejně jako příjem zdravotně nezávadné vody (kapátkové napáječky). Králíčata před odstavem přijímala mléko a krmnou směs určenou pro samici. Podmínky mikroklimatu odpovídaly běžným požadavkům pro výkrm králíků.

Byl sledován vliv zkrmování experimentální krmné směsi na vybrané parametry užítkovosti a jatečné hodnoty.

Živá hmotnost byla sledována v pravidelných týdenních intervalech (individuálně) a spotřeba krmiva denně (individuálně). Dále byl vypočten (za období od 32. do 79. dne věku) celkový přírůstek živé hmotnosti (g), průměrný denní přírůstek (g), průměrná spotřeba krmiva na krmný den (g) a konverze krmiva.

Na konci sledování v 79 dnech věku králíků bylo pro porovnání jatečné hodnoty náhodně vybráno 10 králíků z každé skupiny. U králíků byla realizována kompletní jatečná disekce. Zhodnocení vybraných ukazatelů jatečné hodnoty bylo na základě doporučení světové asociace World Rabbit Science Association a je dáno harmonizačními kritérii dle Blasca a Ouhayouna (1996). Sledována byla porážková hmotnost v 74 dnech (g), hmotnost jatečně opracovaného trupu za tepla (g; hmotnost králíka 15 – 20 minut po porážce (dále jen JOT)), hmotnost JOT za studena (g; hmotnost chlazeného JOT po 24 hodinách (dále jen JOTs)), referenční hmotnost trupu (g; hmotnost JOT za studena bez hlavy, jater, plic, srdce, ledvin, průdušnice, jícnu a brzlíku (dále jen rh)), procento ztráty okapem (%; [(JOT – JOTs)/JOT] * 100), jatečná výtěžnost (%; hmotnost JOTs/porážková hmotnost * 100), kůže včetně uší, distální části předních a zadních končetin, bez lopatkového tuku (% ze živé hmotnosti), plný

trávicí trakt (% ze živé hmotnosti), a dále % podíl vybraných částí JOTs z rh (přední, střední, zadní část, ledvinový, tříslový, lopatkový tuk a tuk celkem).

4.2 Experimentální krmné směsi

Složení krmných směsí je uvedeno v tabulce 1. Krmné směsi měly podobný obsah dusíkatých látek, tuku a stravitelné energie. Také poměr frakcí vlákniny byl u obou krmných směsí podobný.

Tabulka 1: Složení krmných směsí pro králíky (%) a chemická analýza (% , MJ)

Komponenta (%)	Kontrolní skupina	Pokusná skupina
Vojtěškové úsušky	30	30
Sójový extrahovaný šrot	6	0
Hmyzí moučka*	0	3
Cukrovarské řízky	7	7
Pšeničné otruby	33	35
Oves	15	15
Ječmen	6	7
Aminovitan**	1	1
Monofosfát	0,5	0,5
Vápenec	1	1
Sůl	0,5	0,5
Chemické složení (%)		
Dusíkaté látky	15,2	14,1
NDF	39,0	38,2
ADF	18,3	18,1
ADL - lignin	5,0	5,0
Tuk	2,4	2,6
Hrubá energie (MJ/kg)	16,3	16,4

**Tenebrio molitor* (moučka) – sušina 594 g/kg, dusíkaté látky 401 g/kg, popeloviny 33,2 g/kg, tuk 150 g/kg; **V 1 kg: vitamin A – 1 200 000 m. j.; vitamin D₃ – 200 000 m. j.; vitamin E – 5 g; vitamin K₃ – 0,2 g; vitamin B₁ – 0,3 g; vitamin B₂ – 0,7 g; vitamin B₆ – 0,4 g; niacin – 0,5 g; Ca – pantothenát – 2g; kyselina listová – 0,17 g; biotin – 20 mg; vitamin B₁₂ – 2 mg; cholin – 60 g; lysin – 25 g; DL – methionin – 100 g.

4.3 Statistická analýza

U sledovaných ukazatelů byly vypočteny základní statistické údaje. Statistická analýza byla zpracována počítačovou aplikací SAS 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA). Byl posuzován vliv systému ustájení na vybrané parametry, použita metoda ANOVA.

$$Y_{ij} = \mu + KS_i + e_{ij},$$

Y_{ij} hodnota znaku (závislá proměnná),

μ průměr,

KS_i vliv krmné směsi (kontrolní, pokusná s hmyzí moučkou),

e_{ij} náhodná zbytková chyba.

Složení krmné směsi bylo fixním vlivem. Hladina významnosti pro vybrané parametry byla $P \leq 0,05$. Vzájemné rozdíly byly testovány t-testem. V tabulkách jsou uvedeny průměrné hodnoty.

5 Výsledky

Základní parametry užítkovosti jsou uvedeny v tabulce 2. Statisticky významný rozdíl byl zjištěn pouze u průměrné denní spotřeby krmiva za sledované období od 32. do 79. dne věku. Ostatní vybrané parametry užítkovosti nebyly průkazně ovlivněny zkrmováním krmné směsi s hmyzí moučkou. Živá hmotnost na konci sledování, v 79 dnech věku, byla neprůkazně ($P = 0,2117$) vyšší (o 124 g) u králíků kontrolní skupiny (3213 g) v porovnání se skupinou králíků přijímajících krmnou směs s hmyzí moučkou (3089 g). Celkový přírůstek živé hmotnosti za celé období sledování byl neprůkazně vyšší u kontrolní skupiny králíků (2471 g), kdežto u králíků s příjmem krmné směsi s hmyzí moučkou byl 2353 g. Průměrný denní přírůstek živé hmotnosti byl opět neprůkazně vyšší u kontrolní skupiny králíků (52,2 g), oproti králíkům s příjmem krmné směsi s hmyzí moučkou (49,9 g). Signifikantní ($P = 0,0466$) difference mezi skupinami králíků byly u průměrné denní spotřeby krmiva, kdy průkazně vyšší byla u králíků kontrolní skupiny (180,1 g), na druhou stranu nejnižší u králíků pokusné skupiny (166,9 g). Obdobně, stejně jako u předchozího parametru, vyšší konverzi krmiva měli králíci kontrolní skupiny (3,46) v porovnání s králíky přijímajícími krmnou směs s hmyzí moučkou (3,35). Tyto rozdíly byly však nesignifikantní.

Tabulka 2: Základní parametry užítkovosti

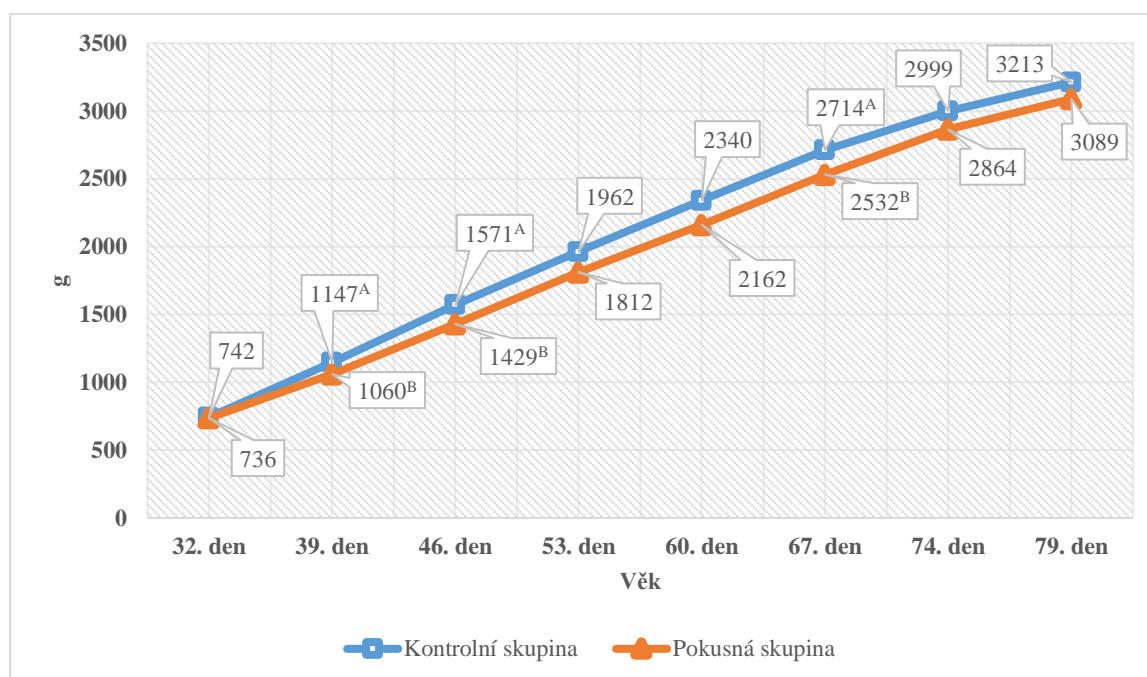
Parametr	Skupina		Průkaznost	SEM
	Kontrolní	Pokusná		
Živá hmotnost (g)				
32. den	742	736	0,7947	11,615
79. den	3213	3089	0,2117	48,881
Období 32. - 79. den věku				
Celkový přírůstek (g)	2471	2353	0,1855	43,877
Průměrný denní přírůstek (g)	52,2	49,9	0,2163	0,921
Průměrná denní spotřeba (g)	180,1 ^A	166,9 ^B	0,0466	3,367
Konverze krmiva	3,46	3,35	0,1016	0,036

n = 15; SEM – standard error of the mean (standardní chyba průměru); ^{AB} $P \leq 0,05$ – průměry parametru ve stejném řádku označeny rozdílnými horními indexy se průkazně liší

Průběh růstu (živé hmotnosti), průměrného denního přírůstku, průměrné denní spotřeby krmiva a konverze krmiva uvádí pro přehlednost i graf 1 – 4. V grafech jsou některé hodnoty

statisticky významné ($^{AB}P \leq 0,05$ – průměry parametru ve stejném věku, daného parametru, označeny rozdílnými horními indexy se průkazně liší).

Živá hmotnost pokusné skupiny králíků krmných krmnou směsí s hmyzí moučkou byla nižší po celou dobu sledování (graf 1). Pouze ve věku 39 dnů byla zjištěna průkazně ($P \leq 0,05$) vyšší průměrná živá hmotnost u králíků kontrolní skupiny (1147 g), oproti králíkům krmných krmnou směsí s hmyzí moučkou. Obdobně ve věku 67 dnů byla vyšší hmotnost u kontrolní skupiny (2714 g), kdežto u pokusné skupiny králíků o 182 g nižší (2532 g).

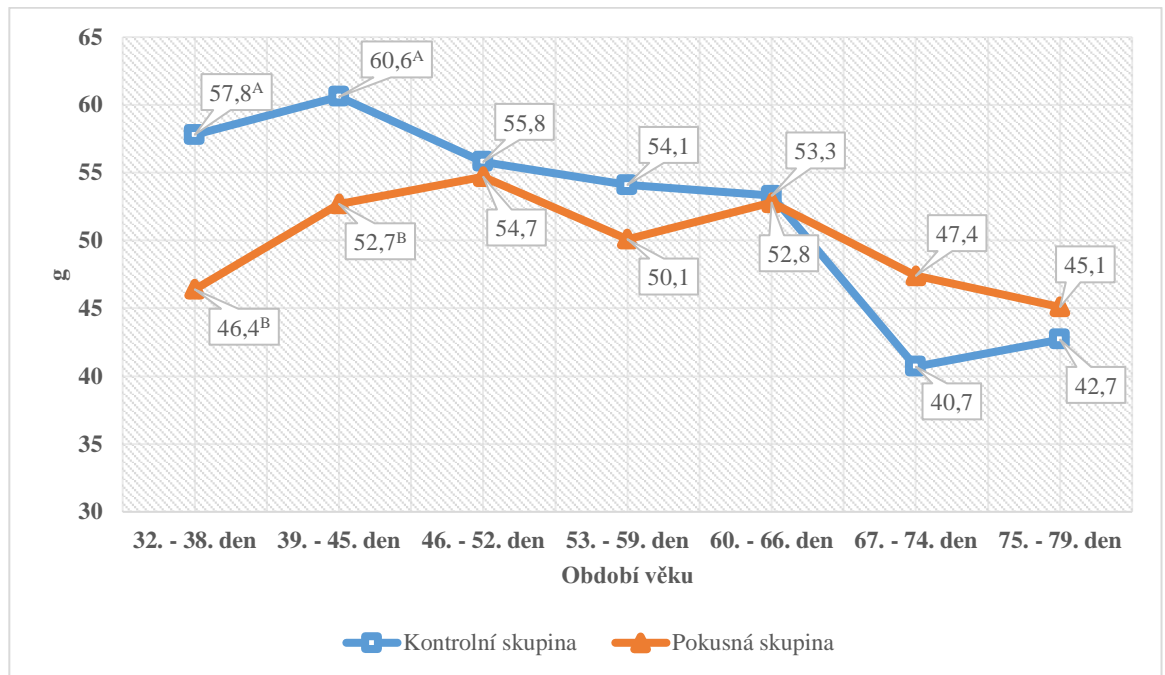


Graf 1: Růst králíků v závislosti na zkrmované krmné směsi

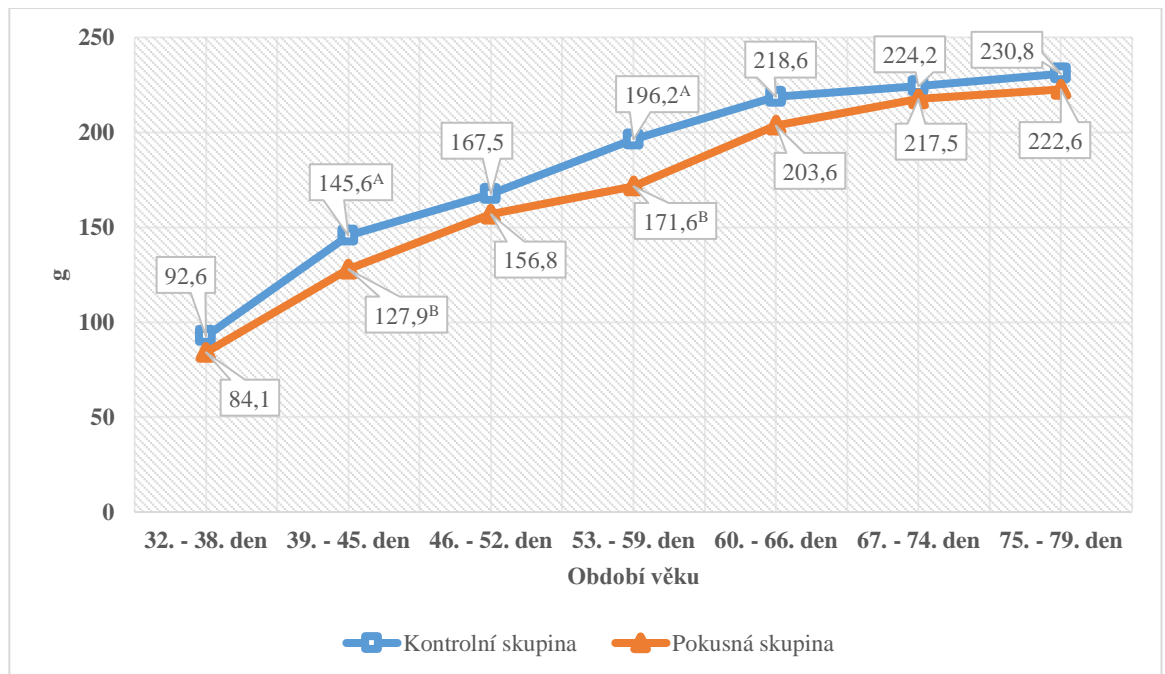
Z grafu 2 je patrný kolísavý průběh průměrného denního přírůstku v závislosti na zkrmované krmné směsi. Pouze v období od 39. do 45. dne věku byl zjištěn signifikantně ($P \leq 0,05$) vyšší průměrný denní přírůstek živé hmotnosti u králíků kontrolní skupiny (60,6 g), oproti králíkům pokusné skupiny (52,7 g). Mezi 60. až 66. dnem věku byl průměrný denní přírůstek téměř shodný (53,3 vs. 52,8 g ve prospěch kontrolní skupiny) a od tohoto období došlo ke zlomu, a až do konce výkrmu byl průměrný denní přírůstek neprůkazně vyšší u králíků pokusné skupiny s příjmem krmné směsi s hmyzí moučkou.

Vliv zkrmování krmné směsí s hmyzí moučkou na průměrnou denní spotřebu krmiva je uveden v grafu 3. U obou skupin byl shledán vzrůstající trend průměrné denní spotřeby krmiva, kdy po celou dobu byla vyšší průměrná denní spotřeba krmiva u kontrolní skupiny králíků. Signifikantní rozdíl byl pouze v období od 53. do 59. dne věku, kdy průkazně ($P \leq 0,05$) vyšší

průměrná denní spotřeba krmiva byla u kontrolní skupiny (196,2 g), kdežto u pokusné skupiny 171,6 g.



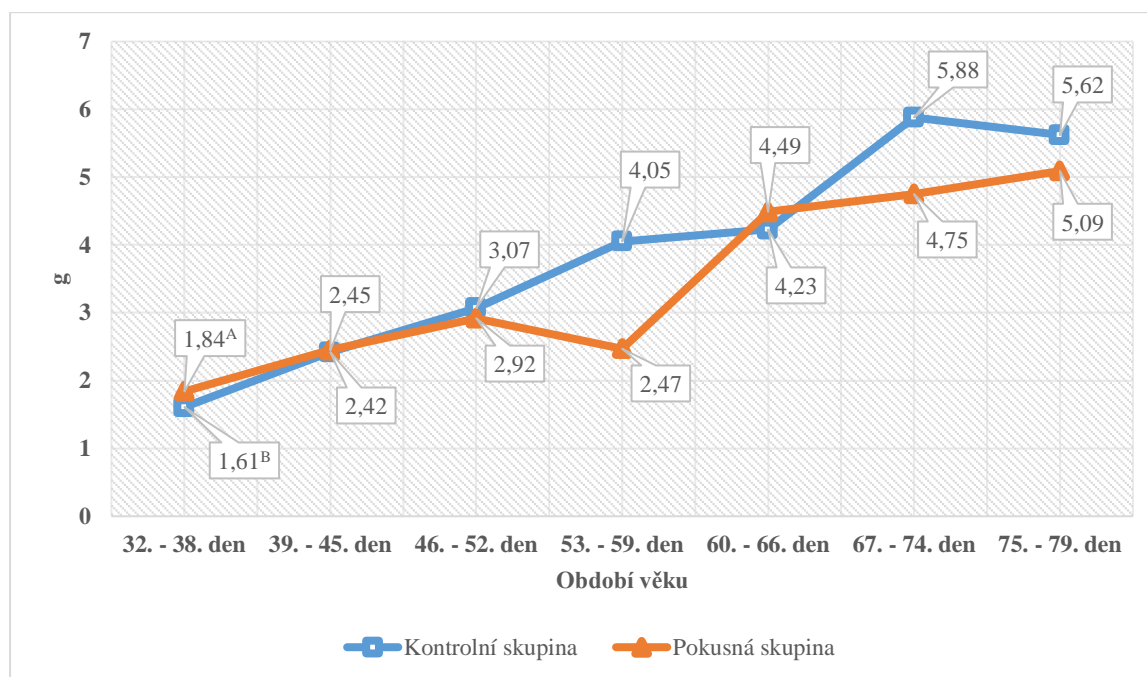
Graf 2: Vliv zkrmování krmné směsí s hmyzí moučkou na průměrný denní přírůstek



Graf 3: Vliv zkrmování krmné směsí s hmyzí moučkou na průměrnou denní spotřebu krmiva

Posledním sledovaným parametrem užitečnosti byla konverze krmiva (graf 4). U obou skupin králíků je patrný zvyšující se trend konverze krmiva s jistým kolísáním a to především

s výkyvem u pokusné skupiny králíků s příjmem krmné směsi s hmyzí moučkou v období od 53. do 59. dne věku. Z grafu vyplývá, že průkazně vyšší konverze krmiva byla na začátku sledování v období od 32. do 38. dne věku, kdy signifikantně ($P \leq 0,05$) vyšší byla u kontrolní skupiny králíků (1,84), kdežto u králíků krmených krmnou směsí s hmyzí moučkou 1,61.



Graf 4: Vliv zkrmování krmné směsí s hmyzí moučkou na konverzi krmiva

V tabulce 3 jsou uvedeny vybrané parametry jatečné hodnoty. U většiny parametrů nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly, pouze u podílu přední a střední části z referenční hmotnosti byl shledán průkazný rozdíl mezi skupinami králíků. Nesignifikantně vyšší porážková hmotnost byla u králíků kontrolní skupiny (3213 g) v porovnání s králíky, kteří byli krmeni krmnou směsí s hmyzí moučkou (3089 g). Neprůkazně vyšší byla zjištěna hmotnost jatečně opracovaného trupu za tepla i za studena, stejně jako referenční hmotnost u králíků z kontrolní skupiny (1934 g, 1886 g, 1528 g, resp.) v porovnání s králíky ze skupiny, která byla krmena krmnou směsí s hmyzí moučkou (1857 g, 1812 g, 1466 g, resp.). Podíl kůže z porážkové hmotnosti byl neprůkazně vyšší o 0,15 procentního bodu u kontrolní skupiny králíků, kdežto podíl plného trávicího traktu z porážkové hmotnosti byl nesignifikantně vyšší o 0,48 procentního bodu u králíků s příjmem krmné směsi s hmyzí moučkou. Ztráta odkapem a jatečná výtěžnost byly v obou případech neprůkazně vyšší u králíků v kontrolní skupině, kdy rozdíly byly minimální (o 0,03 a 0,1 procentního bodu, resp.). Dále byly vyjádřeny podíly vybraných částí jatečně opracovaného těla z referenční hmotnosti.

Tabulka 3: Výsledné hodnoty vybraných parametrů jatečné hodnoty

Parametr	Skupina		Průkaznost	SEM
	Kontrolní	Pokusná		
Porážková hmotnost (g)	3213	3089	0,2117	48,88
Hmotnost jatečně opracovaného trupu za tepla [†] (g)	1934	1857	0,2492	32,90
Hmotnost jatečně opracovaného trupu za studena ^{††} (g)	1886	1812	0,2561	32,23
Referenční hmotnost ^{†††} (g)	1528	1466	0,2548	26,83
Podíl kůže z porážkové hmotnosti (%)	14,64	14,49	0,6911	0,19
Podíl plného trávicího traktu z porážkové hmotnosti (%)	17,37	17,85	0,4656	0,32
Ztráta odkapem ^{‡‡} (%)	2,47	2,44	0,6330	0,03
Jatečná výtěžnost ^{‡‡‡} (%)	58,7	58,6	0,8252	0,33
Podíl z referenční hmotnosti (%):				
Přední část	41,5 ^B	42,6 ^A	0,0462	0,28
Střední část	17,9 ^A	17,0 ^B	0,0286	0,22
Zadní část	36,7	36,4	0,5283	0,23
Ledvinový tuk	2,35	2,18	0,3902	0,10
Tříslový tuk	0,20	0,34	0,1052	0,04
Lopatkový tuk	0,73	0,63	0,4312	0,06
Tuk celkem	3,28	3,15	0,6141	0,13

n = 10; SEM – standard error of the mean (standardní chyba průměru); ^{AB}P≤0,05 – průměry parametru ve stejném řádku označeny rozdílnými horními indexy se průkazně liší; [†]JOT = hmotnost králíka 15 – 20 min po porážce; ^{††}JOTs = hmotnost chlazeného JOT po 24 hodinách; ^{†††}rh = hmotnost JOTs bez hlavy, jater, srdce, plic, ledvin, průdušnice, jícnu a brzlíku; ^{‡‡}procento ztráty okapem = [(JOT – JOTs)/JOT] * 100; ^{‡‡‡}jatečná výtěžnost = hmotnost JOTs/živá hmotnost * 100

6 Diskuze

V České republice, stejně jako v EU, jsou nejvyužívanějšími zdroji bílkovin ve výživě hospodářských zvířat sójový extrahovaný šrot, řepkový extrahovaný šrot a slunečnicový extrahovaný šrot. Závislost trhu např. na dovozu sóji je spojena s jistými problémy vyvolávající obavy. Proto je nutné hledat náhradní zdroje bílkovin a to nejen ve výživě hospodářských zvířat, ale i ve výživě lidí. Jednou z možností je využití hmyzu, který je vysoce kvalitním, efektivním a udržitelným alternativním zdrojem bílkovin. Jeho využití jako zdroje bílkovin může tedy přispět ke globální potravinové bezpečnosti prostřednictvím krmiva hospodářských zvířat nebo přímou konzumací lidí.

Využití hmyzí moučky, jako zdroje bílkovin, ve výživě a krmení králíků je na svém začátku. Právě toto sledování bylo prvotním. V literatuře nejsou žádné nebo pouze ojedinělé informace o této problematice u králíků. Jisté informace jsou již patrné např. u drůbeže, resp. brojlerových kuřat, nebo prasat. V diskusi jsou také uvedeny i jisté výsledky týkající se např. stravitelnosti hmyzí moučky u jiných druhů, kdy v rámci dalšího sledování bude i tato stravitelnost sledována u králíků.

Z výsledků je patrné, že pokusná skupina králíků krmených krmivem s hmyzí moučkou výrazně nezaostávala užitkovostí ve srovnání s kontrolní skupinou králíků. Obdobné výsledky užitkovosti s úplným nahrazením sójového extrahovaného šrotu v krmné směsi zjistili Bovera et al. (2015) ve svém experimentu u brojlerových kuřat. Pokusná skupina brojlerových kuřat přijímala méně krmiva stejně jako králíci krmení krmnou směsí s hmyzí moučkou v našem pokusu. Na druhou stranu měla nesignifikantně vyšší průměrný denní přírůstek, čím se nesignifikantně zlepšila konverze krmiva. Důvodem sníženého příjmu krmiva pokusné skupiny králíků by mohl být obsah chitinu v experimentální krmné směsi. Hirano et al. (1990) zjistili 35% stravitelnost chitinu u králíků. Stravitelnost chitosanu byla vyšší. Chitin u kuřat snižuje stravitelnost bílkovin a tím také celkovou stravitelnost sušiny, což potvrzuje Bovera et al. (2016), ve které byl koeficient zdánlivé ileální stravitelnosti sušiny a organické hmoty u kuřat přijímajících krmivo s hmyzí moučkou nižší o 2 % než u kuřat přijímajících krmivo se sójovým extrahovaným šrotem a u dusíkatých látek o 8,2 % nižší. Překvapivě snížená stravitelnost živin krmné směsi s hmyzí moučkou neměla vliv na růstovou schopnost a mezi skupinami nebyl výrazný rozdíl v živé hmotnosti před porážkou. Toto je ve shodě i s naším sledováním.

Pretorius (2011) se např. zabýval stravitelností dusíkatých látek hmyzí moučky, kdy zjistil rozdílnou celkovou zdánlivou stravitelnost dusíkatých látek dvou hmyzích mouček mouchy bráněnky (larva 69 % a kukla 79 %) u brojlerových kuřat. Avšak celková zdánlivá

stravitelnost aminokyselin u obou mouček byla 90 % a vyšší. Dále např. v pokusu Sprangherse et al. (2018) celková zdánlivá stravitelnost dusíkatých látek krmiva s hmyzí moučkou byla nesignifikantně vyšší u odstavených prasat. Žádné signifikantní rozdíly nebyli zjištěny u průměrného denního přírůstku, průměrné denní spotřeby krmiva či konverze krmiva.

V našem sledování nebyly zjištěny významné rozdíly ve vybraných ukazatelích jatečné hodnoty mezi skupinami králíků. Toto je opět ve shodě se studií autorů Bovera et al. (2016) u brojlerových kuřat. Významně vyšší hmotnost trávicího systému o 66,8 g ($P = 0,015$) a vyšší ($P = 0,021$) procentuální podíl trávicího traktu z hmotnosti o 2,3 procentního bodu byl zjištěn u kuřat přijímajících krmnou směs s hmyzí moučkou. U králíků přijímajících krmnou směs s hmyzí moučkou byl zjištěn také vyšší podíl plného trávicího traktu (o 0,48 procentního bodu) v porovnání s kontrolní skupinou králíků.

Na druhou stranu, ve studiích Hwangba et al. (2009), Biasata et al. (2017) a Schiavonové et al. (2017) s částečným přídatkem hmyzí moučky v krmné směsi brojlerových kuřat nebyly zjištěny výrazné rozdíly v užitkovosti. Naopak příjem krmiva se nesignifikantně zvýšil. Variabilita výsledků z těchto studií naznačuje souvislost s nutriční hodnotou použité hmyzí moučky, která je závislá na druhu, stádiu vývinu (dospělec, larva, kukla) a substrátu pro jeho produkci (Sánchez - Muros et al. 2013). Zvýšený příjem krmiva u kuřat lze vysvětlit zlepšenou chutností krmiva s přídatkem hmyzí moučky, protože hmyz je přirozenou součástí výživy volně žijících ptáků či kuřat chovaných v systémech s výběhem (Biasato et al. 2017).

Rumpbold & Schülter (2013) zmiňují možnost zvýšení stravitelnosti hmyzu narušením peptidických vazeb chitinu vysokým tlakem.

7 Závěr

Předmětem práce bylo zhodnotit vliv krmné směsi s hmyzí moučkou v porovnání s krmnou směsí se sójovým extrahovaným šrotem jako zdroje bílkovin u výkrmových králíků. Pokusem se prokázalo, že hmyz může být vhodnou náhradou sójového extrahovaného šrotu. Užitek a jatečná hodnota nebyly výrazně ovlivněny krmnou směsí s hmyzí moučkou.

U užitekosti byly sledovány celkový přírůstek živé hmotnosti, průměrný denní přírůstek, průměrná spotřeba krmiva na krmný den a konverze krmiva. Významný rozdíl byl zjištěn jen u průměrné denní spotřeby krmiva skupiny králíků přijímajících krmnou směs s hmyzí moučkou, kteří měli nižší spotřebu krmiva za celé sledované období. Zdá se, že výrazně sníženou spotřebu krmiva zapříčinila přítomnost chitinu v této krmné směsi. Procentuální podíl přední (vyšší u pokusné skupiny králíků) a střední části (vyšší u kontrolní skupiny králíků) z referenční hmotnosti byly jediné parametry jatečné hodnoty, u kterých se zjistily významné rozdíly.

V našem sledování, či řadě dalších, se prokázalo, že hmyz by mohl být hodným zdrojem bílkovin pro králíky i jiná hospodářská zvířata. Jeho využití by pomohlo snížit závislost EU na dovozu bílkovinných plodin, zejména sóji. Je však potřebných více experimentů i u dalších kategorií králíků. Důležité je získat více informací o vlivu chitinu hmyzu na stravitelnost živin a užitekost králíků. Antimikrobiální peptidy hmyzu mohou mít značný význam pro udržení dobrého zdravotního stavu zvířat po zákazu používání antibiotik v EU. Tyto informace budou významným podkladem pro legislativu EU a využití hmyzu ve výživě hospodářských zvířat. V současné době je totiž hmyz povolen ke zkrmování jen v akvakultuře.

Hypotéza, že složení krmných směsí neovlivní parametry výkrmnosti a jatečné hodnoty, nebyla zcela potvrzena, což je patrné z výše uvedeného. Každopádně zkrmování hmyzí moučky jako náhrady tradičního zdroje bílkovin se zdá být opodstatněné.

8 Seznam literatury

- Alagón G, Arce ON, Martínez - Paredes E, Ródenas L, Cervera C, Pascual JJ. 2014a. Effect of Inclusion of Distillers Dried Grains and Solubles from Barley, Wheat and Corn in Isonutritive Diets on the Performance and Caecal Environment of Growing Rabbits. *World Rabbit Science* **22**:195-205.
- Alagón G, Arce ON, Serrano P, Ródenas L, Martínez-Paredes E, Cervera C, Pascual JJ, Pascual M. 2014b. Effect of feeding diets containing barley, wheat and corn distillers dried grains with solubles on carcass traits and meat quality in growing rabbits. *Meat Science* **101**:56-62.
- Al-Qazzaz M, Ismail bin D. 2016. Insect Meal as a Source of Protein in Animal Diet. *Animal Nutrition and Feed Technology* **16**: 527-547.
- Banaszkiewicz T. 2011. Nutritional Value of Soybean Meal. Pages 1-20 in El-Shemy H, editor. *Soybean and Nutrition*. Intech, Croatia.
- Bernard JK. 2002. Concentrate Feeds. Oilseeds and Oilseed Meals. Pages 483-487 in Fuquay JW, Fox PF, McSweeney PLH, editors. *Encyclopedia of Dairy Sciences*. Elsevier Science Publishing, San Diego.
- Biasato I, Gasco L, De Marco M, Renna M, Rotolo L, Dabbou S, Capucchio MT, Biasibetti E, Tarantola M, Sterpone L, Cavallarin L, Gai F, Pozzo L, Bergagna S, Dezzutto D, Zoccarato I, Schiavone A. 2017. Effects of yellow mealworm larvae (*Tenebrio molitor*) inclusion in diets for female broiler chickens: implications for animal health and gut histology. *Animal Feed Science and Technology* **234**:253-263.
- Blasco A, Ouhayoun J. 1996. Harmonization of criteria and terminology in rabbit meat research. Revised proposal. *World Rabbit Science* **4**:93-99 .
- Boer de HC, Krimpen van MM, Blonk H, Tyszler M. 2014. Replacement of soybean meal in compound feed by European protein sources- Effects on carbon footprint. Wageningen UR Livestock Research, The Netherlands.
- Boubaker AG, Abdouli H, El Hichi M, Faiza K, Tayachi L. 2007. Feeding Rapeseed Meal to Rabbits: Digestibility, Performance and Carcass Characteristics. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances* **2**:38-41.

- Bovera F, Loponte R, Marono S, Piccolo G, Parisi G, Iaconisi V, Gasco L, Nizza A. 2016. Use of *Tenebrio molitor* larvae meal as protein source in broiler diet: Effect on growth performance, nutrient digestibility, and carcass and meat traits. *American Society of Animal Science* **94**:639-47.
- Bovera F, Piccolo G, Gasco L, Marono S, Loponte R, Vassalotti G, Mastellone V, Lombardi P, Attia YA, Nizza A. 2015. Yellow mealworm larvae (*Tenebrio molitor*, L.) as a possible alternative to soybean meal in broiler diets. *British Poultry Science* **56**:569-75.
- Brewer NR, Cruise LJ. 1994. Anatomy (Chap 3) and Physiology (Chap 4) Pages 47-68 in Manning PJ, Ringler DH, Newcomer C E, editors. *The biology of the laboratory rabbit*. Academic Press, San Diego.
- Bulet P, Hetru C, Dimarq JL, Hoffmann D. Antimicrobial peptides in insects; structure and function. *Developmental & Comparative Immunology* **23**:329-344.
- Campbell – Ward ML. 2012. Gastrointestinal physiology and nutrition. Pages 183-192 in Quesenberry KE, Carpenter WJ, editors. *Ferrets, rabbits, and rodents: clinical medicine and surgery*. 3rd editors. Elsevier, St. Louis, Missouri.
- Carabaño R, Piquer J, Menoyo D, Badiola I. 2010. The digestive system of the rabbit. Pages 35-47 in de Blas JC, Wiseman J, editors. *Nutrition of the rabbit*. 2nd ed. CABI, Cambridge.
- Castell AG, Guenter W, Igbasan FA. 1996. Nutritive value of peas for nonruminant diets. *Animal Feed Science and Technology* **60**:209-227.
- Condé R, Argüello M, Izquierdo J, Noguez R, Moreno M, Lanz H. 2012. Natural Antimicrobial Peptides from Eukaryotic Organisms. Pages 51-72 in *Antimicrobial Agents*, Varaprasad B, editor. Intech, Croatia.
- Cortes Ortiz JA, Ruiz AT, Morales-Ramos JA, Thomas M, Rojas MG, Tomberlin JK, Yi L, Han R, Giroud L, Jullien RL. 2016. Chapter 6. Insect mass production technologies. Pages 153-201 in Dossey AT, Morales-Ramos JA, Guadalupe Rojas M, editors. *Insects as sustainable food ingredients*, Elsevier Science Publishing, San Diego.
- Dalibard P, Hess V, le Tutor L, Peisker M, Peris S, Gutierrez AP, Redshaw M. 2014. *Amino acids in animal nutrition*, Fefana publications, Brussels.
- Davies RR, Davies JAER. 2003. Rabbit Gastrointestinal Physiology. *Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice* **6**:139-153.

- De Ron AM, Sparvoli F, Pueyo JJ, Bazile D. 2017. Editorial: Protein Crops: Food and Feed for the Future. *Frontiers in Plant Science* **8**:105-110.
- Doležilková I, Macková M, Macek T. 2011. Antimikrobiální peptidy: vztah mezi jejich strukturou a antibakteriální aktivitou. *Chemické listy* **105**:346-355.
- El-Medany SA, El-Reffaei WHM. 2015. Evaluation Canola Meal on Growing Rabbits; Nutritionally and on Their Nutritional Meat Quality. *Journal of Food and Nutrition Research* **3**:220-234.
- European Commission. 2018. Report from the Commission to the Council and the European Parliament. On the development of plant proteins in the European Union. Brussels.
- Florou-Paneri P, Efterpi C, Ilias G, Eleftherios B, Ioannis S, Anastasios T, Athina T, Jian P. 2014. Alternative protein sources to soybean meal in pig diets. *Journal of Food Agriculture and Environment* **12**:655-660.
- Fortun-Lamothe L, Gidenne T. 2006. Recent advances in the digestive physiology of the growing rabbit. Pages 201-211 in Maertens L, Coudert P, editors. *Recent Advances in Rabbit Sciences*. ILVO. Merelbeke, Belgium.
- Garg SK, Batish VK, Neelakantan S. 1980. Single Cell Protein as Food and Feed. *Indian Dairyman* **32**:615-617
- Gerencsér Z, Szendro Z, Matics Z, Radnai I, Kovács M, Nagy I, Cullere M, Dal Bosco A, Dalle Zotte A. 2014. Effect of dietary supplementation of spirulina (*Arthrospira platensis*) and thyme (*Thymus vulgaris*) on apparent digestibility and productive performance of growing rabbits. *World Rabbit Science* **22**:1-9.
- Gidenne T, Lebas F. 2005. Le comportement alimentaire du lapin. Pages 183-196 in INRA, editors. *11èmes Journées de la Recherche Cunicole*, Paris.
- Gidenne T, Lebas F. 2006. Feeding behaviour in Rabbits. Pages 179-194 in Bels VL, editor. *Feeding in domestic vertebrates: from structure to behaviour*. CABI Publishing Cambridge.
- Guermah H, Maertens L, Berchiche M. 2016. Nutritive value of brewers' grain and maize silage for fattening rabbits. *World Rabbit Science* **24**:183-189.

- Gugolek A, Jerzy J, Dorota K, Cezary Z, Przemysław S, Janusz S. 2018. Physiological responses of rabbits fed with diets containing rapeseed meal, white lupine and pea seeds as soybean meal substitutes. *Ciência e Agrotecnologia* **42**:297-306.
- Gugolek A, Juśkiewicz J, Strychalski J, Zwoliński C, Żary-Sikorska E, Konstantynowicz M. 2017. The effects of rapeseed meal and legume seeds as substitutes for soybean meal on productivity and gastrointestinal function in rabbits, *Archives of Animal Nutrition* **71**:311-326.
- Halls AE. 2008. Ceacotrophy in rabbits. *Nutrifax: Nutrition news and information update*. Shur – Gain Nutreco, Canada.
- Harcourt-Brown F. 2002. *Textbook of rabbit medicine*. Butterworth-Heinemann, Oxford.
- Hellwing ALF, Tauson AH, Skrede A. 2006. Effect of bacterial protein meal on protein and energy metabolism in growing chickens. *Archives of Animal Nutrition* **60**:365-381.
- Henchion M, Hayes M, Mullen A, Fenelon M, Tiwari B. 2017. Future Protein Supply and Demand: Strategies and Factors Influencing a Sustainable Equilibrium. *Foods* **6**:1-21.
- Hirano S, Itakura C, Seino H, Akiyama Y, Nonaka I, Kanbara N, Kawakami T. 1990. Chitosan as an ingredient for domestic animal feeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **38**:1214-1217.
- Huis van A. 2016. Edible insects are the future? *Proceedings of the Nutrition Society* **75**:294-305.
- Huis van, A, Itterbeeck VJ, Klunder H, Mertens E, Halloran A, Muir G, Vantomme P. 2013. *Edible insects: future prospects for food and feed security*. FAO forestry paper, Rome.
- Hwangbo J, Hong EC, Jang A, Kang HK, Oh JS, Kim BW, Park BS. 2009. Utilization of house fly-maggots, a feed supplement in the production of broiler chickens. *Journal of Environmental Biology* **30**:609-614.
- Chand IN, Khan UR. 2014. Replacement of Soybean Meal with Yeast Single Cell Protein in Broiler Ration: The Effect on Performance Traits. *Pakistan J. Zool.* **46**:1753-1758.
- Chełmińska A, Kowalska D. 2013. The effectiveness of maize DDGS in rabbit diets / Efektywność zastosowania suszonego wywaru kukurydzianego w dietach dla królików. *Annals of Animal Science* **13**:571-586.

- Chrastinová E, Rafay J, Sommer A. 1998. Potreba živín a výživná hodnota krmív pre králiky. Výskumný ústav živočíšnej Výroby. Ústav výživy zvierat, Nitra.
- Israelidis CJ. 2013. Nutrition – Single cell protein, twenty years later. Food Technology Institute, Athens, Greece.
- Jeroch H, Čermák B, Kroupová V. 2006. Základy výživy a krmení hospodárskych zvierat: vedecká monografie. Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta České Budějovice.
- Johnson – Delaney CA. 2006. Anatomy and physiology of the rabbit and rodent gastrointestinal system. Proceedings of the Association of Exotic Mammal Veterinarians **110**:9-17.
- Józefiak A, Engberg R. 2017. Insect proteins as a potential source of antimicrobial peptides in livestock production. A review. Journal of Animal and Feed Sciences **26**:87-99.
- Khattab W, Abughazaleh A, Fievez V, Zahran K, Adel-Fattah F, Ahmed T. 2014a. Dried distillers grains with solubles (DDGS) and allzyme ssf supplementation in growing – finishing rabbit diets: impact on growth performance. Benha Veterinary Medical Journal **26(1)**:171-177.
- Khattab W, Fievez V, Vlaemink B, Abughazaleh A, Zahran K, Adel-Fattah F, Ahmed T. 2014b. Dried distillers grains with solubles (DDGS) and allzyme ssf supplementation in growing – finishing rabbit diets: impact on meat chemical composition. Benha Veterinary Medical Journal **26(1)**:178-184.
- Kouřimská L, Adámková A. 2016. Nutritional and sensory quality of edible insects. NFS Journal **4**:22-26.
- Kráčmar S. 1989. Biologický význam živín. Pages 73-80 in: Kováč M, Čupka V, Kacerovský O, Kráčmar S, Labuda J, Pajtáš M. editors. Výživa a kŕmenie hospodárskych zvierat. 1. Vyd..ed. Príroda, Print. Živočíšna Výroba, Bratislava.
- Kudrna V, Čermáková J, Blažková K. 2011. Uplatnění sušených kukuřičných výpalků (DDGS) ve výživě dojníc: certifikovaná metodika. Výzkumný ústav živočíšné výroby. Praha.
- Kuhad CR, Singh A, Tripathi KK, Saxena RK, Eriksson KEL. 1997. Microorganisms as an Alternative Source of Protein. Topics in Food Science and Nutrition **55**:65-75.
- Kumar S. 2018. Sunflower is a Good Source of Animal Feed. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences **7**:2812-2816.

- Lebas F, Baudet JJ. 1982. Intérêt du dépelliculage du tourteau de colza pour la lapine reproductrice. 3e Journées Rech. Cunicole en France, **1**:1-10.
- Lebas F, Coudert P, de Rochambeau H, Thébault RG. 1997. The Rabbit: husbandry, health, and production. New rev. version. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Lebas F. 1979. Rapeseed oil-meal, a source of proteins for breeding doe-rabbits. *Annales de Zootechnie* **28**:132-132.
- Levic J, Sredanovic S, Duragic O. 2005. Sunflower meal protein as a feed for broilers. *Acta periodica technologica* **36**:3-10.
- Liu KS. 2011. Chemical Composition of Distillers Grains, a Review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **59**:1508-1526.
- Lounaouci-Ouyed, G., Berchiche, M., Gidenne, T. 2014. Effects of substitution of soybean meal-alfalfa-maize by a combination of field bean or pea with hard wheat bran on digestion and growth performance in rabbits in Algeria. *World Rabbit Science* **22**:137-146.
- Lucas MM, Stoddard FL, Annicchiarico P, Frias J, Martinez-Villaluenga C, Sussmann D, Duranti M, Seger A, Zander PM, Pueyo JJ. 2015. The future of lupin as a protein crop in Europe. *Frontiers in Plant Science* **6**:705-710.
- Madeira MS, Cardoso C, Lopes PA, Coelho D, Afonso C, Bandarra NM, Prates JAM. 2017. Microalgae as feed ingredients for livestock production and meat quality: A review. **205**:111-121.
- Mahmoud AE, Naguib MM, Higazy AM, Sultan YY, Marrez DA, 2017. Effect of Substitution Soybean by Blue Green Alga (*Spirulina platensis*) on Performance and Meat Quality of Growing Rabbits. *American Journal of Food Technology* **12**:51-59.
- Makkar HPS, Tran G, Heuzé V, Ankers P. 2014. State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Animal Feed Science and Technology* **197**:1-33.
- Malav A, Meena S, Sharma M, Sharma M, Dube P. 2017. A critical review on single cell protein production using different substrates. *International Journal of Development Research* **7**:16682-16687.
- Martin N. 2014. What is the way forward for protein supply? The European perspective. *OCL* **21**:1-8.

- McDonald P. 2011. Animal nutrition. 7th ed. Prentice Hall/Pearson, New York.
- McNitt JI. 2013. Rabbit production. 9th ed. MA: CABI, Cambridge.
- Mierlita D, Simeanu D, Pop MI, Criste F, Pop C, Simeanu C, Lup F. 2018. Chemical Composition and Nutritional Evaluation of the Lupine Seeds (*Lupinus albus* L.) from Low-Alkaloid Varieties. *Revista de Chimie, Bucharest*.
- Michelland R J, et al. 2012. Analyse comparée des écosystèmes digestifs du rumen de la vache et du caecum du lapin. *INRA Productions Animales* **25**:395-406.
- Nasseri AT, Rasoul-Ami S, Morowvat MH, Ghasemi Y. 2011. Single Cell Protein: Production and Process. *American Journal of Food Technology* **6**:103-116.
- Nehasilová D. 2009. Využití vedlejších produktů výroby etanolu ve výživě hospodářských zvířat. ÚZEI, Praha.
- Nejedlý K. 1965. Biologie a Soustavná Anatomie Laboratorních Zvířat. 1. Vyd. ed. SPN. Print, Praha.
- Øverland M, Skrede A, Toralv M. 2001. Bacterial Protein Grown on Natural Gas as Feed for Pigs. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A – Animal Science* **51**:97-106.
- Øverland M, Tauson AH, Shearer K, Skrede A. 2010. Evaluation of methane-utilising bacteria products as feed ingredients for monogastric animals. *Archives of Animal Nutrition* **64**:171-189.
- Paul A, et al. 2017. A comparison of lipids from three Orthoptera and *Tenebrio molitor* L. larvae. *Journal of Asia-Pacific Entomology* **20**:337-340.
- Pecka-Kielb E, Zachwieja A, Mista D, Zawadzki W, Zielak-Stecivko A. 2017. Use of Corn Dried Distillers Grains (DDGS) in Feeding of Ruminants. Pages 495-511 in Jacob-Lopes E, Queiroz ZL, editors. *Frontiers in Bioenergy and Biofuels*. Intech, Croatia.
- Peiretti PG, Meineri G. 2008. Effects of diets with increasing levels of *Spirulina platensis* on the performance and apparent digestibility in growing rabbits. *Livestock Science* **118**:173-177.
- Peiretti PG, Meineri G. 2011. Effects of diets with increasing levels of *Spirulina platensis* on the carcass characteristics, meat quality and fatty acid composition of growing rabbits. *Livestock Science* **140**:218-224.

- Poel van der AFB, Krimpen van M, Veldkamp T, Kwakkel RP. 2013. Unconventional protein sources for poultry feeding – opportunities and threats. Proceedings 19th Symposium on Poultry Nutrition, Potsdam, Germany.
- Pretorius Q. 2011. The evaluation of larvae of *Musca domestica* (common house fly) as protein source for broiler production. [MSc. Thesis]. Department of Animal Science, Stellenbosch University, Stellenbosch, South Africa.
- Rafay J, Süvegová K, Chrastinová Ľ, Parkányi V, Ondruška Ľ, Chrenek P. 2009. Centrum výskumu živočíšnej výroby Nitra. Chov Králikov. Preprac. Vyd..ed. Nitra: Výskumný ústav živočíšnej výroby, Print. Publikácie CVŽV Nitra.
- Ritala A, Häkkinen ST, Toivari M, Wiebe MG. 2017. Single Cell Protein-State of the Art, Industrial Landscape and Patents 2001–2016. *Frontiers in Microbiology* **8**:1-18.
- Rumpold BA, Schlüter OK. 2013. Potential and challenges of insects as an innovative source for food and feed production. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* **17**:1-11.
- Sánchez-Muros MJ, Barroso FG, Manzano-Agugliaro F. 2014. Insect meal as renewable source of food for animal feeding: a review. *Journal of Cleaner Production* **65**:16-27.
- Sedláková K, Straková E, Suchý P, Krejcarová J, Herzig I. 2016. Lupin as a perspective protein plant for animal and human nutrition – a review. *Acta Veterinaria Brno* **85**:165-175.
- Schiavone A, et al. 2017. Nutritional value of a partially defatted and a highly defatted black soldier fly larvae (*Hermetia illucens* L.) meal for broiler chickens: apparent nutrient digestibility, apparent metabolizable energy and apparent ileal amino acid digestibility. *Journal of Animal Science and Biotechnology* **8**:1-9.
- Schwab CG, Tylutki TP, Ordway RS., Sheaffer C, Stern MD. 2003. Characterization of Proteins in Feeds. *Journal of Dairy Science* **86**:25-32.
- Sommer A. 1985. Výživa a kŕmenie hospodárskych zvierat. 1. Vyd..ed. Príroda, Print. Živočíšna Výroba. Bratislava.
- Spalvins K, Ivanovs K, Blumberga D. 2018. Single cell protein production from waste biomass: review of various agricultural by-products. *Agronomy Research* **147**: 409-418.

- Spranghers T, Michiels J, Vrancx J, Owyn A, Eeckhout M, Clercq de P, Smet de S. 2018. Gut antimicrobial effects and nutritional value of black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) prepupae for weaned piglets. *Animal Feed Science and Technology* **235**:33-42.
- Srividya A R, Vishnuvarthan V J, Murugappan M, Dahake P G. 2013. Single Cell Protein – A Review. *International Journal for Pharmaceutical Research Scholars* **2**:472-485.
- Stamer A, Wesselss S, Neidigk R, Hoerstgen- Schwark G. 2014. Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) larvae-meal as an example for a new feed ingredients' class in aquaculture diets. Pages 1043-1045 in Rahmann G, Aksoy U, editors. 4th ISO FAR Scientific Conference. 'Building Organic Bridges', at the Organic World Congress, Istanbul, Turkey.
- Stamer A. 2015. Insect proteins-a new source for animal feed: The use of insect larvae to recycle food waste in high-quality protein for livestock and aquaculture feeds is held back largely owing to regulatory hurdles. *EMBO reports* **16**:676-680.
- Stanley-Samuelson DW, Jurenka RA, Cripps C, Blomquist GJ, Renobales de M. 1988. Fatty Acids in Insects: Composition, Metabolism, and Biological Significance. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology* **9**:1-33.
- Stein HH, Berger LL, Drackley JK, Fahey GC Jr, Hernot DC, Parsons CM. 2008. Nutritional properties and feeding values of soybeans and their co-products. Pages 613-660 in Soybeans, Chemistry, Production, Processing, and Utilization. Johnson LA, White PJ, Galloway R, editors. American Oil Chemists' Society Press, Illinois.
- Stringer DA. 1982. Industrial development and evaluation of new protein sources: Micro-organisms. *Proc. Nutr. Soc.* **41**:289-300.
- Strychalski J, Juśkiewicz J, Gugolek A, Wyczling P, Daszkiewicz T, Zwoliński C. 2014 Usability of rapeseed cake and wheat-dried distillers' grains with solubles in the feeding of growing Californian rabbits. *Archives of Animal Nutrition* **68**:227-244.
- Suchý P, Straková E, Herzig I. 2007. Nutriční a dietetická hodnota tuzemských proteinových krmiv jako alternativa sóji a sójových produktů. Část II – řepka a řepkové produkty. Výzkumný ústav živočišné výroby, Praha.
- Suchý P, Straková E, Herzig I. 2009a. Nutriční a dietetická hodnota tuzemských proteinových krmiv jako alternativa sóji a sójových produktů. Část III – hrách. Výzkumný ústav živočišné výroby, Praha.

- Suchý P, Straková E, Herzig I. 2009b. Nutriční a dietetická hodnota tuzemských proteinových krmiv jako alternativa sóji a sójových produktů. Část IV – bob obecný. Výzkumný ústav živočišné výroby, Praha.
- Suman G, Nupur M, Anuradha S, Pradeep B. 2015. Single Cell Protein Production: A Review. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.* **4**:251-262.
- U.S. Grains Council. 2012. A guide to distiller's dried grains with solubles (DDGS). No.Ed.3. U.S. Grains Council Publisher, Washington.
- Uhlířová L, Volek Z, Marounek M, Tůmová E. 2015. Effect of feed restriction and different crude protein sources on the performance, health status and carcass traits of growing rabbits. *World Rabbit Science* **23**:263-272.
- Vázquez Y, Bernal H, Valdivié M, Gutiérrez E, Castellanos LM, Hernández CA, Juárez A, Cerrillo MA. 2013. Use of dehydrated distillery grains with solubles in diets for fattening rabbits. *Cuban Journal of Agricultural Science* **47(1)**:45-49.
- Veldkamp T, Bosch G. 2015. Insects: a protein-rich feed ingredient in pig and poultry diets. *Animal Frontiers* **5**:45-50.
- Veldkamp T, van Duinkerken G, van Huis A, Iakemond CMM, Ottevanger E, Bosch G, van Boekel MAJS. 2012. Insects as a sustainable feed ingredient in pig and poultry diets - a feasibility study. Wageningen UR Livestock Research, The Netherlands.
- Vella D, Donnelly MT. 2012. Basic anatomy, physiology and husbandry. Pages 45-63 in Quesenberry KE, Carpenter WJ, editors. *Ferrets, rabbits, and rodents: clinical medicine and surgery*. 3rd ed. Elsevier, St. Louis, Missouri.
- Visser de CLM, Schreuder R, Stoddard F. 2014. The EU's dependency on soya bean import for the animal feed industry and potential for EU produced alternatives. *OCL* **21**:1-8.
- Volek Z, Bureš D, Uhlířová L. 2018. Effect of dietary dehulled white lupine seed supplementation on the growth, carcass traits and chemical, physical and sensory meat quality parameters of growing-fattening rabbits. *Meat Science* **141**:50-56 .
- Volek Z, Ebeid TA, Uhlířová L. 2018. The impact of substituting soybean meal and sunflower meal with a mixture of white lupine seeds and rapeseed meal on rabbit doe milk yield and composition, and the growth performance and carcass traits of their litters. *Animal Feed Science and Technology* **236**:187-195.

- Volek Z, Marounek M, Volková L, Kudrnová E. 2014. Effect of diets containing whole white lupin seeds on rabbit doe milk yield and milk fatty acid composition as well as the growth and health of their litters. *J. Anim. Sci.* **92**:2041-2049.
- Volek Z, Uhlířová L. 2018. Odslupkovaná semena lupiny bílé (odrůda Zulika) v reprodukční a výkrmové krmné směsi pro brojlerové králíky. Výzkumný ústav živočišné výroby, Praha.
- Volek Z. 2009. Využití lupiny bílé (*Lupinus albus*, odrůda Amiga) ve výkrmu brojlerových králíků: certifikovaná metodika. Výzkumný ústav živočišné výroby, Praha.
- Volek Z. 2015. Základy faremního chovu brojlerových králíků: vědecká monografie. Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, České Budějovice.
- Volek, Z., Marounek, M. 2009. Whole white lupin (*Lupinus albus* cv. Amiga) seeds as a source of protein for growing-fattening rabbits. *Animal Feed Science and Technology* **152**:322-329.
- Vyskočil I, Zeman L, Kratochvílová P, Večerek M, Vašátková A. 2008. Kapesní katalog krmiv. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno.
- Wood JD, Enser M, Fisher AV, Nute GR, Sheard PR, Richardson RI, Hughes SI, Whittington FM. 2008. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat Science* **78**:343-358.
- Wu Q, Patočka J, Kuča K. 2018. Insect Antimicrobial Peptides, a Mini Review. *Toxins* **10**:461-478.
- Yen AL, 2015. Foreword: Why a Journal of Insects as Food and Feed?. *Journal of Insects as Food and Feed* **1**:1-2.
- Youssef WA, El-Magid SSA, El-Gawad AHA, El-Daly EF, Ali HM. 2012. Effect of Inclusion of Distillers Dried Grains with Solubles (DDGs) on the Productive Performance of Growing Rabbits. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.* **12**:321-326.
- Zasloff M, 2002. Antimicrobial peptides of multicellular organisms. *Nature* **415**:389-395.
- Zelenka J, Heger J, Zeman L. 2007. Doporučený obsah živin v krmných směsích a výživná hodnota krmiv. ČAZV. Brno.
- Zeman L, Doležal P, Kopřiva A, Mrkvicová E, Procházková J, Ryant P, Skládanka J, Straková E, Suchý P, Veselý P, Zelenka J. 2006. Výživa a krmění hospodářských zvířat. 1. vyd. Profi Press, Praha.

Zeman L, Tvrzník P. 2007. Využití vedlejších produktů vznikajících při výrobě bioetanolu. Vědecký výbor výživy zvířat. Výzkumný ústav živočišné výroby, Praha.

Zwolinski C, Gugolek A, Strychalski J, Kowalska D, Chwastowska-Siwiecka I, Konstantynowicz M. 2016. The effect of substitution of soybean meal with a mixture of rapeseed meal, white lupin grain, and pea grain on performance indicators, nutrient digestibility, and nitrogen retention in Popielno White rabbits. *Journal of Applied Animal Research* **45**:570-576.