Vědecký výbor výživy zvířat

Nutriční a dietetická hodnota tuzemských proteinových krmiv jako alternativa sóji a sójových produktů

Část III – hrách

prof. MVDr. Ing. Pavel Suchý, CSc.
prof. Ing. E. Straková, Ph.D.
doc. MVDr. Ivan Herzig, CSc.

Praha, listopad 2009

Výzkumný ústav živočišné výroby, v.v.i.
Přátelství 815, Praha - Uhříněves,
PSČ: 104 01, www.vuzv.cz

Obsah

1. Hrách setý jako významná plodina určená k výživě zvířat 3

1.1 Uplatnění semen hrachu v krmných směsích určených k výživě monogastrických hospodářských zvířat 5

1.2 Využití hrachu ve výživě prasat 6

1.2.1 Úprava hrachových semen 7

1.2.1.1 Vliv extruze 7

1.2.1.2 Vliv termické úpravy 9

1.2.2 Stravitelnost aminokyselin hrachového proteinu 12

1.2.3 Inhibitory proteáz v semenech hrachu 14

1.2.4 Stravitelnost sacharidů hrachu 15

1.2.5 Vliv přidaných enzymů na stravitelnost sacharidů 18

1.2.6 Hrách jako proteinová komponenta v krmných směsích pro výkrm prasat 19

1.3 Využití hrachu ve výživě drůbeže 20

1.3.1 Výkrm kuřat pomocí diet obsahujících hrách 21

1.3.2 Výživa nosnic pomocí diet s přídavkem hrachu 25

2 Metodika 28

3 Výsledky rozborů jednotlivých odrůd hrachu 29

3.1 Výsledky analýz základních živin 29

3.2 Rozdíly v nutriční hodnotě základních živin mezi semeny hrachu a sojovými boby 32

3.3 Výsledky analýzy hrachových proteinů 33

3.4 Zastoupení esenciálních aminokyselin v jednotlivých odrůdách hrachu 34

3.5 Zastoupení neesenciálních aminokyselin v jednotlivých odrůdách hrachu 36

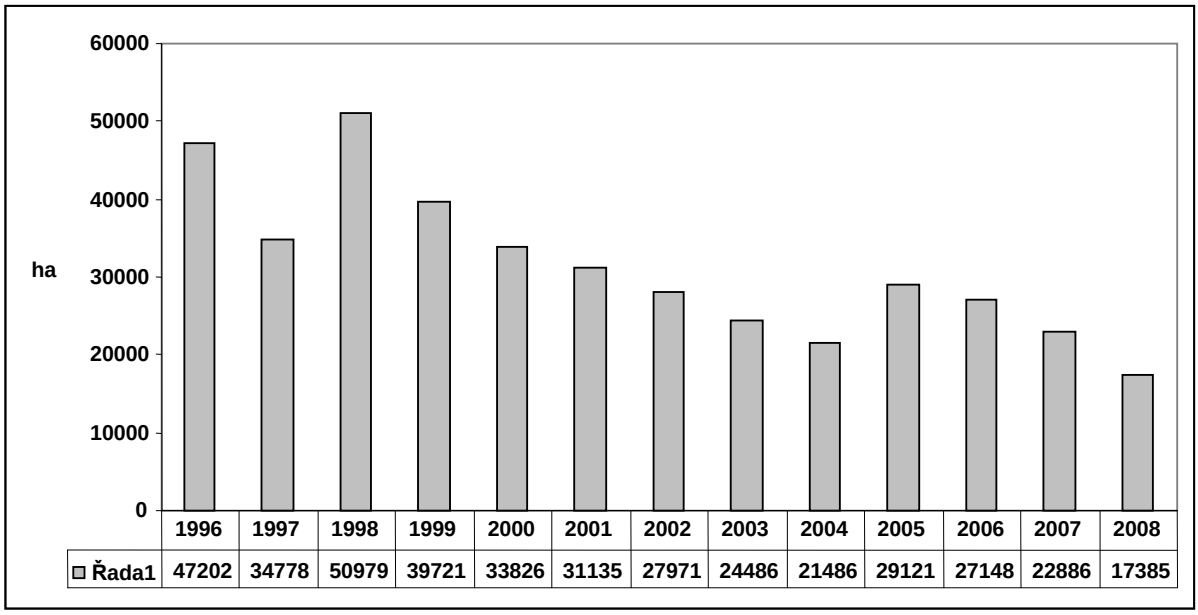
3.6 Rozdíly v nutriční hodnotě proteinů mezi semeny hrachu a sojovými boby 37

4 Závěr 40

5 Literatura 41

1. Hrách setý jako významná plodina určená k výživě zvířat

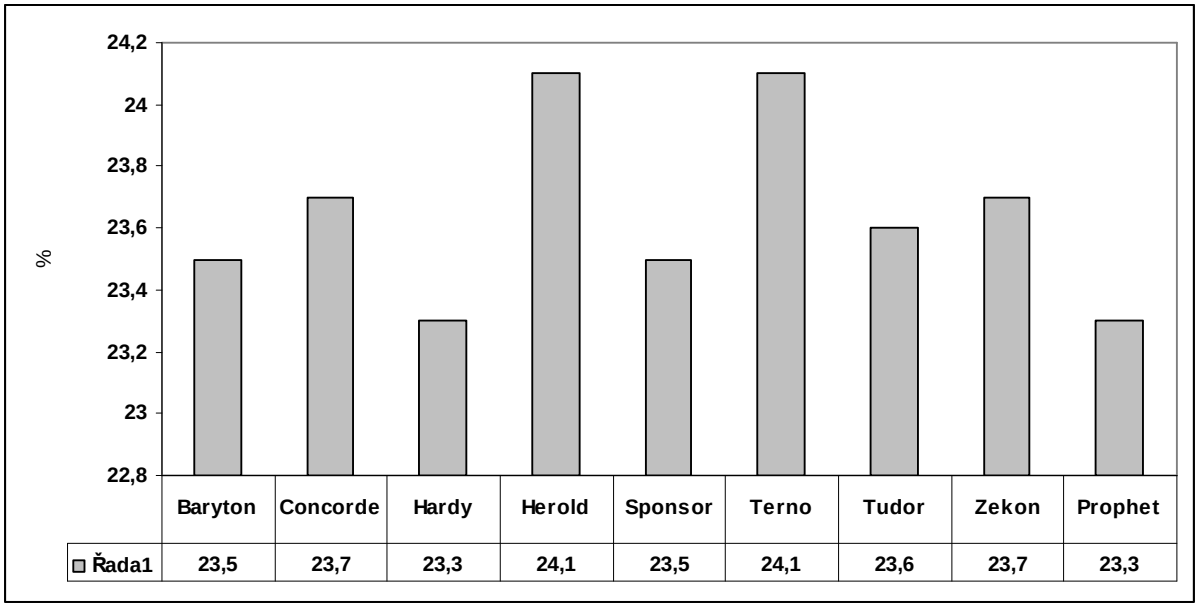
Hrách patří mezi významné luskoviny. Je využíván ve výživě člověka, větší podíl slouží ke krmným účelům, k výživě hospodářských zvířat. Pro svůj poměrně vysoký obsah proteinů, ale i sacharidů je krmivem vhodným k širokému využití ke krmným účelům u přežvýkavců i monogastrických zvířat. Při jeho zařazení do krmných dávek a krmných směsí je nutné vždy optimalizovat obsah aminokyselin, zejména sirných aminokyselin, které jsou u hrachu v deficitu. Jak uvádějí **Vach a Javůrek (2009)** hrách lze podávat v denním množství až 6 kg na dojnici, ve výkrmu prasat prakticky bez omezení, při výkrmu jateční drůbeže může podíl v krmných směsích představovat až 25 %, u nosnic až 20 %. Citovaní autoři uvádějí, že celostátní průměr výnosů hrachu je v ČR za posledních pět let 2,5 t/ha, přičemž poukazují na nízké využití výnosového potenciálu (pouze přes 40 %), protože u dobrých pěstitelů se výnosy pohybují kolem 4 až 4,5 t/ha. Na zkušebních stanicích ÚKZÚZ se v letech 2005–2008 pohybovaly průměrné výnosy u doporučených odrůd podle jednotlivých oblastí v rozmezí 4,86 až 6,12 t/ha, jak uvádí **Mezlík (2009)**. Autor konstatuje, že podstatné zvýšení výnosu, ale i rentability pěstování hrachu lze dosáhnout zejména správnou technologií jeho pěstování. Jak uvádí **Vach (2009a,b)**, hrách je v ČR nejvíce zastoupen v osevních plochách luskovin (75 %). V současné době se pěstuje 25 336 ha hrachu s průměrným výnosem 2,39 t/ha. Jak uvádí ve své práci citovaný autor, od roku 1996 je zřejmá tendence poklesu osevních ploch hrachu. Tyto tendence dokládá graf 1.



	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Řada1	47202	34778	50979	39721	33826	31135	27971	24486	21486	29121	27148	22886	17385

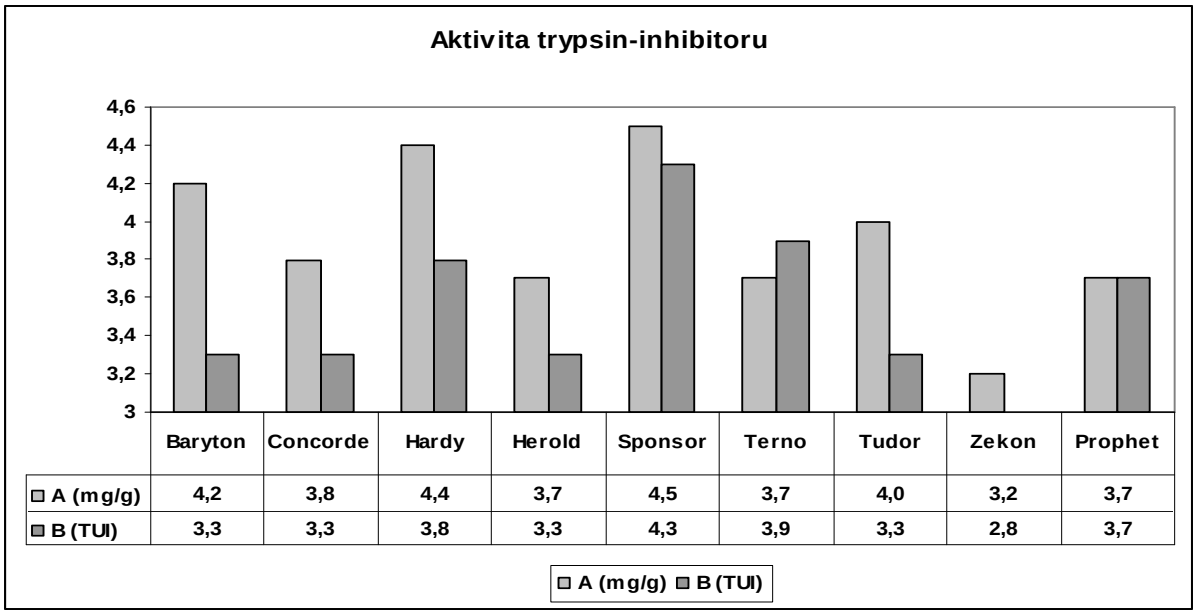
Graf 1. Osevní plochy hrachu setého (zdroj ČSÚ Praha)

Z pohledu výživy hospodářských zvířat je hrách setý významným proteinovým krmivem. Jak uvádí **Mezlík (2008),** obsah dusíkatých látek je ovlivněn odrůdou (graf 2).



Graf 2. Obsah dusíkatých látek v semenech nejvýznamnějších odrůd hrachu setého

Z dietetického hlediska je významný obsah antinutričních látek, zejména aktivita inhibitoru trypsinu. Rozdíl v aktivitě inhibitoru trypsinu uvádí **Mezlík (2009)** a je znázorněn v grafu 3.



Graf 3. Aktivita inhibitoru trypsinu u doporučených odrůd hrachu

Základní charakteristiky nejvýznamnějších uznaných odrůd hrachu v ČR jsou uvedeny v tabulce 1.

Odrůda	Ranost	Barva semene	Tvar semene	Výnos	Obsah N-látek
Zekon	středně	zelená	kulovitý	nízký	-
Herold	polopozdní	žlutá	kulovitý	nízký	středně až vysoký
Sponsor	středně	žlutá	vejčitý	nízký	-
Hardy	středně	žlutá	kulovitý	vysoký	-
Terno	středně	žlutá	kosočtverečný	vysoký	středně až vysoký
Baryton	středně	žlutá	vejčitý	-	-
Tudor	pozdní	žlutá	kosočtverečný	nízký	-
Concorde	středně	žlutá	kosočtverečný	vysoký	-
Prophet	středně	zelená	kulovitý	vysoký	-
Slovan	poloraná	žlutá	kosočtverečný	vysoký	nízký
Sully	středně	žlutá	vejčitý	vysoký	nízký

Tabulka 1. Základní charakteristika jednotlivých odrůd hrachu polního

Z hlediska výživy přežvýkavců je jako perspektivní doporučována výroba a zkrmování hrachových siláží (není předmětem této studie). Hrachové siláže přispívají k řešení bílkovinné výživy především u dojnic. Zvířata siláže přijímají bez problémů a s vysokou chutí. Výhodné je silážování hrachu v kombinaci s jetelem. Za nejvhodnější odrůdy pro silážování jsou považovány odrůda Terno nebo Zekon **(Šťastný, 2009)**. Autor dále uvádí, že i ekonomika pěstování hrachové siláže je velice příznivá.

1.1 Uplatnění semen hrachu v krmných směsích určených k výživě monogastrických hospodářských zvířat

Převážná část experimentů, zabývajících se zařazením semen hrachu do diet hospodářských zvířat jako proteinové komponenty, byla realizována u monogastrických zvířat, především ve výživě prasat a drůbeže. Cílem většiny vědeckých publikací z této oblasti výživy bylo hledání alternativních proteinových krmných zdrojů jako náhrada sóji a sojových produktů. Jak

konstatuje ve svém článku **Tatarčíková (2008)**, na rozdíl od ostatních evropských zemí není hrách v ČR příliš populárním krmivem a s tím souvisí i pokles osevních ploch hrachu ke krmným účelům. Ve svém sdělení uvádí příklad z Francie, kde se hrách používá ve výživě hospodářských zvířat v nesrovnatelně vyšších množstvích: ve směsích s jadrnými krmivy pro skot v množství 25-30 %, ve směsích pro odstavená selata až 30 %, pro prasata ve výkrmu až 35 %, pro březí prasnice 16 %, kojící prasnice 25 %, pro výkrm brojlerových kuřat až 30 %, krůt 20 % a v krmných směsích pro nosnice až 30 %.

1.2 Využití hrachu ve výživě prasat

Na živinové složení a nutriční hodnotu hrachu upozorňují **Gatel a Grosjean (1990).** Autoři konstatují, že hrách (*Pisum sativum* L.) je luštěnina, která se v Evropě používá jako významné krmivo ve výživě prasat. Proteiny z hrachu obsahují více lysinu, ale méně sirných aminokyselin a tryptofanu, něž proteiny ze sojového šrotu. Upozorňují na to, že některé kultivary hrachu obsahují antinutriční faktory jako jsou inhibitory trypsinu, lektiny, taniny a α-galaktosidy. Více taninů obsahují například kultivary s tmavými květy. U hrachu s bílými květy (*P. sativum hortense*) je hodnota stravitelné energie podobná jako u sojového šrotu nebo obilovin a mírně nižší než u hrachu s tmavými květy (*P. sativum arvense*). Kultivary hrachu s nízkou aktivitou inhibitoru trypsinu a nízkým obsahem taninů je možné použít u prasat na konci růstové periody za předpokladu, že jsou diety dobře vyváženy, což se týká všech limitujících aminokyselin. Použití kultivarů s vyšší aktivitou inhibitorů trypsinu je mnohem více omezené, i když různé metody opracování, jako je například extruze, mohou mít pozitivní efekt na jejich inaktivaci. Při použití více než 15 % hrachu v dietách selat, je ve většině případů růst snížen, v důsledku nedostatku zejména sirných aminokyselin. U chovných prasnic uvádějí **Gatel a Grosjean (1990)**, že výsledky jsou sporné, někteří evropští autoři zaznamenali negativní vliv hrachu na velikost vrhu, zatímco v jiných experimentech nebyl u parametrů reprodukce zaznamenán žádný negativní efekt.

V této souvislosti je významná práce **Simoongwe et al. (2001),** ve které autoři porovnávali odstavené kanečky a prasničky plemene Large White a Malawian na základě průměrného denního přírůstku, po podávání krmiva s podobným nutričním složením, které bylo založeno na opražené vigně čínské (*Vigna unguiculata*, RC), sóji (*Glycine max*, RB) nebo hrachu pigeon (*Cajanus cajan*, PP), jako jediné proteinové komponentě. Odlišnosti způsobené dietami v rámci jednoho plemene byly vysoce signifikantní ($P < 0,001$). Přírůstek hmotnosti se měnil nepřímo úměrně k hladině inhibitoru trypsinu. Co se týkalo jednotlivých plemen,

prasata Large White krmená praženou sójou rostla rychleji (P < 0,05) než prasata Malawian, zatímco obě plemena měla podobné výsledky po podávání pražené vigny a hrachu pigeon. U prasat krmených praženou vignou a hrachem pigeon byl zaznamenán kompenzační růst potom, co byly převedeny na dietu pouze s obsahem pražené sóje.

1.2.1 Úprava hrachových semen

1.2.1.1 Vliv extruze

Vzhledem k obsahu řady antinutričních látek v jednotlivých odrůdách hrachu, které mohou negativně ovlivnit reprodukční, ale i produkční ukazatele, bylo předmětem odborného zájmu řady vědeckých pracovníků ověřit různé technologické postupy, které by vedly ke snížení, případně inaktivaci, těchto antinutričních látek. V této souvislosti je nutné uvést sdělení **O'Doherty a Keady (2001)**, kteří provedli dva experimenty, které měly ověřit vliv opracování krmiva expanderem, pro rostoucí prasata a prasata na konci růstu. Experiment 1 zkoumal vliv na nutriční hodnotu diety založené na cereáliích a diety založené na hrachu. Experiment 2 zkoumal vliv extruze a expanze složek hrachu v dietě na nutriční hodnotu krmiva. V experimentu 1 byly stanoveny hodnoty růstu, jateční charakteristiky a stravitelnost živin u prasat, kterým byla podávána cereální dieta (T1), cereální dieta ošetřena pomocí expanderu (T2), dieta s obsahem 400 g/kg hrachu (T3), resp. dieta s 400 g/kg hrachu, která byla ošetřena pomocí expanderu (T4). Expandované diety byly ošetřeny teplotou 105 °C po dobu 5 s, při tlaku 35 barů. V experimentu 2 byly u prasat, kterým byly podávány jednotlivé diety včetně kontrolní diety bez hrachu (TT1), diety se 400 g/kg surového hrachu (TT2), diety se 400 g/kg hrachu ošetřené expanderem (TT3) nebo diety se 400 g/kg extrudovaného hrachu (TT4). Vyhodnoceny byly produkční parametry a stravitelnost živin. Hrách v dietách byl extrudován při teplotě 130 °C po dobu 30 s a expandován při 130 °C po dobu 10 s, při tlaku 42 barů. V experimentu 1 snížilo začlenění hrachu do diety (P < 0,001) stravitelnost organické hmoty (0,871 vs 0,893, SE 0,003), proteinů (0,867 vs 0,907, SE 0,004) a energie (0,857 vs 0,880, SE 0,003). Expanze neměla vliv na stravitelnost živin v dietách, nicméně se zvýšil (P < 0,05) obsah stravitelné energie cereálních diet. Začlenění hrachu do diety snížilo (P < 0,05) denní přírůstek (0,929 vs 0,999, SE 0,024 kg/den) a zvýšilo (P < 0,001) koeficient konverze krmiva (2,31 vs 2,16, SE 0,029) od hmotnosti 34 kg do porážky. Expanze neměla vliv na denní přírůstek nebo koeficient konverze krmiva. V experimentu 2 byly u diet TT1 až TT4 zaznamenány hodnoty stravitelnosti organické hmoty 0,891, 0,872, 0,882 a 0,885 (SE 0,0042)

(P < 0,01), stravitelnosti proteinů 0,905, 0,879, 0,874 a 0,877 (SE 0,0069) (P < 0,001) a brutto energie 0,875, 0,861, 0,870 a 0,875 (SE 0,005) (P < 0,05), v uvedeném pořadí. Pro diety TT1 až TT4 byly zaznamenány přírůstky (kg/den) 0,981, 0,927, 0,940, a 1,016 (SE 0,036) (P < 0,05) a koeficient konverze krmiva 2,17, 2,32, 2,28 a 2,18 (SE 0,037) (P < 0,05), v uvedeném pořadí. Výsledky lze shrnout, že expanze neměla vliv na nutriční hodnotu krmiva pro prasata.

Nutriční hodnotou termicky ošetřeného hrachu, extrudovaného a neošetřeného hrachu u rostoucích prasat a prasat na konci růstu, se zabývali **O'Doherty a Keady (2001).** V rámci sledování byly provedeny dva experimenty, které měly určit nutriční hodnotu extrudovaného nebo surového hrachu (*Pisum sativum* L.), jako energetického a proteinového doplňku pro prasata s živou hmotností od 33 do 100 kg. V experimentu 1 byl určen vliv extruze na zdánlivou stravitelnost živin hrachu při začlenění v množství 200 g a 400 g/kg diety. V experimentu 2 byly určeny produkční parametry u individuálně krmených prasat, kterým byly podávány diety *ad libitum*, včetně kontrolní diety (bez hrachu, T1), diety se 200 g/kg surového hrachu (T2), diety se 400 g/kg surového hrachu (T3), diety se 200 g/kg extrudovaného hrachu (T4), diety se 400 g/kg extrudovaného hrachu (T5). Hrách byl extrudován při 120 °C po dobu 30 s. Všechny diety byly formulovány tak, aby měly podobné koncentrace stravitelné energie (DE) a celkového lysinu. Došlo k signifikantnímu ovlivnění (P < 0,05) stravitelnosti organické hmoty, dusíku, energie a obsahu stravitelné energie hrachu vlivem začleněného množství hrachu a vlivem extruze. Začlenění 400 g/kg surového hrachu vedlo k nižší zdánlivé stravitelnosti organické hmoty (P < 0,001), dusíku (P < 0,001), brutto energie (P < 0,05) a obsahu stravitelné energie (P < 0,05) hrachu, v porovnání s 200 g/kg hrachu. Nicméně nedošlo k odlišnostem (P > 0,05) mezi stravitelností diety s 200 a 400 g/kg hrachu, když byl hrách extrudován. V experimentu 2 došlo k signifikantní interakci (P < 0,05) mezi hladinou hrachu v dietě a extruzí, s tím, jak se hladina surového hrachu zvýšila z 200 na 400 g/kg, snížil se růst (P < 0,01), ale koeficient konverze krmiva se zvýšil (P < 0,02). Nicméně s tím, jak se hladina extrudovaného hrachu zvýšila z 200 na 400g/kg, nedošlo k odlišnostem v růstu nebo koeficientu konverze krmiva. Výsledky lze shrnout, že extruze hrachu zlepšila stravitelnost živin, celkový přírůstek hmotnosti a koeficient konverze krmiva u prasat.

1.2.1.2 Vliv termické úpravy

Protože hrách představuje proteinovou komponentu krmné směsi, řada autorů své experimentální práci směřovala do oblasti vlivu zejména termických úprav hrachu na stravitelnost a utilizaci aminokyselin u prasat. Z této oblasti je nutno citovat výsledky publikované řadou autorů. **Van Barneveld et al. (1994a)** provedli tři experimenty, které měly zkoumat vliv zahřátí hrachu (*Pisum sativum* L., kultivar Dundale) na (1) přibližný rozbor a složení celkových aminokyselin, (2) ileální a fekální stravitelnost aminokyselin a (3) obsah stravitelné energie. Pro ošetření byly použity dehydrátory s nuceným větráním, které zahřívaly hrách při teplotě 110, 135, 150 nebo 165 °C. V 1. experimentu byla určena zdánlivá ileální a fekální stravitelnost aminokyselin a fekální stravitelnost energie surového a zahřátého hrachu. Byla použita prasata se zavedenou kanylou ve tvaru T. Ve 2. experimentu byla určena zdánlivá ileální stravitelnost aminokyselin a fekální stravitelnost energie, s použitím přímé ileální techniky a techniky odběru rektálních vzorků. To představovalo jednoduchý odběr zažitiny a fekálií z trávícího traktu prasat po anestézii. Fekální stravitelnost aminokyselin a energie byla určena pomocí odběru celkových fekálií ve 3. experimentu. U všech pokusů byl hrách v dietě začleněn v množství 400 g/kg diety založené na cukru a byl jediným zdrojem aminokyselin. Teplota signifikantně snížila obsah lysinu (ze 14,6 na 8,7 g/kg; $P < 0,001$), cysteinu (ze 3,2 na 2,6 g/kg; $P < 0,01$) a argininu (z 16,7 na 14,5 g/kg; $P < 0,05$) v tepelně ošetřeném hrachu. Obsah lysinu v hrachu, měřený pomocí techniky Silcock, se snížil o 0,11 a 0,30 % při aplikaci teploty 150 a 165 °C, v uvedeném pořadí. Tepelné zpracování nezměnilo ileální stravitelnost většiny aminokyselin. Výjimkou byla kyselina asparágová (0,72 - 0,58), kyselina glutamová (0,80 - 0,65), základní aminokyseliny lysin (0,79 - 0,56) a arginin (0,85 - 0,75) ty vykazovaly po zahřátí signifikantní lineární snížení ($P < 0,05$) ileální stravitelnosti, která byla určena metodou ileální kanylace. Zahřátí snížilo fekální stravitelnost všech aminokyselin ($P < 0,05$). Fekální stravitelnost byla vyšší než ileální stravitelnost surového hrachu; nicméně tento rozdíl se při aplikaci teploty snížil, až se fekální stravitelnost vyrovnala nebo byla nižší než ileální stravitelnost diety zahřáté na 165 °C. Zahřátí lineárně snížilo stravitelnost sušiny a stravitelnost energie. Ztráty lysinu, cysteinu a argininu byly pravděpodobně způsobené časnou a pokročilou Maillardovou reakcí. Také došlo k významnému navázání zbytku lysinu, jak ukazuje pokles lysinu dle Silcocka.

Van Barneveld et al. (1994b) uskutečnili dva další experimenty, které měly určit vliv termického ošetření na utilizaci ileálně stravitelného lysinu z hrachu (*Pisum sativum* L., kultivar Dundale), podávaného rostoucím prasatům. Bylo formulováno pět diet s nedostatkem

lysinu (0,36 g ileálně stravitelného lysinu/MJ stravitelné energie). Diety byly vytvořeny s použitím surového hrachu a hrachu zahřátého na 110, 135, 150 nebo 165 °C po dobu 15 min., v uvedeném pořadí, s pomocí dehydrátoru s nuceným větráním. Produkční parametry a zadržování ileálně stravitelného lysinu u prasat krmených dietami byly určeny během fáze růstu od 20 do 45 kg. Termické ošetření mělo signifikantní vliv ($P < 0,01$) na míru růstu. U prasat krmených surovým hrachem došlo k poklesu přírůstku živé hmotnosti na 543 g/den a u prasat krmených hrachem zahřátým na 165 °C až na 407 g/den. Podobně se snižovalo ($P < 0,001$) ukládání hrubých proteinů z 76 na 36 g/den u prasat krmených surovým hrachem a hrachem zahřátým na 165 °C, ve výše uvedeném pořadí. Retence ileálně stravitelného lysinu byla 0,85 u prasat, která dostávala surový hrách a při aplikaci tepla se snížila ($P < 0,001$) na 0,48 u prasat, která dostávala hrách zahřátý na 165 °C. Prasata krmená hrachem zahřátým na 165 °C měla vyšší hmotnost jater ($P < 0,05$). Výsledky doložily, že teplota aplikovaná na proteinové koncentráty, dokonce i při mírných teplotách, má za následek stravitelnost lysinu ve formě, která se zdánlivě absorbuje, ale neefektivně utilizuje. Proto nejsou hodnoty ileální stravitelnosti lysinu u teplem zpracovaných mouček pro formulaci diet vhodné.

Ve třetí práci se **Van Barneveld et al. (1994c)** zabývali dostupností lysinu z tepelně upraveného hrachu (*Pisum sativum* L., kultivar Runcale). V 1. experimentu byl studován vliv teploty na dostupnost lysinu v hrachu (*Pisum sativum* L., kultivar Dundale). Hrách byl zahřátý při 110, 135, 150 nebo 165 °C po dobu 15 min, s použitím dehydrátoru s nuceným větráním. Dostupnost lysinu se po aplikaci tepla signifikantně snížila ($P < 0,05$), a to dokonce i při nižší teplotě 110 °C. Byly určeny hodnoty dostupnosti lysinu 0,96, 0,71, 0,77, 0,56, a 0,47 u surového hrachu a hrachu zahřátého na 110, 135, 150 nebo 165 °C, v uvedeném pořadí. V 2. experimentu byl určen vliv množství dietních proteinů na ileální stravitelnost lysinu v surovém hrachu. Bylo formulováno pět diet, které obsahovaly 85, 105, 125, 145 a 165 g proteinů/kg. Výsledky ukazují, že na rozdíl od hodnot ileální stravitelnosti jsou odhady dostupnosti lysinu citlivé vůči tepelnému zpracování a do velké míry odrážejí utilizaci lysinu v zahřátých proteinových koncentrátech. Proto při tepelně zpracovaných proteinových koncentrátech, je při formulovaní diet vhodnější použít hodnoty dostupnosti lysinu než odhady ileální stravitelnosti.

Na výše citované práce navazuje i publikace **Van Barneveld et al. (1995)**, ve které se autoři zabývali bilancí dusíku a složením moči, séra a plasmy u rostoucích prasat krmených surovým nebo tepelně upraveným hrachem (*Pisum sativum* L.). Byly provedeny experimenty, které měly určit vliv zahřátí hrachu (*Pisum sativum* L.) na bilanci dusíku a na složení moči, séra a plasmy u rostoucích prasat. V 1. experimentu byly formulovány čtyři diety s obsahem

surového hrachu (kultivar Wirrega) nebo hrachu zahřátého na 150 °C (kultivar Wirrega), 165 °C (kultivar Wirrega) nebo 150 °C (kultivar Dundale) po dobu 15 min, v uvedeném pořadí, které obsahovaly 1,15 g ileálně stravitelného dusíku/MJ stravitelné energie (DE) a 0,36 g ileálně stravitelného lysinu/MJ stravitelné energie v dietě založené na cukrech. Během dvou 7denních period byla 8 prasatům odebírána moč a fekálie, se 7denní přechodným obdobím. V poslední den každé periody sběru byla odebrána krev z *v.jugularis*. Nebyl pozorován signifikantní rozdíl (P > 0,05) v bilanci N nebo v biologické hodnotě hrachových diet. Prasata krmená dietami s obsahem hrachu zahřátého na 150 °C (kultivar Wirrega) nebo 165 °C (kultivar Wirrega) měla signifikantně nižší (P < 0,01) denní produkci kyseliny močové v moči a snížené koncentrace sérových proteinů a močoviny. Plasmatická koncentrace lysinu a denní vylučování lysinu v moči prasat krmených zahřátým hrachem nebyly signifikantně odlišné (P > 0,05). Exkrece proteinů v moči prasat krmených hrachem zahřátým na 165 °C se zvýšila 3-7krát v porovnání s hladinou pozorovanou u prasat krmených surovým hrachem. Ve druhém experimentu byla sledována zdánlivá stravitelnost (apparent digestibility) dusíku a aminokyselin u kultivaru hrachu Wirrega. V této studii bylo zjištěno, že stravitelnost dusíku (0,44) a lysinu (0,35) v hrachu zahřátém na 165 °C byla signifikantně nižší než v případě kultivaru Dundale (0,57 a 0,62, v uvedeném pořadí). Výsledky dokládají skutečnost, že nelze vyslovit obecné závěry, co se týká vlivu teploty na daný proteinový koncentrát. Variabilita v případě pokusů, které zkoumaly bilanci dusíku a problémy spojené s analýzou moči jsou pravděpodobnými příčinami toho, že předložená studie neodráží slabou utilizaci lysinu stravitelného v ileu u tepelně opracovaného hrachu. Navzdory výrazným variacím ve výsledcích je možné, že velký podíl nevyužitelných aminokyselin v zahřátém hrachu možná vylučují prasata v moči.

Novější studie s termicky ošetřeným hrachem prováděli **Owusu-Asiedu et al. (2002).** Autoři sledovali vliv tepelného opracování na stravitelnost živin hrachu a vliv doplnění diet s obsahem surového, extrudovaného nebo mikronizovaného hrachu o amylázu a xylanázu na produkční parametry časně odstavených selat. Celkem byly provedeny dva pokusy, které měly prozkoumat vliv tepelného ošetření na stravitelnost živin a vliv zpracování a exogenních enzymů v krmivu na růst 16denních odstavených selat krmených dietou založenou na hrachu. V pokusu 1 bylo použito 12 selat Cotswold (počáteční tělesná hmotnost 4,5 ± 0,5 kg) se zavedenou jednoduchou T-kanylou, aby bylo možné určit zdánlivou stravitelnost ileálních aminokyselin (AA) surového, extrudovaného a mikronizovaného hrachu doplněného o amylázu a xylanázu. V pokusu 2 bylo 70 16denních odstavených selat náhodně přirazeno ke kontrolní dietě založené na sojové moučce (SBM) a k šesti dietám založeným na hrachu

během dvou následujících period (fáze 1, 4,5 až 10,0 kg, fáze 2, 10,0 až 20,0 kg tělesné hmotnosti). Diety založené na hrachu (surovém, extrudovaném a mikronizovaném) byly podávány s nebo bez doplnění o enzymy. Selata byla každý týden zvážena a denně byl monitorován příjem krmiva. 7. a 14. den byly získány vzorky krve od 10 selat z každé diety a byla provedena analýza dusíku močoviny (plasma urea nitrogen - PUN). Tepelné zpracování v případě extrudovaného a mikronizovaného hrachu zlepšilo ($P < 0,05$) zdánlivou ileální stravitelnost (AID) většiny aminokyselin, včetně lysinu, methioninu, threoninu a valinu, k tomu však nedošlo u surového hrachu. Zdánlivá ileální stravitelnost byla vyšší ($P < 0,05$) u extrudovaného a mikronizovaného hrachu doplněného o enzymy než u surového hrachu. Mikronizace zlepšila ($P < 0,05$) AID lysinu z 82 na 91 %. Ileální stravitelnost (SID) argininu, lysinu, methioninu a threoninu byla vyšší ($P < 0,05$) u diet s extrudovaným a mikronizovaným hrachem než u diet se surovým hrachem. Průměrná AID nepostradatelných aminokyselin se po mikronizaci zlepšila ($P < 0,08$) ze 79 na 88 %. Po doplnění diety založené na surovém hrachu o amylázu a xylanázu se ve fázi 1 účinnost krmiva zlepšila ($P < 0,05$). Doplnění diety založené na surovém hrachu o enzymy snížilo ($P < 0,05$) hladinu dusíku močoviny v plasmě (PUN) z 9,01 na 5,73 mg/dL. Výsledky ukazují, že v porovnání se surovým hrachem zlepšila extruze a mikronizace stravitelnost aminokyselin v dietách založených na hrachu, které byly doplněny o amylázu a xylanázu. Nicméně příjem krmiva a růst nebyly ovlivněny.

1.2.2 Stravitelnost aminokyselin hrachového proteinu

Určením zdánlivé ileální stravitelnosti aminokyselin hrachu podávaného prasatům pomocí přímé, diferenční a regresní metody se zabývali **Fan a Sauer (1995)**. V experimentu byly hodnoceny tři metody stanovení zdánlivé ileální stravitelnosti aminokyselin hrachu (242 g surových proteinů/kg hrachu). Pěti kanečkům s průměrnou počáteční hmotností 34,6 kg byla v distálním ileu zavedena jednoduchá T-kanyla. Bylo jim podáváno pět diet podle latinského čtverce 5×5. Dieta 1 obsahovala 885 g pšenice/kg, která představovala jediný zdroj dietních aminokyselin. Diety 2, 3 a 4 obsahovaly tři různá množství hrachu (168, 336 a 504 g/kg diety, v uvedeném pořadí) a pšenice (664, 443 a 221 g/kg diety, v uvedeném pořadí). Dieta 5 obsahovala 671 g hrachu/kg diety, hrách představoval jediný zdroj dietních aminokyselin. Všechny diety byly formulovány tak, aby obsahovaly 160 g hrubých proteinů/kg. Jako marker stravitelnosti byl použit oxid chromitý (4 g/kg diety). Každá experimentální perioda trvala 8 dní. Prasata byla krmena dvakrát denně stejným množstvím, v 8:00 a 20:00 hod. Dietní příjem byl 1800 g/den. Během 24 hodin byla 7. a 9. den odebírána ileální zažitina v dvouhodinových

intervalech. Hodnoty zdánlivé ileální stravitelnosti aminokyselin v hrachu byly určeny u diety 5 přímou metodou, diferenční metodou u diety 2, 3 a 4 a regresní metodou u diety 2, 3, 4 a 5. Přesnost určení zdánlivé ileální stravitelnosti hrachu pomocí diferenční metody závisela na začlenění hrachu do analyzované diety. U hodnot stravitelnosti hrachu nebyly pozorovány odlišnosti (P > 0,05).

Stravitelností sušeného a praženého hrachu u prasat na ileální a celkovou stravitelnost aminokyselin, proteinů a dalších živin se zabývali **Canibe a Eggum (1997).** Autoři uskutečnili dva pokusy, ve kterých byla prasata krmena sušeným nebo opraženým hrachem (*Pisum sativum* L. var. Solara) ze sklizní ze dvou let. Diety s hrachem jako jediným zdrojem dusíku byly formulovány tak, aby obsahovaly ≈170 g/kg hrubých proteinů (CP). Opražení v podmínkách tohoto pokusu (obsah vlhkosti ≈150 g/ kg, 130 °C, 3-4 min) nepoškodilo lysin v hrachu. Zvířatům byla zavedena T-kanyla na konci ilea a byly provedeny odběry na ileální a fekální úrovni. Když byl podáván hrách z první sklizně (Experiment 1), ileální stravitelnost většiny aminokyselin se opražením zvýšila; stravitelnost sušiny (DM) se zvýšila z 69,4 na 76,1 %, stravitelnost energie z 71,2 na 77,2 % a stejná tendence byla pozorována u stravitelnosti proteinů. Když byl podáván hrách z další sklizně (Experiment 2), nebyl pozorován žádný vliv opražení na ileální stravitelnost živin. Stravitelnost sušiny a energie dosahovala po opražení nižší hodnoty. Na úrovni celého GIT byly hodnoty stravitelnosti vyšší než na ileální úrovni, a nebyl pozorován vliv tepelného opracování na stravitelnost živin u žádného z experimentů. Opražení aplikované za specifických podmínek (obsah vlhkosti ≈ 150 g/kg, 130 °C, 3-4 min) může zlepšit ileální stravitelnost hrachu. Nicméně sklizně z různých let mohou způsobit odlišnou stravitelnost a tepelné zpracování může hrách ze sklizní ovlivnit nestejně. Proto by závěry měly být činěny s opatrností.

Zdánlivou a standardizovanou skutečnou ileální stravitelnost proteinů a aminokyselin z bobu zahradního, lupiny a hrachu, v podobě celých semen, po oloupání nebo po extruzi v dietách prasat se zabývali **Mariscal-Landín et al. (2002).** Autoři provedli dva pokusy, které měly stanovit zdánlivou ileální stravitelnost (AID) aminokyselin (AA) u osmi luštěnin (dvě variety bobu a dvě variety lupiny v pokusu 1, čtyři variety hrachu v pokusu 2) a odhadnout jejich standardizovanou skutečnou ileální stravitelnost (SID). U jedné variety bobů bohaté na taniny byl zkoumán vliv oloupání semen (experiment 1) a vliv extruze na jednu zimní varietu hrachu bohatou na inhibitor trypsinu (experiment 2). V experimentu 1 byla zdánlivá ileální stravitelnost sušiny v dietě signifikantně nižší u lupin než u bobů. Nicméně zdánlivá ileální stravitelnost aminokyselin a standardizovaná skutečná ileální stravitelnost byla obecně vyšší u australské lupiny než u bobů. Zdánlivá ileální stravitelnost tryptofanu (66,7) byla nejnižší u

bobu Alfred a po oloupání semen se zvýšila o 20 %, takže dosáhla hodnoty získané u australské lupiny. Cystein (zdánlivá ileální stravitelnost 55,5, standardizovaná ileální stravitelnost 65,1) a tyrosin (zdánlivá ileální stravitelnost 74,7, standardizovaná ileální stravitelnost 78,1) byly další nejméně stravitelné aminokyseliny u bobu Alfred a stravitelnost se po oloupání signifikantně nezlepšila. Standardizovaná ileální stravitelnost lysinu byla nižší ($P < 0,05$) u lupiny Lublanc (81,4 %) než u loupaného bobu Alfred a Blandine a u australské lupiny, u kterých si byly stravitelnosti velmi blízké (88,1, 88,8 a 88,4 %, v uvedeném pořadí). V pokusu 2 byla zdánlivá ileální stravitelnost sušiny signifikantně vyšší ($P < 0,01$) u extrudovaného hrachu Frilène, než u všech ostatních variet hrachu včetně Frilène bez úpravy (77,6 vs 70,8). To stejné platilo pro proteiny (SID 89,1 vs SID 77,6) a pro sumu aminokyselin (SID 91,6 vs SID 80,1). Největší zvýšení stravitelnosti bylo zaznamenáno u tryptofanu (+31,3 % u AID) a cysteinu (+38 % u SID). V porovnání s evropským jarním hrachem (Amino, Finale) byly poměrně nízké hodnoty AID v případě hrachu Australian a Frilène pozorovány u methioninu, (61,5, 64,2), threoninu (62,6, 65,3), tryptophanu (54,7, 57,6) a cysteinu (56,1, 53,4), zatímco AID lysinu byla vyšší (79,6, 77,6). Po korekci bazálních endogenních ztrát zůstaly jako nejméně stravitelné sirné aminokyseliny, methionin (SID 68,7, 70,4) a cystein (SID 66,0, 62,8) v hrachu Australian a Frilène. Tato data dovolují vztáhnout nutriční hodnotu k příslušnému druhu a varietě, ve vztahu k obsahu antinutričních faktorů.

1.2.3 Inhibitory proteáz v semenech hrachu

Je všeobecně známo, že jedním z významných faktorů, které negativně ovlivňují stravitelnost proteinů u luštěnin jsou přirozené inhibitory proteáz. Problematikou inhibitorů trypsinu v hrachu na stravitelnost hrubých proteinů u rostoucích prasat se zabývali **Leterme et al. (1990)**. Autoři stanovili aktivity inhibitorů trypsinu (TIA) 33 evropských jarních variet hrachu. TIA se u variet Maro, Progreta, Consort a Radley pohybovala od 6,1 do 8,4 trypsin inhibujících jednotek na mg sušiny (TIU/mg DM), zatímco u dalších variet byla ≤ 3 TIU/mg sušiny. Maro, Progreta a Consort byly britské variety “velkozrnného typu”, které mívají běžně vysokou aktivitu. Francouzské zimní variety měly vysokou TIA (průměr 9,1 TIU/mg DM), ale variety, které pocházely z křížení mezi zimní a jarní varietou, jako je Frilène, Amac, Laser a Santon, měly nižší aktivitu. Výsledky byly porovnány s výsledky získanými u semen dalších 6 luštěnin: bobu, vikve, čočky, hrachu pigeon, cizrny a fazole. Porovnání TIA vzorků variety Finale, která pocházela z různých lokalit, ukázalo, že TIA je u hrachu ovlivněna podmínkami pěstování. Byla určena zdánlivá stravitelnost hlavních složek dvou jarních variet

hrachu (Finale, 2,35 a Progreta, 7,48 TIU/mg DM) pomocí metody diference, s použitím rostoucích prasat, která dostávala dietu s 40% obsahem hrachu. Zdánlivá stravitelnost organické hmoty, hrubé vlákniny a bruttoenergie byla u těchto dvou variet podobná, zatímco zdánlivá stravitelnost surových proteinů z variety Progreta byla signifikantně nižší ($P < 0,05$) než u variety Finale. V práci je diskutován vliv inhibitoru trypsinu na zdánlivou stravitelnost hrubých proteinů a vysloveny další hypotézy, které by mohly vysvětlit tento rozdíl.

Ileální stravitelností proteinů a aminokyselin krmného hrachu s různou aktivitou inhibitoru trypsinu u prasat se zabývali **Grosjean et al. (2000)**. V práci byla stanovena ileální stravitelnost proteinů a aminokyselin u prasat. Hodnoty byly vztaženy k fyzikálním, chemickým a biologickým vlastnostem těchto vzorků: k váze 1000 semen, k podílu slupek, škrobu, vlákniny, hrubých proteinů, obsahu éterového extraktu a popele, aktivitě inhibitoru trypsinu a aktivitě inhibitoru trypsinu na jednotku hrubých proteinů (TIAP). Jednotlivé vzorky byly začleněny do diety s obsahem škrobu, sacharózy, minerálů a vitaminů. Diety byly podávány 4 kancům (50 až 100 kg) s ileorektální anastomózou. Hodnoty standardizované stravitelnosti ileálních proteinů a aminokyselin se kromě alaninu v hrachu lineárně snižovaly se zvyšující se aktivitou inhibitoru trypsinu na jednotku hrubých proteinů ($P < 0,01$) a nebyly ovlivněny obsahem vlákniny. Například hodnoty standardizované ileální stravitelnosti (%) se u lysinu, threoninu, methioninu, cysteinu a tryptofanu snížily o -0,1975, -0,1617, -0,2171, -0,2630, -0,2029 a -0,3536 na jednotku TIAP (vyjádřeno v jednotkách inhibovaného trypsinu na miligram surových proteinů), v uvedeném pořadí.

1.2.4 Stravitelnost sacharidů hrachu

Z hlediska stravitelnosti jednotlivých živin v hrachu byla předmětem zájmu i stravitelnost dalších živin. Trávením neškrobových polysacharidů v pšenici a surovém hrachu (*Pisum sativum* L.) ve smíšené dietě u prasat se zabývali **Goodlad a Mathers (1991).** V uvedené práci byly publikovány výsledky sledování stravitelnosti neškrobových polysacharidů (NSP) v pšenici a surovém hrachu (*Pisum sativum* L.), které byly ve směsných dietách podávány prasatům. Ve čtyřech experimentálních dietách byla pšenice začleněna v konstantním množství 500 g/kg, zatímco obsah hrachu byl 0 až 300 g/kg. Necelulózové polysacharidy (NCP) měly dvakrát vyšší stravitelnost než měla celulóza u obou krmiv, téměř všechny necelulózové polysacharidy hrachu byly stráveny. Koncentrace fekální α,ε-diaminopimelové kyseliny se po podávání hrachu zvýšila, což naznačuje, že použitím už fermentovaných necelulózových polysacharidů hrachu dochází k stimulaci produkce bakteriální biomasy v

hrubém střevě. Všechny tři hlavní těkavé mastné kyseliny vytvořené fermentací v hrubém střevě byly detekovány v krvi z *v. jugularis* a jejich hladina se signifikantně zvýšila se zvýšeným množstvím hrachu v dietě.

Chemickým složením izolátu z vlákniny hrachu a jeho účinek na tok endogenních aminokyselin v ileu prasat se zabývali **Leterme et al. (1996)**. Autoři se zaměřili na vliv hrachového škrobu, slupek a vlákniny z kotyledonů izolovaných ze semen hrachu na exkreci ileálních endogenních aminokyselin u rostoucích prasat, tyto součásti byly začleněny do bezdusíkatých diet, na základě obsahu neutrální detergentní vlákniny. Kukuřičný škrob a dřevní celulóza byly použity jako referenční látky. Dieta s obsahem vlákniny byla doplněna o enzymaticky hydrolyzovaný kasein. Exkrece aminokyselin se dramaticky zvýšila se začleněním vlákniny (28,0 g), a to vzhledem k jejich velmi vysoké schopnosti zadržovat vodu. Přidání enzymaticky hydrolyzovaného kaseinu tuto exkreci dále zvýšilo (48,0 g) v takovém množství, které je těžko možné vysvětlit jenom zvýšením endogenní sekrece. Výsledky naznačují, že obsah neutrální detergentní vlákniny v produktech se zrny luštěnin není ukazatelem jejich vlivu na ztráty ileálních endogenních aminokyselin u prasat a že fyziologické účinky vlákniny jsou ovlivněny jak jejich chemickými, tak fyzikálními vlastnostmi.

Zdánlivou stravitelností neškrobových polysacharidů a produkcí mastných kyselin krátkých řetězců v tlustém střevě prasat krmených sušeným nebo praženým hrachem se zabývali **Canibe et al. (1997)**. Rostoucím prasatům byl podáván sušený nebo pražený hrách. V pokusu 1 byl použit hrách sklizený v roce 1990 a v experimentu 2 hrách sklizený v roce 1993. V kotyledonech hrachu bylo 49-55 % nerozpustných monomerů neškrobových polysacharidů (NSP). Hlavními konstituenty byla arabinóza, uronové kyseliny a celulóza. Ve slupkách bylo 83-84 % reziduí neškrobových polysacharidů nerozpustných, mezi nimi dominovala celulóza, xylóza a uronové kyseliny. Caecum a proximální kolon byly místy nejvyšší fermentace. V caecu byla stravitelnost neškrobových polysacharidů 40-48 % v pokusu 1 a 29-45 % u pokusu 2. V distální části kolonu byly hodnoty stravitelnosti neškrobových polysacharidů 84-87 % (pokus 1) a 85-90 % (pokus 2). Arabinóza, uronové kyseliny a galaktóza byly fermentovány ve velké míře v proximální části tlustého střeva. Xylóza a glukóza mizela v menší míře a pomaleji a byla fermentována distálněji v kolonu. Navzdory různé míře fermentace cukrů nebyly zaznamenány významné změny v charakteru mastných kyselin. Opražení nemělo signifikantní vliv na sledované parametry.

Ileální a celková stravitelnost cukrů při použití sušeného a praženého hrachu u prasat se zabývali **Canibe a Bach Knudsen (1997)**. Prasatům s průměrnou hmotností 35 kg a

zavedenou kanylou v ileu byl ve dvou 7denních pokusech podáván sušený nebo opražený hrách (*Pisum sativum* L., kultivar Solara). Koncentrace celkových cukrů a škrobu byla u sušených vzorků a opražených vzorků hrachu podobná. Opražení zvýšilo podíl rychle stravitelného škrobu *in vitro* a snížilo podíl pomalu stravitelného škrobu. Opražení také snížilo ileální stravitelnost α-galaktosidů z 98,7 na 96,4 % u hrachu z jedné sklizně a z 65,8 na 41,5 % u druhé. Tepelné opracování hrachu u jedné ze sklizní neovlivnilo stravitelnost škrobu, ale u druhé bylo pozorováno snížení stravitelnosti. Hrachové neškrobové polysacharidy (NSP) byly částečně degradovány v distálním ileu a na fekální úrovni do velké míry zmizely, s hodnotami stravitelnosti mezi 86,2 a 90,9 %. Arabinóza a uronové kyseliny byly ve velké míře tráveny, zatímco glukóza a xylóza vykazovaly nižší hodnoty. Opražení mělo vliv na stravitelnost neškrobových polysacharidů, ale jeho důležitost bylo těžké určit. Kromě toho byly pozorovány odlišné tendence hrachu z odlišných sklizní, u jedné z nich byla pozorována tendence ke zvýšené stravitelnosti po opražení a u druhé naopak. Výsledky lze shrnout, že různé podmínky pěstování nebo malé odlišnosti během zpracování mohou ovlivnit stravitelnost cukrů u sušeného a opraženého hrachu.

Ileální stravitelností cukrů hrachu a bobu u rostoucích prasat se zabývali i **Gdala a Buraczewska (1997)**. V práci je hodnocen experiment na šesti prasatech s počáteční tělesnou hmotností asi 34 kg. Prasatům byla zavedena jednoduchá T-kanyla. Prasata byla krmena šesti semisyntetickými dietami s obsahem sacharózy a s moučkou ze semen luštěnin jako hlavními komponentami. Semena bobu (kultivary Kamir a Alen), bělokvětého hrachu (kultivary Kwestor a Sol) a barevnokvětého hrachu (kultivary Fidelia a Vatra) byly v pokusných dietách jediné zdroje polysacharidů a proteinů. Ileální stravitelnost hrachového škrobu se pohybovala od 85 do 87 % a byla podobná u všech testovaných kultivarů. Stravitelnost bobového škrobu byla 86% u kultivaru Alen a 82% u kultivaru Kamir. Stravitelnost hrachových a bobových proteinů se pohybovala od 70 do 74 %. Až 83 % α-galaktosidů z bobu bylo mikrobiologicky hydrolyzováno, u hrachu jich v tenkém střevě bylo hydrolyzováno až 93 %. Stravitelnost neškrobových polysacharidů byla průměrně 39 % u bobu a od 27 do 43 % u kultivarů hrachu. Mezi oběma typy hrachu nebyl nalezen žádný rozdíl, což indikuje, že taniny v barevnokvětém hrachu nebránily ileální stravitelnosti hlavních živin, kterými jsou prasata krmena.

Degradaci a fyzikálně-chemické změny vlákniny ječmene a hrachu v gastrointestinálním traktu (GIT) prasat studovali **Canibe et al. (2002).** V uvedené práci byla zkoumána degradace vlákniny ječmene a hrachu v GIT prasat a její vztah ke změnám v některých fyzikálně-chemických vlastnostech. U ileální a caecální tráveniny s obsahem vlákniny z kotyledonů hrachu bylo stanoveno nejvyšší ($P < 0,05$) bobtnání (33,1-36,7ml/g sušiny) a nejvyšší

kapacita zadržování vody, což bylo měřeno centrifugací (17,9-21,2 g/g sušiny) a pomocí osmotického tlaku (9,0-9,1 g/g sušiny). Velikost částic slupek ječmene se v průběhu GIT neměnila (160-207 μm), zatímco velikost kotyledonů hrachu a hrachových slupek se ve fekáliích v porovnání s ileem a caecem (198-415 μm) dramaticky snížila (62-65 μm). Stravitelnost neškrobových polysacharidů (NSP) byla nejnižší u slupek ječmene v ileu (5 % příjmu), caecu (0 % příjmu) a fekáliích (26 % příjmu). Stravitelnost neškrobových polysacharidů byla v případě vlákniny z kotyledonů hrachu a u loupaného ječmene nejvyšší v proximální části střeva a v případě vlákniny z kotyledonů hrachu ve fekáliích (96 % příjmu u kotyledonů hrachu, vs 74-82 % příjmu u loupaného ječmene a slupek hrachu). Výsledky lze shrnout, že hydratační vlastnosti a velikost částic poskytují cenné informace pro popis fermentace vlákniny v GIT. Nicméně tyto údaje není možné použít samotné jako indikátory rozsahu fermentace různých druhů vláknin. Výsledky také naznačily, že zdroj vlákniny a lignifikace buněčných stěn vede v průběhu GIT prasat k různým fermentačním procesům.

1.2.5 Vliv přidaných enzymů na stravitelnost sacharidů

Pozitivní vliv enzymů na stravitelnost živin a na užitkovost prasat u diet s obsahem hrachu zaznamenala řada vědeckých prací, např. **Baucells et al. (2000).** Autoři studovali vliv doplnění diety s obsahem cereálií, sóje, hrachu a α-galaktosidázy na ukazatele produkce, stravitelnosti a fermentace ve střevě u rostoucích prasat a prasat na konci růstu. Pokus byl rozdělen do dvou po sobě následujících period po 28 dnech (perioda růstu a konec růstu). Během každé z period byla prasnicím podávána dieta založená na cereáliích, sojové moučce a hrachu, doplněná nebo nedoplněná o 200 jednotek α-galaktosidázy na kg. Všechny diety obsahovaly 2 g Cr_2O_3 per kg jako indikátor pro stanovení stravitelnosti. Každé 2 týdny byl zaznamenán příjem krmiva a tělesná hmotnost a na konci každé periody byly odebrány fekální vzorky. Byl vypočítán průměrný denní přírůstek (ADG), koeficient konverze krmiva a fekální stravitelnost suché hmoty (DM), hrubých proteinů (CP) a neutrální detergentní vlákniny (NDF). Na konci experimentu bylo 9 prasat z každé diety vybráno a dalších 10 dní předtím, než byly poraženy, jim byla podávána konečná dieta. Byly odebrány vzorky tráveniny z ilea a caeca a byla určena stravitelnost monosacharidů. Byly stanoveny těkavé mastné kyseliny s krátkým řetězcem (SCVFA) a purinové báze (PB) v caecální hmotě. Použití α-galaktosidázy zlepšilo průměrný denní přírůstek ($P < 0,01$) a koeficient konverze krmiva ($P < 0,01$), se současným zvýšením fekální stravitelnosti sušiny ($P < 0,05$), hrubého proteiny ($P < 0,05$); a neutrální detergentní vlákniny ($P = 0,07$) během konečné periody. Doplnění o α-

galaktosidázu také zlepšilo ileální stravitelnost některých monosacharidů (galaktózy, rhamnózy, manózy a fruktózy) z frakce vlákniny v dietě (P < 0,05) a snížilo celkovou caecální koncentraci těkavých mastných kyselin s krátkým řetězcem (P = 0,15), podíl mastných kyselin s rozvětveným řetězcem (P < 0,001) a koncentraci celkových purinových bazí (P < 0,001). Výsledky ukázaly, že přidání α-galaktosidázy do diety cereálie-sojová moučka-hrách u prasat ve výkrmu zlepšuje průměrný denní přírůstek, konverzi krmiva, stravitelnost a snižuje množství fermentovatelného substrátu, který přechází do tlustého střeva.

1.2.6 Hrách jako proteinová komponenta v krmných směsích pro výkrm prasat

Hrách setý (*Pisum sativum* L.) jako zdroj proteinů v dietě prasat na konci výkrmu doporučují **Brand et al. (2000).** V uvedené práci je hodnocen kultivar hrachu (*Pisum sativum* L., Glenroy) (187 g/kg hrubého proteinu) jako alternativní proteinový zdroj v dietách pro prasata na konci výkrmu. Byly formulovány 4 diety se stejným obsahem živin (≈14,4 MJ/kg stravitelné energie DE, 160 g/kg hrubých proteinů, 9,3 g/kg lysinu, 5,3 g/kg methioninu a cysteinu, 2,1 g/kg tryptofanu) a to tak, že olejnaté výlisky ze sojového a kukuřičného šrotu byly nahrazeny zvyšujícím se množstvím hrachu (16, 32, 48 a 64 %). Výsledky experimentu dokazují, že příjem sušiny, průměrný denní přírůstek a konverze krmiva se při nejvyšší hladině začlenění hrachu do diety snížily. Obsah stravitelné energie a zadržování N z diety s 64% obsahem hrachu bylo signifikantně (P<0,05) nižší než u diet s obsahem 16 a 32 % hrachu. Tloušťka hřbetního tuku se signifikantně snížila ve skupině s 64 % hrachu, což vedlo k nižší jateční hmotnosti poražených zvířat. Na základě výsledků experimentu autoři doporučují do diet pro rostoucí prasata začlenit až 32 % hrachu kultivaru Glenroy.

Produkční parametry rostoucích prasat a prasat na konci výkrmu krmených loupaným a neloupaným hrachem s a bez dietních enzymů (0,25 % Allzyme PF a 0,5 % Biogal-S) sledovali **Thacker a Racz (2001)**. Do experimentu bylo zařazeno 80 hybridů selat (Large White x Landrace) s hmotností 9,9 kg. Jako kontrolní dieta byl použitý ječmen a sojový šrot. 8 vykastrovaných kanečků a 8 prasniček bylo krmeno každou z diet. Koeficienty stravitelnosti sušiny, hrubých proteinů a energie byly vyšší u diet s obsahem loupaného hrachu než u diet s neloupaným hrachem. Kromě toho doplnění o enzymy mírně zvýšilo stravitelnost všech tří živin. Během trvání experimentu (od 9,9 do 103,3 kg) nedošlo u odchovávaných prasat k odlišnostem v produkčních parametrech (P > 0,05) mezi prasaty krmenými sojovým šrotem a dietou založenou na hrachových produktech. Kromě toho nebyly odlišnosti v produkčních parametrech mezi prasaty krmenými dietou s obsahem loupaného nebo neloupaného hrachu

nebo mezi prasaty krmenými dietou s nebo bez dietních enzymů. Skupina vepřů rostla signifikantně rychleji, konzumovala více krmiva, ale měla nižší konverzi krmiva než prasničky (P < 0,05). Mezi prasaty krmenými dietami založenými na sojovém šrotu nebo hrachových produktech nebyly odlišnosti v jatečních charakteristikách. Jateční charakteristiky byly podobné u prasat krmených loupaným nebo neloupaným hrachem, rovněž doplnění krmiva o enzymy nemělo vliv na jateční ukazatele. Vepříci měli nižší index jateční hodnoty, odhadovaný výnos libového masa a výšku *m. longissimus dorsi* (P < 0,05). Tuk byl vyšší u kastrátů než u prasnic (P < 0,05). Celkové výsledky tohoto experimentu dokládají, že je málo důvodů pro to, aby se diety pro prasata s obsahem hrachu doplňovaly o enzymy. Kromě toho odslupkování výrazně nezlepšilo nutriční hodnotu hrachu. Protože tento proces úpravy zvyšuje náklady na výrobu produktu, jeho použití pravděpodobně nebude ekonomické.
Využitím hrachu ve výživě selat a výkrmu prasat se zabývali v ČR především **Zeman et al. (2008),** kteří ve své práci upozorňují na určitou nebezpečnost zkrmování velkých dávek hrachu, zejména u selat, v důsledku obsahu řady antinutričních látek (lektiny, třísloviny, inhibitory trypsinu). Na základě svých experimentů doporučují přídavek hrachu do kompletních krmných směsí do 20 %.

1.3 Využití hrachu ve výživě drůbeže

Semena krmného hrachu jako proteinová komponenta našla uplatnění i v krmivech určených k výživě drůbeže. Dokladem této skutečnosti je řada vědeckých publikací zabývajících se touto problematikou. Ze starších prací jde např. o práce autorů **Igbasan et al. (1997a).** V uvedené práci se autoři zabývají živinovým složením jednotlivých odrůd hrachu a dostupností energie a aminokyselin u drůbeže. V práci ověřovali dvanáct kultivarů hrachu (se žlutými, zelenými a hnědými semeny) s ohledem na chemické složení a stravitelnost u drůbeže. Hodnocení zahrnovalo analýzu proteinů, aminokyselin, tuku, škrobu, dietní vlákniny, popela, vápníku, fosforu a taninů. Hodnoty stravitelnosti aminokyselin byly stanoveny u dospělých kohoutků. Kultivary vykazovaly širokou škálu hodnot proteinů (207,5 až 264,0 g/kg) a škrobu (385,3 až 436,8 g/kg), které nesouvisely s barvou semen luštěniny. Mezi jednotlivými kultivary se koncentrace různých aminokyselin lišily. Kromě argininu se koncentrace všech ostatních esenciálních aminokyselin snižovaly se zvyšující se hladinou proteinů. Z deseti esenciálních aminokyselin včetně cysteinu jenom arginin pozitivně koreloval (r = 0,79) s obsahem proteinů. Obsah dietní vlákniny se pohyboval od 190,7 do 223,1 g/kg a její hodnoty byly o trochu vyšší u kultivarů s hnědými semeny. Kultivary s hnědými semeny

obsahovaly patrná množství taninů, zatímco kultivary se žlutými a zelenými semeny byly prosty taninů. Kultivary byly také téměř prosty tuku a vápníku, ale měly relativně vysoké hodnoty fosforu. Škrob a dietní vláknina negativně korelovaly s obsahem proteinů (r = -0,78 a -0,46, v uvedeném pořadí). Hodnoty TME se pohybovaly od 11,6 do 13,3 MJ/kg, zatímco hodnoty TMEn se pohybovaly od 11,0 do 12,9 MJ/kg. Průměrné hodnoty stravitelnosti aminokyselin se pohybovaly od vysokých hodnot 89,6 po nejnižší 75,0 %, sirné aminokyseliny (cystein a methionin) měly nejnižší hodnoty a glutamová kyselina nejvyšší hodnotu. U kultivarů s hnědými semeny byla tendence ($P \leq 0,05$) k nižší stravitelnosti aminokyselin. Lze shrnout, že zkoumané kultivary se lišily v chemickém složení, v obsahu metabolizovatelné energie a ve stravitelnosti aminokyselin.

Hodnocením stravitelnosti proteinů, škrobu a energetickou hodnotou peletovaných nebo nepeletovaných semen hrachu ze zimních nebo jarních kultivarů u dospělých a mladých kuřat se zabýval ve své publikaci **Carré (1991).** U 3týdenních kuřat a dospělých kohoutků byly stanoveny hodnoty stravitelnosti proteinů a škrobu a hodnoty metabolizovatelné energie, korigované na nulové zadržování dusíku (AMEn) u semen zralého hrachu (*Pisum sativum* L.) zimního (Frisson) a jarního kultivaru (Finale). U mladých kuřat byly hodnoty AMEn v porovnání s dospělými ptáky podobné, stravitelnost hrachového škrobu byla mírně nižší a zdánlivá stravitelnost hrachových proteinů byla mírně vyšší. Hodnoty AMEn, stravitelnosti škrobu a zdánlivé stravitelnosti proteinů byly obecně vyšší u jarního kultivaru než u zimního. Peletizace v porovnání s pomletím měla pozitivní vliv, hlavní účinek byl pozorován u hodnot AMEn a stravitelnosti škrobu. Vzorky trusu u mladých ptáků, kteří dostávali dietu s nepeletovaným zimním hrachem, byl rozdělen do čtyř frakcí, které se lišily velikostí částic. Hrubé částice (> 0,5 mm) trusu obsahovaly velkou část (73 %) nestráveného škrobu.

1.3.1 Výkrm kuřat pomocí diet obsahujících hrách

Ve třech experimentech hodnotili **Igbasan a Guenter (1996a)** nutriční hodnotu dvou produktů z hrachu, čipsů ze žlutého hrachu (YPC**)** a čipsů ze zeleného hrachu (GPC)**.** Produkty obsahovaly 298,3 a 281,3 g/kg hrubého proteinu, 7,28 a 7,10 g lysinu na 16 g N a 1,05 a 0,94 g methioninu na 16 g N u žlutého hrachu a zeleného hrachu, v uvedeném pořadí. Zdánlivá metabolizovatelná energie čipsů ze žlutého hrachu byla vyšší ($P < 0,05$) než u čipsů ze zeleného hrachu, 11,50 a 11,28 MJ/kg. Podobný výsledek byl také získán u stravitelnosti škrobu, 81,6 a 77,4 % ($P < 0,05$). V experimentu 2 byly nahrazeny čipsy ze žlutého nebo zeleného hrachu v dietě pro brojlery kukuřicí a sojovým šrotem v množství 0, 150, 300 a 450

g/kg. Přírůstek hmotnosti a koeficient konverze krmiva (FCR) byly podobné ($P > 0,01$) u kuřat krmených dietou se 150 g/kg čipsů ze žlutého hrachu (397,2 g, 1,41 kg/kg) nebo zeleného hrachu (390,4 g, 1,42 kg/kg) a u kontrolní diety (403,1 g, 1,38 kg/kg). Při začlenění v množství 300 a 450 g/kg se přírůstek hmotnosti (YPC - 377,9 a 345,5 g; GPC - 362,9 a 306,6 g) a koeficient konverze krmiva (YPC – 1,48 a 1,51; GPC – 1,47 a 1,61) vzhledem ke kontrolní dietě (403,1 g, 1,38) snížil ($P < 0.01$) u obou produktů. Spotřeba krmiva se zvyšující se hladinou hrachových čipsů v dietách snížila, ale tento vliv byl signifikantní ($P < 0,01$) jenom u diet, které obsahovaly 450 g čipsů/kg. V experimentu 3 byly diety s obsahem 300 g/kg čipsů ze žlutého nebo zeleného hrachu doplněny o dvě různá množství DL-methioninu, na úroveň 100 % a 120 % požadavků NRC. Užitkovost těchto ptáků byla nižší ($P < 0,01$), než u ptáků krmených kontrolní dietou. Fakt, že tyto vedlejší produkty hrachu při začlenění v množství 300 g/kg při současném doplnění o methionin nebyly schopny udržet stejné parametry výkonu brojlerů jako v případě kuřat krmených konvenční dietou založenou na kukuřici a sóji naznačuje, že by brojlerovým kuřatům neměla být podávána dieta s množství hrachu vyšším než 150 g/kg.

Ve druhé práci **Igbasan a Guenter (1996b)** provedli zhodnocení výsledků experimentu, při kterém byl studován vliv oloupání a mikronizace (infračervené zahřívání) na nutriční hodnotu třech kultivarů (Impala, Radley a Sirius) hrachu (*Pisum sativum* L.), které se liší barvou slupky u brojlerových kuřat. Oloupání zvýšilo ($P \leq 0,05$) obsah proteinů a škrobu a snížilo ($P \leq 0,05$) obsah vlákniny. Také se mírně zvýšila koncentrace většiny aminokyselin ($P \geq 0,05$). Mikronizace mírně změnila ($P \geq 0,05$) chemické složení hrachu. Obsah vlhkosti, proteinů, vlákniny a fosforu se lehce snížil. Koncentrace kyseliny asparágové, kyseliny glutamové, isoleucinu, lysinu, cysteinu, threoninu a tyrosinu se snížila ($P \leq 0,05$). U dospělých kohoutků se po mikronizaci zlepšily hodnoty skutečné metabolizovatelné energie TME_n, ale dostupnost lysinu se u kultivaru Impala, Radley a Sirius snížila o 11,3, 4,4, a 2,0 %, v uvedeném pořadí. Snížení bylo signifikantní u kultivaru ($P \leq 0,05$) Impala a Radley, ale u hrachu Sirius nebylo signifikantní. Aplikace mikronizace měla za následek signifikantní ($P \leq 0,05$) zlepšení (AME_n) zdánlivé stravitelnosti proteinů (APD) a stravitelnosti škrobu. Oloupání mělo malý nebo žádný vliv na AME_n (3,0 a 4,9 %), APD (-1,8 a -4,2 %) a stravitelnost škrobu (2,0 a 1,3 %) u kultivaru Impala (žlutá semena) a Radley (zelená semena), ale signifikantně se zlepšila ($P \leq 0,05$) AME_n (24,1 %), APD (26,8 %) a stravitelnost škrobu (12,1 %) u hrachu Sirius (hnědá semena). Ptáci krmení mikronizovaným hrachem rostli rychleji a měli lepší konverzi krmiva ($P \leq 0,05$), než ptáci krmení neopracovaným hrachem a kontrolní dietou s obsahem pšenice-sója. Přidání lysinu do diety s obsahem mikronizovaného hrachu dále zlepšilo ($P \geq$

0,05) přírůstek hmotnosti a konverzi krmiva kuřat brojlerů. Oloupání zlepšilo ($P \leq 0,05$) jenom produkční parametry kuřat krmených hrachem Sirius.

Stejní autoři, **Igbasan a Guenter (1996c),** hodnotili zvýšení nutriční hodnoty přidáním enzymu u kultivarů žlutého, zeleného a hnědého hrachu u nepeletovaných diet podávaných brojlerům. Ve třech experimentech byla hodnocena a studována možnost zvýšení krmné hodnoty žlutých, zelených a hnědých semen kultivarů hrachu u brojlerových kuřat. V prvním experimentu byla určena biologicky dostupná energie (zdánlivá metabolizovatelná energie AME_n)**,** zdánlivá stravitelnost proteinů (APD) a stravitelnost škrobu. Hodnoty AME_n, APD a stravitelnosti škrobu u diet se snížily ($P \leq 0,05$) po začlenění hrachu v množství 500 g/kg. AME_n a stravitelnost škrobu byla podobná ($P \geq 0,05$) u kultivarů se žlutými a zelenými semeny, ale nižší ($P \leq 0,05$) u kultivaru s hnědými semeny. Mezi kultivary byly zjištěny signifikantní odlišnosti ($P \leq 0,05$) v APD. Ve druhém experimentu byl zkoumán vliv podávání 0, 100, 200 a 400 g/kg těchto kultivarů na produkční parametry brojlerových kuřat. Zároveň byla hodnocena možnost zmírnění škodlivého vlivu antinutričních faktorů hrachu poskytnutím nadbytečného množství (115 % požadavků NRC) surových proteinů (CP) a esenciálních aminokyselin (EAAs) do diet s obsahem 400 g/kg hrachu. Začlenění hrachu do množství 200 g/kg neovlivnilo přírůstek hmotnosti, ale koeficient konverze krmiva (FCR) se snížil ($P \leq 0,05$) jen u diet s obsahem hrachu s hnědými semeny. Když byl hrách obsažen v množství 400 g/kg diety podávané kuřatům, přírůstky hmotnosti a koeficienty konverze krmiva se snížily ($P \leq 0,05$). Nicméně toto snížení bylo zmírněno dodáním zvýšeného množství surových proteinů a esenciálních aminokyselin do těchto diet. Spotřeba krmiva nebyla mírou začlenění hrachu ovlivněna. V pokusu 3 byl zkoumán vliv přidání pektinázy samotné nebo v kombinaci s proteázou do diet, ve kterých představoval hrách hlavní zdroj proteinů. Doplnění diet s obsahem 800 g/kg hrachu o samotnou pektinázu zvýšilo ($P \leq 0,05$) přírůstek hmotnosti o 7,3 % v porovnání s nedoplněnými dietami. Spotřeba krmiva se také zlepšila ($P \leq 0,05$) o stejnou hodnotu. Nicméně konverze krmiva nebyla ovlivněna. Nebyla pozorována další reakce na přidání proteázy do těchto diet. Lze shrnout, že brojleři tolerují až do 200 g/kg hrachu v dietě, uspokojivé parametry dosahují při 400 g/kg s podmínkou, že surové proteiny a esenciální aminokyseliny jsou dodány v 15% nadbytku vzhledem k požadavkům NRC. Přidání pektinázy do diet založených na hrachu zlepšilo přírůstek hmotnosti a spotřebu krmiva.

Doplňkem enzymů se ve své práci zabývali **Igbasan et al. (1997a)**. Jejich cílem bylo sledování vlivu doplňku pektinázy a α-galaktozidázy na nutriční hodnotu hrachu u brojlerových kuřat. 192 třídenních kohoutků bylo náhodně rozděleno k šesti pokusným dietám

s osmi replikáty po 4 jedincích na dietu. Do diet bylo začleněno pět různých úrovní pektinázy (0, 50, 75, 100 a 125 U/kg) a kombinace enzymů pektinázy (50 U/kg) a α-galaktosidázy (6250 U/kg). Pokus, který zkoumal produkční parametry, trval dva týdny. Exkrementy byly sbírány u tří diet za účelem určení zdánlivé metabolizovatelné energie korigované na dusík (AMEn). Míra růstu, příjem krmiva a konverze krmiva se u brojlerů krmených hrachovými dietami s odstupňovanými přídavky enzymu pektinázy nelišily od svých protějšků, brojlerů krmených dietou bez přídavku pektinázy; míra růstu se však zvýšila (P = 0,11). Také hodnoty AMEn těchto diet nebyly ovlivněny. Ve srovnání s kontrolní dietou mělo přidání kombinace pektinázy a α-galaktosidázy tendenci vést ke zlepšenému růstu (P = 0,06).

Na problematiku rezistentních proteinů hrachu (*Pisum sativum* L.) v trávícím traktu kuřat se zaměřili **Crévieu et al. (1997).** Tato studie měla určit, jestli struktura proteinů hrachu (*Pisum sativum* L.) může vysvětlit trávení proteinů hrachu. Bezdusíkatá dieta (NF) a dvě diety s obsahem buď celého hrachu nebo čisté globulinové frakce z hrachu byly podávány třítýdenním kuřatům. Na odhadnutí relativního stupně degradace proteinových subfrakcí v gastrointestinálním obsahu kuřat byla použita gelová elektroforéza s dodecylsulfátem sodným. Proteiny byly kvantifikovány pomocí analýzy obrázků obarvených Coomassie modří. Konvicilin vymizel už v ptačím žaludku. Legumin α a vicilin byly v žaludku stále přítomny, ale vymizely v jejunu. Polypeptidy, které přetrvávaly až do konce trávicího traktu, byly albumin PA2, lektin a polypeptidy s molekulární hmotností v rozmezí 19 500-25 000, které pravděpodobně pocházely z leguminu. Před terminálním ileem byl pozorován endogenní protein s molekulární hmotností 57 000. Zdánlivá stravitelnost ileálních proteinů byla vysoká a mírně nižší u diety s hrachem (89,5 %), než u diety s globulinem (93,3 %). Výsledky naznačují, že i když se zdálo, že některé proteiny z hrachu jsou méně citlivé vůči hydrolýze, v terminálním ileu tvořily jenom malé množství.

Podáváním směsi krmiv z celé kanoly/hrachu a celé kanoly/kanoly v dietě brojlerů se zabývali **Fasina et al. (1997)** při jejich ošetření peletizací parou nebo expanzí. Celá kanola smíšená s celým hrachem (1:1, WCP) nebo s kanolovou moučkou (3:1, WCC) představují ve výkrmu drůbeže komplementární doplňky s vysokým obsahem energie a proteinů. Směsi WPC a WCC byly během čtrnáctidenního experimentu podávány opracované i bez opracování (peletizace parou nebo expanze) brojlerovým kuřatům. Peletizovaná dieta WCP podporovala zvyšování tělesné hmotnosti a účinnost krmiva více než směs bez opracování (P < 0,05). Přírůstek tělesné hmotnosti a účinnost krmiva u kuřat krmených peletovaným WCP nebo WCC byly podobné hodnotám stanoveným při krmení expandovanými směsmi (P > 0,05), s nápadnou výjimkou expandované diety WCC, která měla nižší krmnou hodnotu. U

peletovaných nebo expandovaných směsí byly hodnoty stravitelnosti proteinů, retence dusíku, stravitelnosti tuků a zdánlivé metabolizovatelné energie korigované na N (AMEn) srovnatelné nebo lepší než u nezpracovaných směsí, opět s výjimkou expandované směsi WCC. Zpracované směsi měly vyšší hodnoty želatinovaného škrobu a nižší rozpustnost proteinů a index aktivity myrosinázy. Rozpustnost proteinů byla u expanované směsi WCC velmi nízká, což indikuje dalekosáhlé poškození teplem. Ačkoli měly expandované směsi nižší obsah glukosinolátů, neprojevilo se to ve zlepšení parametrů růstu ve srovnání s peletovanými směsmi. Výsledkem je, že u kuřat brojlerů byla nutriční hodnota peletovaných směsí přinejmenším ekvivalentní hodnotě expandovaných diet WCP a WCC.

Na tuto práci navázal experiment zabývající se testací směsi krmiv při kombinaci celé kanoly/hrachu a celé kanoly/kanoly v dietě kuřat brojlerů s cílem určení optimálních hladin a jejich začlenění do krmných směsí **Fasina a Campbell (1997).** Směs celé kanoly/hrachu (WCP, 1:1 váha/váha) nebo celé kanoly/kanolové moučky (WCC**,** 3:1, váha/váha) byla tepelně zpracována s použitím komerčního přístroje na výrobu pelet. Potom byla začleněna do počáteční diety brojlerů (den 0 - 20) a do diety na konci výkrmu (den 20 - 40) brojlerů. Přírůstek hmotnosti u brojlerů (den 0 - 40) krmených směsí celé kanoly/hrachu (0, 10, 20 nebo 30 %) nebo směsí celé kanoly/kanolové moučky (0, 5, 10 nebo 15 %) klesal lineárně ($P < 0,01$). Příjem krmiva klesal po křivce ($P < 0,01$) u obou směsí, nižší příjem krmiva byl zjevnější při vyšších úrovních začlenění hrachu do diety. Podíl krmivo/přírůstek se zvyšoval u brojlerů krmených směsí z celé kanoly/hrachu nebo směsí z celé kanoly/kanolové moučky ($P < 0,01$). Celková mortalita brojlerů se snižovala v závislosti na začlenění WCP ($P < 0,07$) nebo WCC ($P < 0,03$) v dietě. Ačkoli jasně nepozorovali omezení co se týká začleněného množství u uvedených směsí, nízký příjem krmiva u brojlerů krmených 15% WCC ukazoval, že úroveň začlenění této směsi do diety by neměla být vyšší než 10%.

1.3.2 Výživa nosnic pomocí diet s přídavkem hrachu

Existuje i několik vědeckých prací zabývajících se využitím hrachu v krmných směsích u nosnic.

Gruhn a Zander (1990) se zabývali vlivem různě vysokých dávek hrachu setého na stravitelnost živin u nosnic. Každá z pěti skupin po pěti nosnicích s kolostomií dostávala jednu z diet s hrachem, v množství 0, 15, 30, 45 a 60 g hrachu variety Grapis na zvíře a den, spolu s dávkou pšenice. Stravitelnost BNLV z hrachu se ve všech případech zvýšila při zvyšujícím se příjmu hrachu, takže stravitelnost organické hmoty hrachu se zvyšovala s

rostoucím množstvím. U variety hrachu Grapis byly stanoveny následující průměrné hodnoty stravitelnosti (z 20 hodnot): organická hmota 66,9 %, hrubý protein 78,5 %, hrubý tuk 48,7 %, BNLV 70,3 %.

Vlivem podávání žlutého, zeleného a hnědého hrachu na produkční parametry nosnic se zabývali **Igbasan a Guenter (1997a).** Byly provedeny dva experimenty, které měly zhodnotit krmnou hodnotu hrachu se žlutými, zelenými a hnědými semeny jako doplňku proteinů v dietách nosnic. V experimentu 1 byly do diet nosnic začleněny všechny tři typy hrachu v množství 0, 200, 400 a 600 g/kg, které nahradilo pšenici a sojovou moučku. Nosnice krmené dietou s obsahem hrachu v množství 200 g/kg vyprodukovaly více vajec ($P \leq 0,05$), měly vyšší tvorbu ($P \leq 0,05$) vaječné hmoty a lepší ($P \leq 0,01$) konverzi krmiva než nosnice krmené kontrolní dietou s obsahem sojového šrotu. Při množství 400 g hrachu/kg v dietách byla produkce vajec, vaječné hmoty a konverze krmiva podobná ($P \leq 0,05$) jako u kontrolní diety. Celkové nahrazení sojového šrotu hrachem (600 g hrachu/kg diety) snížilo ($P \leq 0,01$) produkci vajec, vaječnou hmotu a konverzi krmiva. Bylo pozorováno progresivní ($P \leq 0,01$) zlepšení barvy žloutku s tím, jak se hladina hrachu v dietě zvyšovala. Kvalita skořápky se snížila ($P \leq 0,05$) se zvyšující se hladinou žlutého nebo hnědého hrachu v dietách. Nicméně se zdálo, že při zeleném hrachu tato kvalita není ovlivněna. Denní příjem krmiva, váha vejce a mortalita nebyla dietou ovlivněna. V pokusu 2 byl zkoumán vliv podávání diet s obsahem žlutého nebo hnědého hrachu doplněného o různé množství methioninu na produkční parametry nosnic. Diety pozůstávaly z 400 g/kg žlutého nebo hnědého hrachu doplněného o tři různá množství methioninu 100, 115 a 130 % množství požadované NRC. Doplnění methioninu v množství o 15 nebo 30 % vyšším než jsou požadavky NRC u nosnic nemělo signifikantní vliv na žádné produkční parametry. Výsledky lze shrnout, že začlenění žlutého, zeleného nebo hnědého hrachu do diet nosnic až do množství 400 g/kg neovlivňuje produkční parametry. Doporučení NRC ohledně požadavků na methionin u nosnic jsou adekvátní a v případě diet s obsahem středních množství hrachu podporují maximální produkci vajec.

Vliv mikronizace, oloupání a doplněním o enzymy na nutriční hodnotu hrachu u nosnic studovali ve své práci **Igbasan a Guenter (1997b).** Byly provedeny dva experimenty, které měly určit vliv mikronizace (infračervené tepelné zpracování), oloupání nebo doplnění o enzymy na nutriční hodnotu třech kultivarů (Impala, Radley a Sirius) hrachu u nosnic. V experimentu 1 bylo 280 slepic White Leghorn krmeno dietou s obsahem mikronizovaného a loupaného hrachu po dobu 12 týdnů. Začlenění hrachu do diety bylo 600 g/kg (byla provedena korekce množství slupek v těch dietách, které obsahovaly loupaný hrách). Produkce vajec ($P \leq 0,05$), konverze krmiva ($P \geq 0,05$) a tvorba vaječné hmoty ($P \leq 0,05$) byla

nižší u nosnic krmených neopracovaným hrachem. Denní příjem krmiva, váha vejce a kvalita bílku nebyly ovlivněny. Produkce vajec, konverze krmiva a tvorba vaječné hmoty byla u nosnic krmených dietou s obsahem mikronizovaného hrachu a u nosnic krmených dietou krmenou kontrolní dietou pšenice-sója podobná. Kromě denního příjmu krmiva, který se snížil ($P \leq 0,05$), oloupání neovlivnilo ($P \geq 0,05$) krmnou hodnotu hrachu. V dalším experimentu byl hodnocen účinek začlenění surových enzymů (pektinázy). Pektináza byla do experimentálních diet začleněna v množstvích 0, 50 a 100 U/kg a podávána 252 nosnicím. Hladina začlenění hrachu do těchto diet byla 650 g/kg. Nebyl zaznamenán vliv enzymu na produkční parametry. Produkce vajec byly 81,9, 83,6 a 83,0%; konverze krmiva 1,61, 1,59, a 1,59 a tvorba vaječné hmoty 50,0, 51,2, a 50,3 při začleněném množství 0, 50, a 100 U/kg, v uvedeném pořadí. Z výsledku lze konstatovat, že z testovaných diet měla pozitivní vliv na krmnou hodnotu hrachu u nosnic jenom mikronizace.

2. Metodika

V laboratoři Ústavu výživy, zootechniky a zoohygieny FVHE, VFU Brno byl proveden chemický rozbor 11 odrůd hrachu setého *(Pisum sativum* L.*)* registrovaných ÚKZÚZ Brno v ČR: Zekon, Herold, Sponsor, Hardy, Terno, Baryton, Tudor, Concorde, Proplet, Slovan a Sully**.** Odrůdy byly získány z ÚKZÚZ Brno. Pro srovnání byly použity výsledky analýz 8 odrůd (Rita, Tundra, Moravia, Quito, Eirin, Korada, Bohemia a Vision) sojových bobů pěstovaných v ČR a získaných rovněž z ÚKZÚZ Brno.

Rozbory vzorků hrachu zahrnovaly stanovení uvedených živin: sušina, N-látky, tuk, vláknina, BNLV, škrob, organická hmota, popel, Ca, P, Mg, BE, ADF, ADL, NDF a tuk (po hydrolýze). Aminokyselinové spektrum bylo stanoveno po kyselé hydrolýze vzorku 6 N HCl při 110 °C po dobu 24 hodin automatickým analyzátorem aminokyselin AAA 400 (*firma INGOS a.s. Praha*) na základě barvotvorné reakce aminokyselin s oxidačním činidlem-ninhydrinem. Z aminokyselinového spektra byly sledovány následující aminokyseliny: kyselina asparágová (Asp), threonin (Thr), serin (Ser), kyselina glutamová (Glu), prolin (Pro), glycin (Gly), alanin (Ala), valin (Val), methionin (Met), isoleucin (Ile), leucin (Leu), tyrosin (Tyr), phenylalanin (Phe), histidin (His), lysin (Lys) a arginin (Arg).

Průměrná hodnota sledovaných ukazatelů v rámci jednotlivých odrůd hrachu byla porovnána s průměrnou hodnotou stanovenou u jednotlivých odrůd sóji.

3 Výsledky rozborů jednotlivých odrůd hrachu

V této části práce jsou uvedeny výsledky rozborů jednotlivých odrůd hrachu registrovaných v ČR. Přesto, že studie je zaměřena především na obsah proteinů a jejich kvalitu (aminokyselinové složení), je zde uveden (pro komplexnost výsledků) i obsah ostatních základních živin.

3.1 Výsledky analýz základních živin

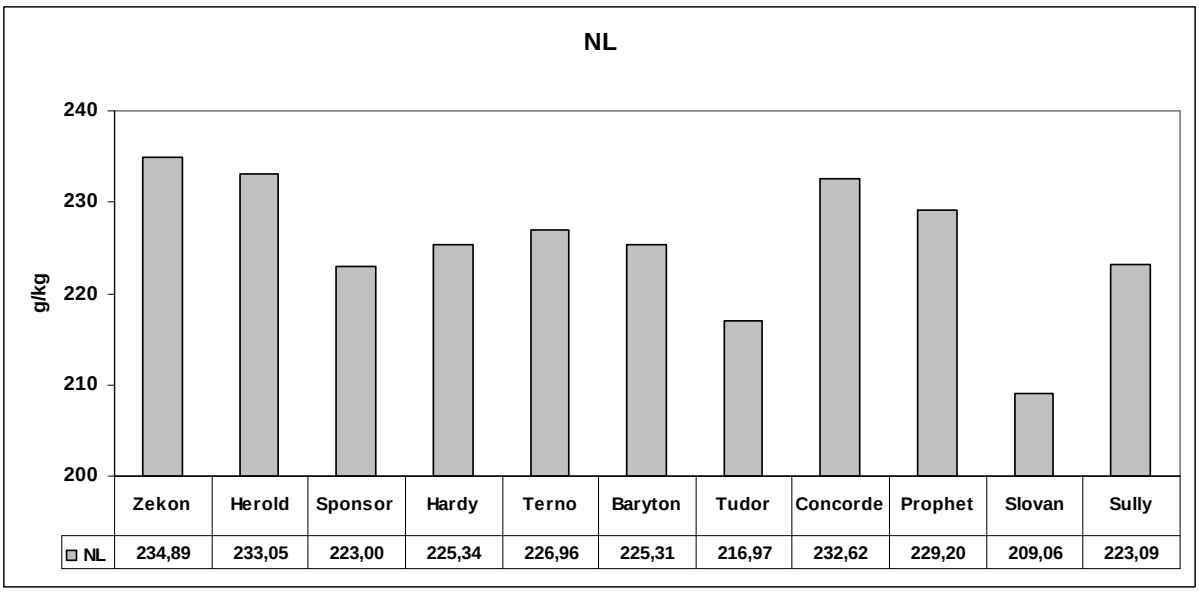
Výsledky analýz základních živin u jednotlivých odrůd hrachu (Zekon, Herold, Sponsor, Hardy, Terno, Baryton, Tudor, Concorde, Proplet, Slovan a Sully) jsou uvedeny v tabulce 2.

Hrách	Zekon	Herold	Sponsor	Hardy	Terno	Baryton	Tudor	Concorde	Prophet	Slovan	Sully
NL	234,89	233,05	223,00	225,34	226,96	225,31	216,97	232,62	229,20	209,06	223,09
Tuk	4,44	3,33	11,67	4,77	9,67	4,56	7,11	7,34	9,45	8,93	8,79
Vlák	52,89	58,35	55,56	53,15	51,02	55,44	56,96	58,52	56,27	63,18	58,00
BNLV	669,44	664,48	667,67	673,03	666,22	671,70	676,77	654,13	662,03	676,19	663,36
Škrob	504,33	503,89	501,44	508,04	508,73	514,39	518,10	496,72	501,67	510,55	503,95
OH	961,67	959,21	924,56	956,29	953,87	957,00	957,81	952,61	956,96	957,36	953,25
Popel	31,44	32,45	34,56	33,84	32,12	32,44	31,42	35,71	34,03	32,48	33,17
Ca	2,00	2,56	2,22	2,22	1,78	1,67	1,67	1,56	1,56	1,56	1,45
P	5,00	5,78	5,67	5,33	5,00	5,11	5,00	5,67	5,34	5,02	5,12
Mg	2,11	2,67	2,56	2,44	1,89	1,78	1,78	1,78	1,67	1,67	1,67
BE	18,33	18,23	18,22	18,20	18,23	18,11	18,10	18,13	18,24	18,31	18,15
ADF	78,44	87,02	78,11	77,44	72,58	71,21	73,84	78,76	70,84	79,14	74,25
ADL	2,44	3,45	2,44	2,44	2,22	2,22	2,33	2,56	2,22	2,46	2,34
NFD	460,44	467,88	427,22	509,71	432,81	416,40	489,56	448,10	469,19	508,54	514,30
Tuk (h)	28,42	24,66	27,43	24,88	27,05	25,15	24,92	25,33	28,73	28,42	23,02

Tabulka 2. Výsledky analýz 11 odrůd hrachu v g/kg (ME v MJ/kg)

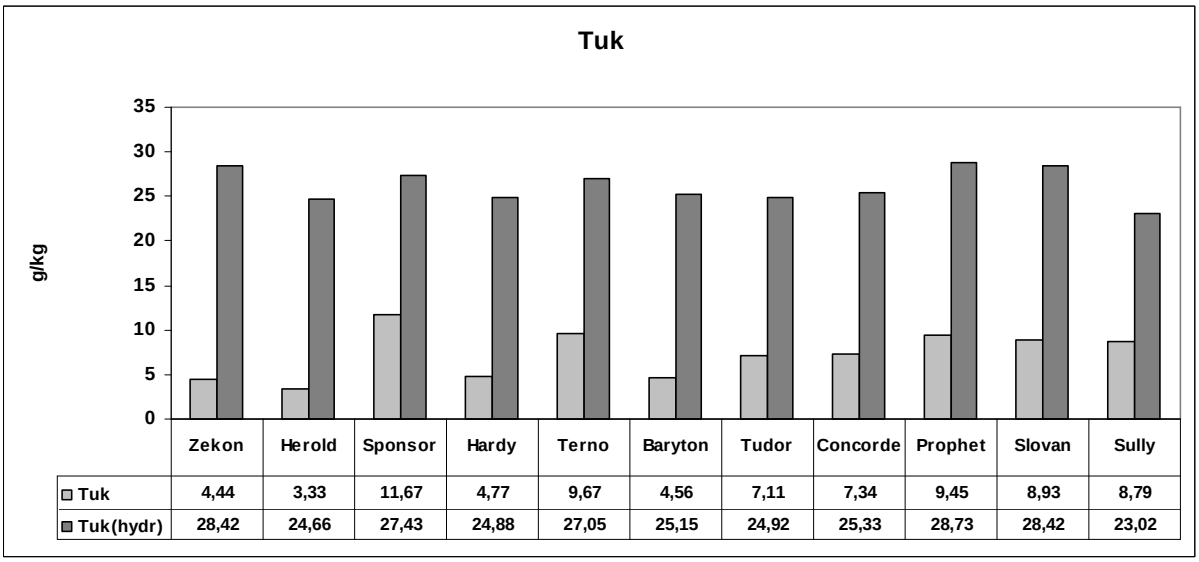
U jednotlivých živin bylo pozorováno určité kolísání hodnot mezi odrůdami, jak dokumentují níže uvedené grafy.

Dusíkaté látky u jednotlivých odrůd hrachu kolísaly v rozmezí hodnot od 209,06 (Slovan) do 234,89 g/kg (Zekon), jak uvádí graf 3.



Graf 3. Obsah dusíkatých látek (NL) v jednotlivých odrůdách semen hrachu

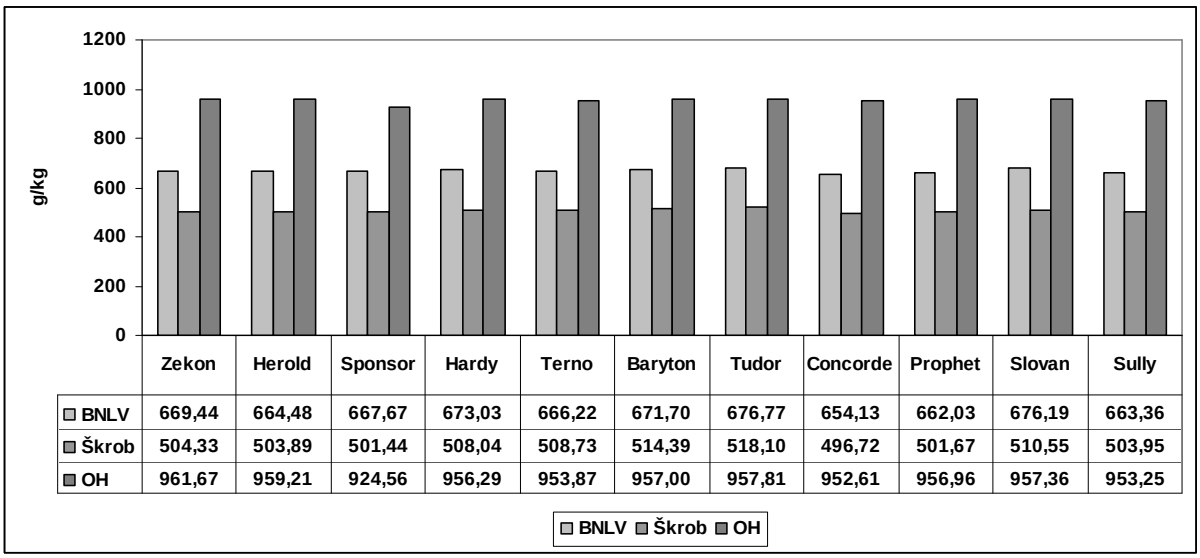
Obsah tuku (tuku po hydrolýze) u jednotlivých odrůd hrachu kolísal v rozmezí hodnot od 3,33 (Herold) do 11,67 g/kg (Sponsor) a od 23,02 (Sully)do 28,73 (Prophet) g/kg, jak dokumentuje graf 4. Z tohoto pohledu je nutné upozornit, že u luštěnin je výtěžnost tuku po hydrolýze mnohonásobně vyšší než po klasické extrakci podle Soxhleta. Proto při sestavování krmných směsí s obsahem hrachu by měla být tato skutečnost zohledněna (graf 4).



Graf 4. Obsah tuku v jednotlivých odrůdách semen hrachu

Obsahy bezdusíkatých látek výtažkových (BNLV), škrobu a organické hmoty (OH) kolísaly v rozmezí: BNLV od 654,13 (Concorde) do 676,77 (Tudor) g/kg, u škrobu od 496,72

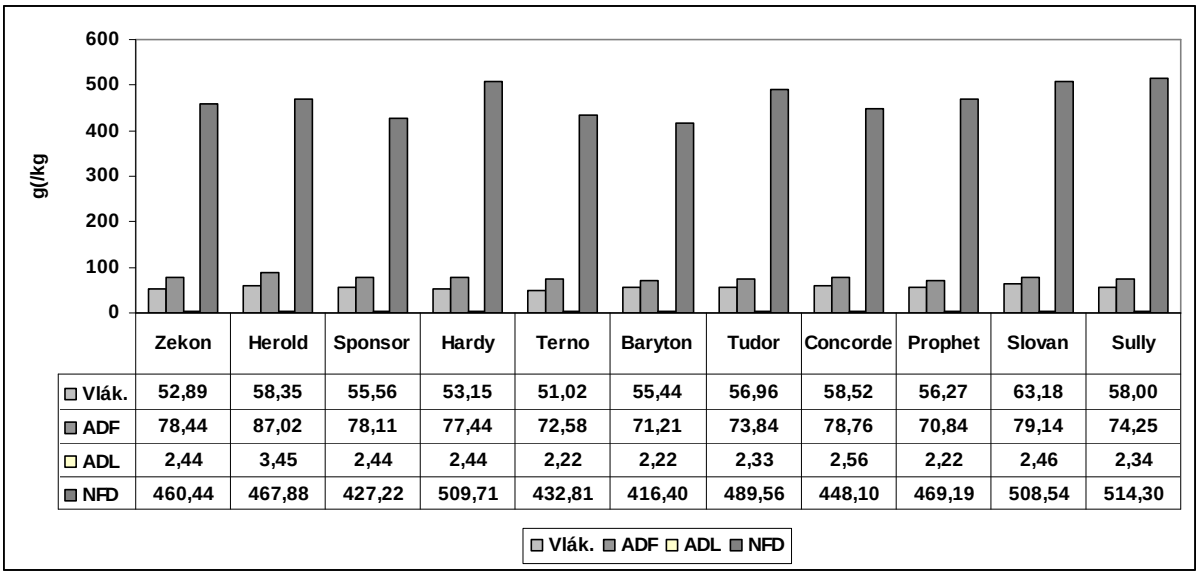
(Concorde) do 518,10 (Tudor) g/kg a u OH od 924,56 (Sponsor) do 961,67 (Zekon) g/kg, jak dokumentuje graf 5.



	Zekon	Herold	Sponsor	Hardy	Terno	Baryton	Tudor	Concorde	Prophet	Slovan	Sully
BNLV	669,44	664,48	667,67	673,03	666,22	671,70	676,77	654,13	662,03	676,19	663,36
Škrob	504,33	503,89	501,44	508,04	508,73	514,39	518,10	496,72	501,67	510,55	503,95
OH	961,67	959,21	924,56	956,29	953,87	957,00	957,81	952,61	956,96	957,36	953,25

Graf 5. Obsah BNLV, škrobu a organické hmoty v jednotlivých odrůdách semen hrachu

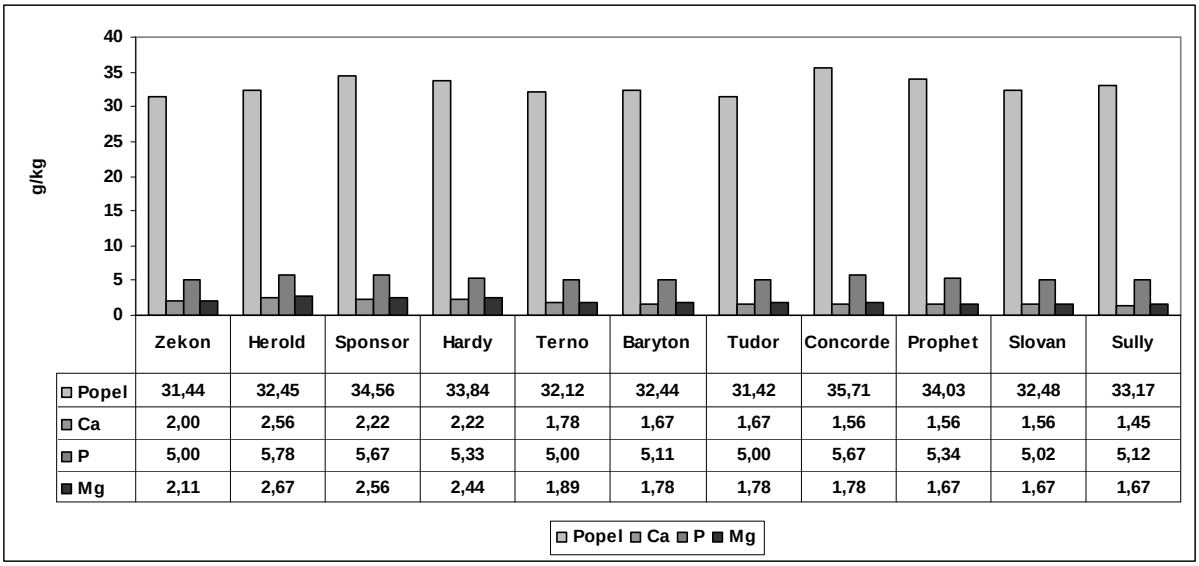
Obsahy hrubé vlákniny, ADF, ADL a NDF kolísaly u analyzovaných odrůd v rozmezí hodnot: vláknina od 51,02 (Terno) do 63,18 g/kg (Slovan), ADF od 70,84 (Prophet) do 87,02 g/kg (Herold), ADL od 2,22 (Terno, Baryton, Prophet) do 3,45 g/kg (Herold) a u NDF od 416,40 (Baryton) do 514,30 g/kg (Sully), jak dokumentuje graf 6.



	Zekon	Herold	Sponsor	Hardy	Terno	Baryton	Tudor	Concorde	Prophet	Slovan	Sully
Vlák.	52,89	58,35	55,56	53,15	51,02	55,44	56,96	58,52	56,27	63,18	58,00
ADF	78,44	87,02	78,11	77,44	72,58	71,21	73,84	78,76	70,84	79,14	74,25
ADL	2,44	3,45	2,44	2,44	2,22	2,22	2,33	2,56	2,22	2,46	2,34
NFD	460,44	467,88	427,22	509,71	432,81	416,40	489,56	448,10	469,19	508,54	514,30

Graf 6. Obsah vlákniny a vlákninových frakcí v jednotlivých odrůdách semen hrachu

Obsah popele, Ca, P a Mg nám dávají určitý obraz o základních minerálních substancích v jednotlivých odrůdách hrachu. Obsah popele kolísal u jednotlivých odrůd hrachu v rozmezí od 31,42 (Tudor) do 35,71 (Concorde) g/kg, obsah Ca od 1,45 (Sully) do 2,56 (Herold) g/kg, obsah P od 5,00 (Zekon) do 5,78 (Herold) g/kg a u Mg od 1,67 (Prophet, Slovan, Sully) do 2,67 (Herold) g/kg (graf 7).



	Zekon	Herold	Sponsor	Hardy	Terno	Baryton	Tudor	Concorde	Prophet	Slovan	Sully
Popel	31,44	32,45	34,56	33,84	32,12	32,44	31,42	35,71	34,03	32,48	33,17
Ca	2,00	2,56	2,22	2,22	1,78	1,67	1,67	1,56	1,56	1,56	1,45
P	5,00	5,78	5,67	5,33	5,00	5,11	5,00	5,67	5,34	5,02	5,12
Mg	2,11	2,67	2,56	2,44	1,89	1,78	1,78	1,78	1,67	1,67	1,67

Graf 7. Obsah popele, Ca, P a Mg v jednotlivých odrůdách semen hrachu

3.2 Rozdíly v nutriční hodnotě základních živin mezi semeny hrachu a sojovými boby

U většiny základních živin, jak uvádí tabulka 3, byly shledány u průměrných hodnot vysoce průkazné rozdíly ($P \leq 0,01$) mezi semeny hrachu a sojovými boby. Výjimkou byly pouze ADF a ADL, kde rozdíly mezi průměrnými hodnotami byly mezi průměry hodnoceny jako statisticky neprůkazné. Statisticky vysoce průkazně vyšší ($P \leq 0,01$) průměrné hodnoty byly stanoveny u sojových bobů oproti semenům hrachu u NL (+ 146,75 g/kg), tuku (+ 196,96 g/kg, vlákniny (+ 18,24 g/kg), popele (+ 21,94 g/kg), Ca (+ 0,97 g/kg), P (+ 2,37 g/kg), Mg (+ 1,21 g/kg), BE (+ 5,10 MJ). Na rozdíl od semen hrachu sojové boby obsahovaly v průměrných hodnotách statisticky vysoce průkazně nižší ($P \leq 0,01$) hodnoty BNLV (- 378,16 g/kg), škrobu (- 440,04 g/kg), NDF (- 293,65 g/kg) a průkazně ($P \leq 0,05$) nižší obsah organické hmoty (- 8,69 g/kg).

Hrách	Max	Min	x	Sn	v	Sója	Max	Min	x	Sn	v	P
NL	234,89	209,06	225,41	7,528	3,34	NL	460,70	337,50	372,16	37,313	10,03	P≤0,01
Tuk	11,67	3,33	7,28	2,684	36,88	Tuk	225,00	167,70	204,24	22,603	11,07	P≤0,01
Vlák.	63,18	51,02	56,30	3,324	5,90	Vlák.	89,80	61,40	74,54	9,743	13,07	P≤0,01
BNLV	676,77	654,13	667,73	6,703	1,00	BNLV	325,80	251,60	289,58	21,534	7,44	P≤0,01
Škrob	518,10	496,72	506,53	6,189	1,22	Škrob	76,90	45,80	66,49	10,799	16,24	P≤0,01
OH	961,67	924,56	953,69	10,016	1,05	OH	949,50	938,10	945,00	3,569	0,38	P≤0,05
Popel	35,71	31,42	33,06	1,345	4,07	Popel	61,90	50,50	55,00	3,569	6,49	P≤0,01
Ca	2,56	1,45	1,84	0,358	19,48	Ca	3,00	2,70	2,81	0,136	4,82	P≤0,01
P	5,78	5,00	5,28	0,303	5,73	P	9,20	5,60	7,65	1,190	15,56	P≤0,01
Mg	2,67	1,67	2,00	0,380	19,00	Mg	3,50	3,00	3,21	0,146	4,54	P≤0,01
BE	18,33	18,10	18,20	0,076	0,42	BE	23,70	22,80	23,30	0,338	1,45	P≤0,01
ADF	87,02	70,84	76,51	4,663	6,09	ADF	88,50	71,90	78,08	5,285	6,77	NS
ADL	3,45	2,22	2,47	0,344	13,93	ADL	4,40	1,10	3,13	1,221	39,07	NS
NFD	514,30	416,40	467,65	34,654	7,41	NDF	188,30	161,30	174,00	9,338	5,37	P≤0,01
Tuk(h)	28,73	23,02	26,18	1,903	7,27	Tuk(h)	243,50	187,70	223,71	21,278	9,51	P≤0,01

Tabulka 3. Rozdíly v nutriční hodnotě základních živin mezi semeny hrachu a sojovými boby

Z dietetického hlediska, podle výše uvedených ukazatelů, lze sojové boby hodnotit pozitivně pro jejich vyšší obsah NL, tuku, minerálních látek a obsah energie. Naopak za pozitivní u semen hrachu lze pokládat nižší obsah vlákniny a vyšší obsah BNLV představujících zejména škrob. U sojových bobů jsou v rámci BNLV zastoupeny škroby jen v malém množství, což naznačuje velké zastoupení především neškrobových polysacharidů, které snižují jejich dietetickou hodnotu (problematická stravitelnost).

3.3 Výsledky analýzy hrachových proteinů

Obecně lze kvalitu proteinů posoudit podle obsahu jednotlivých aminokyselin v hodnoceném krmivu a dále podle aminokyselinového spektra, tj. proporcionálního zastoupení jednotlivých aminokyselin (AA) v hodnoceném proteinu. Obsah AA v 11 odrůdách hrachu je uveden v tabulce 4.

Hrách	Zekon	Herold	Sponsor	Hardy	Terno	Baryton	Tudor	Concorde	Prophet	Slovan	Sully
NL	234,89	233,05	223,00	225,34	226,96	225,31	216,97	232,62	229,20	209,06	223,09
Asp	27,22	27,67	26,11	25,63	26,79	27,55	23,98	24,47	26,58	22,77	25,83
Thr	9,00	8,89	8,56	8,65	8,89	8,67	8,33	7,90	8,45	8,37	8,35
Ser	11,22	11,00	10,78	10,76	10,89	11,11	9,99	9,79	10,68	9,60	10,13
Glu	38,44	39,23	36,22	37,28	39,24	40,44	34,53	36,16	39,48	34,49	39,63
Pro	8,00	7,89	7,33	7,43	7,11	7,89	8,44	7,01	7,90	7,81	6,90
Gly	10,67	10,67	10,11	10,32	10,00	10,44	9,44	9,79	10,56	9,15	10,46
Ala	9,33	9,45	9,56	9,32	9,23	9,00	8,55	8,34	9,12	8,15	8,79
Val	11,11	11,22	10,44	10,87	10,78	10,55	10,10	9,34	10,68	9,38	10,46
Met	1,33	1,78	1,22	1,11	1,56	1,44	1,55	1,45	1,56	1,56	1,34
Ile	9,78	9,67	9,22	9,32	9,67	9,78	8,55	8,45	9,45	8,26	9,57
Leu	16,33	16,00	16,00	15,53	16,23	16,55	14,43	14,24	15,79	13,73	15,81
Tyr	7,33	7,45	7,11	7,32	6,78	7,22	5,88	6,12	7,34	5,80	6,46
Phe	11,33	11,89	11,00	10,65	11,23	11,00	9,66	9,46	10,45	9,38	10,80
His	5,89	5,89	6,00	5,88	5,89	6,00	4,77	5,45	5,56	4,69	5,68
Lys	16,22	16,67	15,78	15,98	16,34	16,11	14,88	14,68	16,01	14,40	16,03
Arg	21,22	23,23	18,89	21,19	19,56	20,66	18,99	19,36	20,69	17,19	20,26
ΣAA	214,44	218,60	204,33	207,26	210,18	214,42	192,09	192,01	210,30	184,73	206,50
NL/AA	1,10	1,07	1,09	1,09	1,08	1,05	1,13	1,21	1,09	1,13	1,08
AA(%)	91,30	93,80	91,63	91,97	92,61	95,17	88,54	82,54	91,75	88,36	92,56
EAA	102,22	105,25	97,11	99,19	100,14	100,77	91,27	90,33	98,64	86,95	98,30
NEAA	112,22	113,36	107,22	108,07	110,04	113,65	100,82	101,68	111,65	97,78	108,20
poměr	1,10	1,08	1,10	1,09	1,10	1,13	1,10	1,13	1,13	1,12	1,10

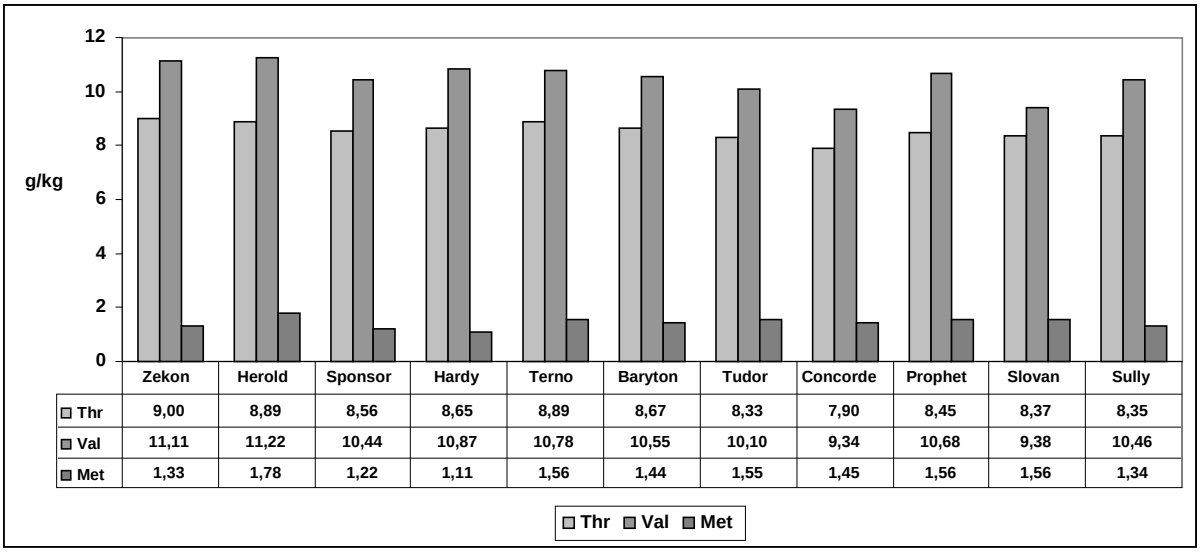
Tabulka 4. Výsledky analýzy hrachových proteinů

Z tabulky 4 je zřejmé, že ΣAA se v rámci sledovaných odrůd pohybovala v rozsahu od 184,73 (Slovan) do 218,60 (Herold) g/kg, přitom podíl AA z celkových NL představuje podle odrůdy 82,54 % (Concorde) do 95,17 % (Baryton). Obsah esenciálních aminokyselin (EAA) kolísá v rámci odrůd od 86,95 (Slovan) do 105,25 (Herold) g/kg a neesenciálních aminokyselin (NEAA) od 97,78 (Slovan) do 113,65 (Baryton) g/kg. Nejoptimálnější poměr NEAA/EAA, v rámci sledovaných odrůd, byl zjištěn u odrůdy Herold. Tento poměr 1 : 1,08 nám ukazuje na vyrovnané zastoupení NEAA a EAA.

3.4 Zastoupení esenciálních aminokyselin v jednotlivých odrůdách hrachu

Threonin, valin a methionin (graf 8) se u analyzovaných odrůd hrachu pohybovaly v rozmezí hodnot: u threoninu od 7,90 (Concorde) do 9,00 (Zekon) g/kg, u valinu od 9,34

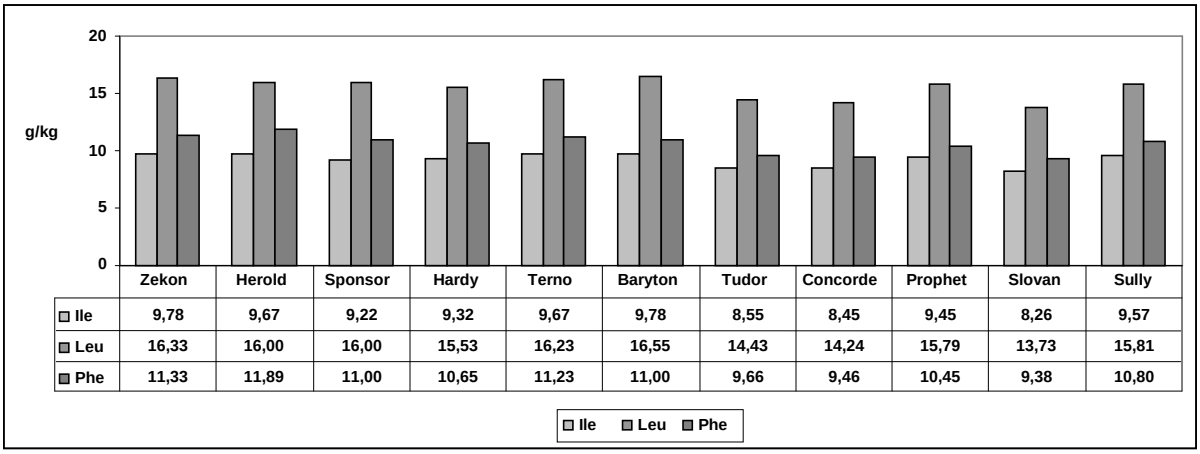
(Concorde) do 11,22 (Herold) g/kg a u methioninu od 1,11 (Hardy) do 1,78 (Herold) g/kg.



	Zekon	Herold	Sponsor	Hardy	Terno	Baryton	Tudor	Concorde	Prophet	Slovan	Sully
Thr	9,00	8,89	8,56	8,65	8,89	8,67	8,33	7,90	8,45	8,37	8,35
Val	11,11	11,22	10,44	10,87	10,78	10,55	10,10	9,34	10,68	9,38	10,46
Met	1,33	1,78	1,22	1,11	1,56	1,44	1,55	1,45	1,56	1,56	1,34

Graf 8. Obsah threoninu, valinu a methioninu v jednotlivých odrůdách semen hrachu

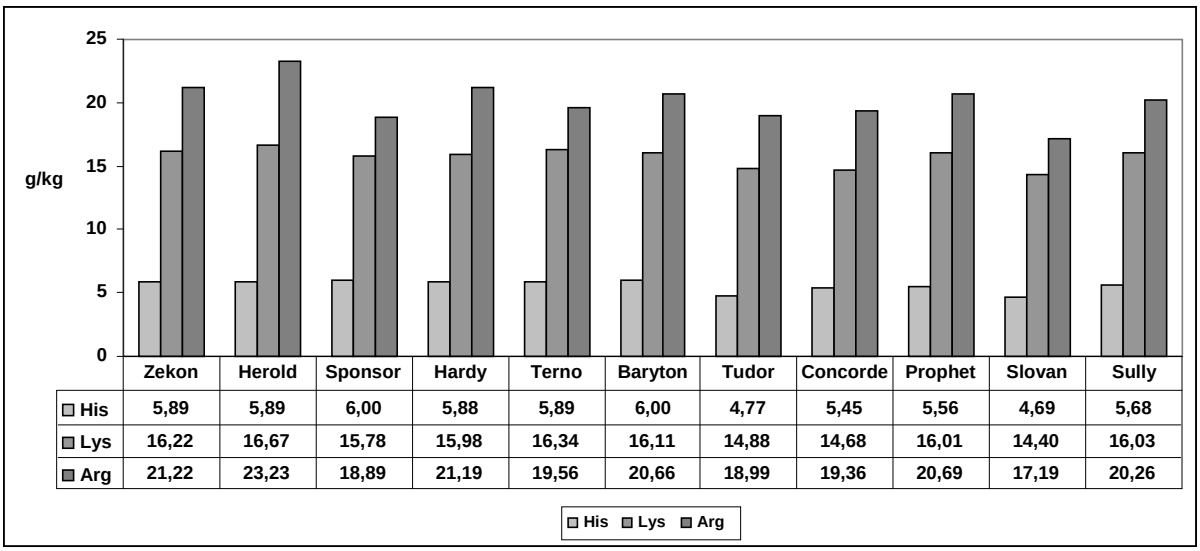
Isoleucin, leucin a valin (graf 9) se u analyzovaných odrůd hrachu pohybovaly v rozmezí hodnot: u isoleucinu od 8,26 (Slovan) do 9,78 (Zekon) g/kg, u leucinu od 13,73 (Slovan) do 16,55 (Baryton) g/kg a u phenylalaninu od 9,38 (Slovan) do 11,89 (Herold) g/kg.



	Zekon	Herold	Sponsor	Hardy	Terno	Baryton	Tudor	Concorde	Prophet	Slovan	Sully
Ile	9,78	9,67	9,22	9,32	9,67	9,78	8,55	8,45	9,45	8,26	9,57
Leu	16,33	16,00	16,00	15,53	16,23	16,55	14,43	14,24	15,79	13,73	15,81
Phe	11,33	11,89	11,00	10,65	11,23	11,00	9,66	9,46	10,45	9,38	10,80

Graf 9. Obsah isoleucinu, leucinu a valinu v jednotlivých odrůdách semen hrachu

Histidin, lysin, arginin (graf 10) se u analyzovaných odrůd hrachu pohybovaly v rozmezí hodnot: u histidinu od 4,69 (Slovan) do 6,00 (Baryton) g/kg, u lysinu od 14,40 (Slovan) do 16,67 (Herold) g/kg a u argininu od 17,19 (Slovan) do 23,23 (Herold) g/kg.

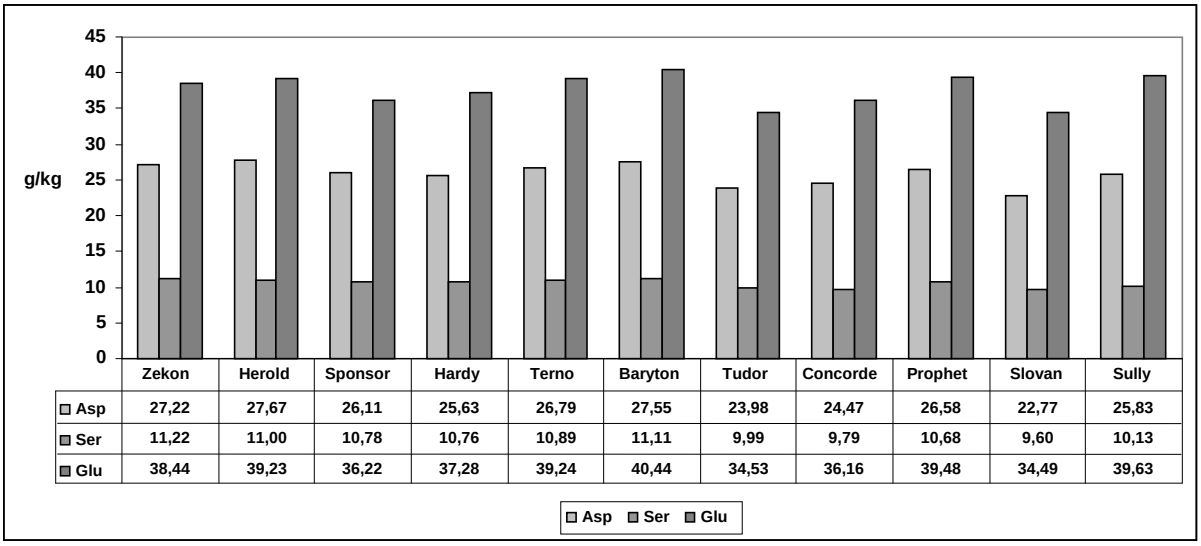


	Zekon	Herold	Sponsor	Hardy	Terno	Baryton	Tudor	Concorde	Prophet	Slovan	Sully
His	5,89	5,89	6,00	5,88	5,89	6,00	4,77	5,45	5,56	4,69	5,68
Lys	16,22	16,67	15,78	15,98	16,34	16,11	14,88	14,68	16,01	14,40	16,03
Arg	21,22	23,23	18,89	21,19	19,56	20,66	18,99	19,36	20,69	17,19	20,26

Graf 10. Obsah histidinu, lysinu a argininu v jednotlivých odrůdách semen hrachu

3.5 Zastoupení neesenciálních aminokyselin v jednotlivých odrůdách hrachu

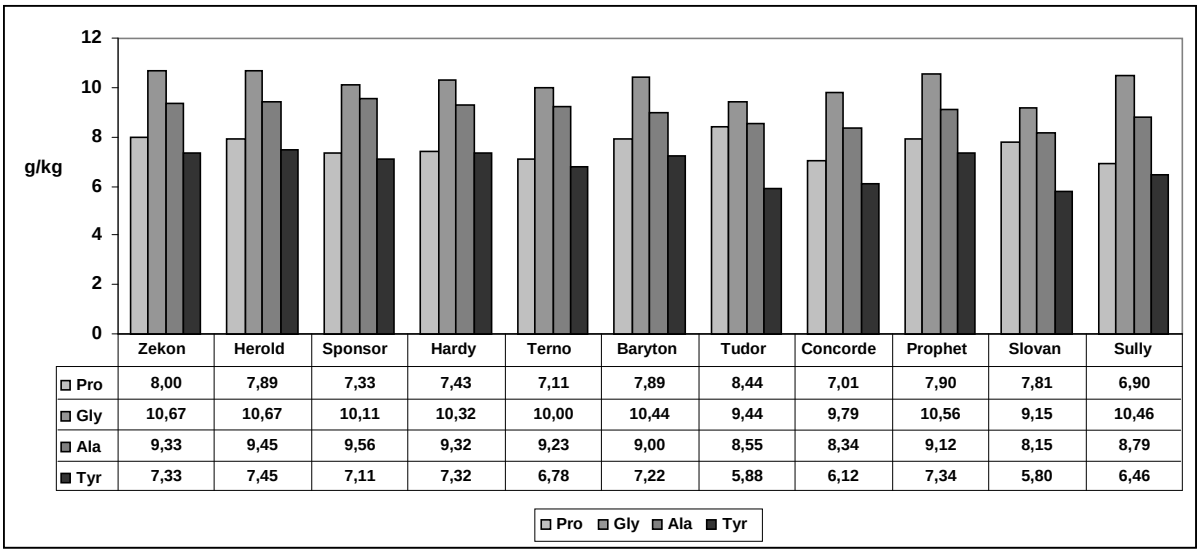
Kyselina asparágová, serin a kyselina glutamová (graf 11) se u analyzovaných odrůd hrachu pohybovaly v rozmezí hodnot: u kyseliny asparágové od 22,77 (Slovan) do 27,67 (Herold) g/kg, u serinu od 9,60 (Slovan) do 11,22 (Zekon) g/kg a u kyseliny glutamové od 34,49 ((Slovan) do 40,44 (Baryton) g/kg.



	Zekon	Herold	Sponsor	Hardy	Terno	Baryton	Tudor	Concorde	Prophet	Slovan	Sully
Asp	27,22	27,67	26,11	25,63	26,79	27,55	23,98	24,47	26,58	22,77	25,83
Ser	11,22	11,00	10,78	10,76	10,89	11,11	9,99	9,79	10,68	9,60	10,13
Glu	38,44	39,23	36,22	37,28	39,24	40,44	34,53	36,16	39,48	34,49	39,63

Graf 11. Obsah kyseliny asparágové, serinu a kyseliny glutamové v jednotlivých odrůdách semen hrachu

Prolin, glycin, alanin a tyrosin (graf 12) se u analyzovaných odrůd hrachu pohybovaly v rozmezí hodnot: u prolinu od 7,81 (Slovan) do 8,44 (Tudor) g/kg, u glycinu od 9,15 (Slovan) do 10,67 (Zekon, Herold) g/kg, u alaninu od 8,15 (Slovan) do 9,56 (Sponsor) g/kg a u tyrosinu od 5,80 (Slovan) do 7,45 (Herold) g/kg.



	Zekon	Herold	Sponsor	Hardy	Terno	Baryton	Tudor	Concorde	Prophet	Slovan	Sully
Pro	8,00	7,89	7,33	7,43	7,11	7,89	8,44	7,01	7,90	7,81	6,90
Gly	10,67	10,67	10,11	10,32	10,00	10,44	9,44	9,79	10,56	9,15	10,46
Ala	9,33	9,45	9,56	9,32	9,23	9,00	8,55	8,34	9,12	8,15	8,79
Tyr	7,33	7,45	7,11	7,32	6,78	7,22	5,88	6,12	7,34	5,80	6,46

Graf 12. Obsah prolinu, glycinu, alaninu a tyrosin v jednotlivých odrůdách semen hrachu

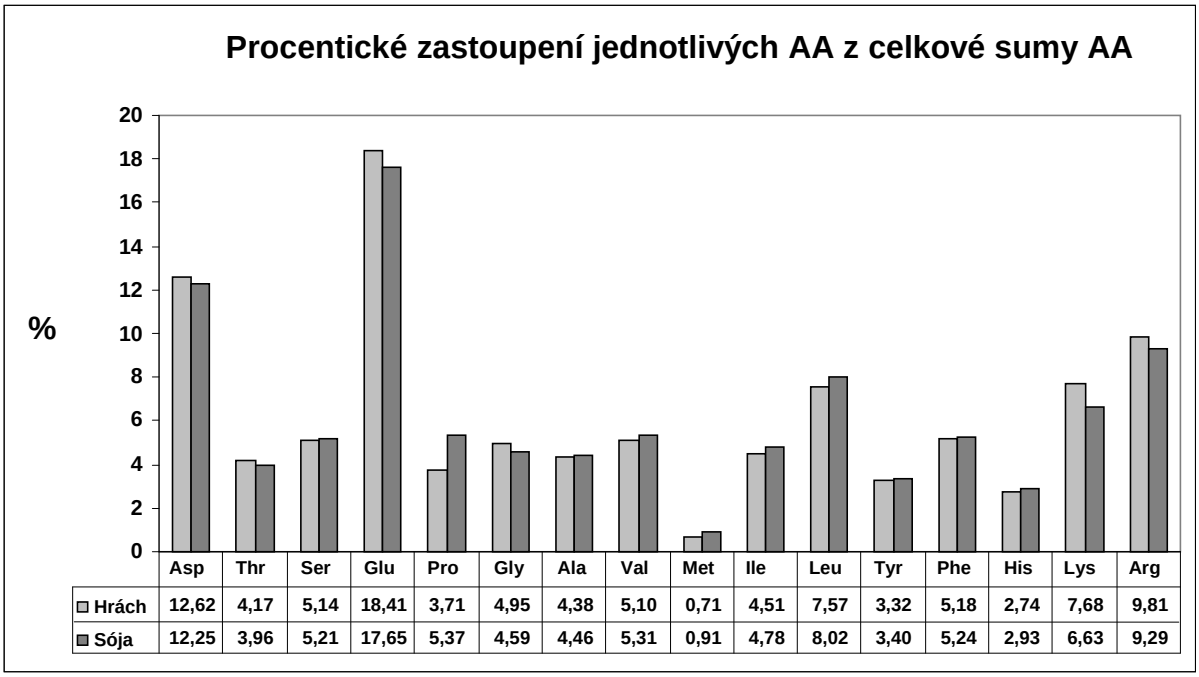
3.6 Rozdíly v nutriční hodnotě proteinů mezi semeny hrachu a sojovými boby

Rozdíly v nutriční hodnotě proteinů mezi semeny hrachu a sojovými boby jsou uvedeny v tabulce 5. Z výsledků je zřejmé, že sojové boby obsahují statisticky vysoce průkazně ($P \leq 0,01$) vyšší obsah prakticky všech stanovených AA. Tento vyšší obsah AA je dán vysoce průkazně ($P \leq 0,01$) vyšším obsahem N látek u sojových bobů 372,16 g/kg, oproti obsahu N látek v semenech hrachu 225,41 g/kg a i celkovou sumou AA 338,1 g/kg u sojových bobů, oproti 204,99 g/kg u semen hrachu. Při hodnocení kvality proteinu byl stanoven i obsah esenciálních (EAA) aminokyselin (Thr, Val, Met, Ile, Leu, Phe, His, Lys a Arg) a neesenciálních (NEAA) aminokyselin (Asp, Ser, Glu, Pro, Gly, Ala a Tyr) a jejich poměr. U hrachových semen byl obsah EAA a NEAA 97,29 g/kg a 107,70 g/kg, u sojových bobů 159,19 g/kg a 178,99 g/kg. Zajímavý je zejména poměr NEAA/EAA, který je téměř stejný u hrachového 1:1,11 a sójového 1:1,12 proteinu. Dokonce možno tvrdit, že hrachový protein je o něco kvalitnější z hlediska obsahu některých EAA než protein sojový.

Hrách	Max	Min	x	Sn	V	Sója	Max	Min	x	Sn	V	P
NL	234,89	209,06	225,41	7,528	3,34	NL	460,70	337,50	372,16	37,313	10,03	P≤0,01
Asp	27,67	22,77	25,87	1,565	6,05	Asp	49,40	36,30	41,44	3,770	9,10	P≤0,01
Thr	9,00	7,90	8,55	0,319	3,73	Thr	15,10	12,20	13,38	1,069	7,99	P≤0,01
Ser	11,22	9,60	10,54	0,563	5,34	Ser	21,20	16,10	17,61	1,682	9,55	P≤0,01
Glu	40,44	34,49	37,74	2,115	5,60	Glu	74,90	54,70	59,69	6,588	11,04	P≤0,01
Pro	8,44	6,90	7,61	0,483	6,35	Pro	22,50	16,40	18,15	2,097	11,55	P≤0,01
Gly	10,67	9,15	10,15	0,507	5,00	Gly	18,20	14,10	15,53	1,318	8,49	P≤0,01
Ala	9,56	8,15	8,98	0,467	5,20	Ala	17,60	13,60	15,09	1,302	8,63	P≤0,01
Val	11,22	9,34	10,45	0,623	5,96	Val	21,50	16,50	17,95	1,585	8,83	P≤0,01
Met	1,78	1,11	1,45	0,187	12,91	Met	4,80	2,30	3,09	0,808	26,17	P≤0,01
Ile	9,78	8,26	9,25	0,562	6,08	Ile	19,20	13,50	16,18	1,672	10,34	P≤0,01
Leu	16,55	13,73	15,51	0,942	6,07	Leu	31,90	24,60	27,11	2,361	8,71	P≤0,01
Tyr	7,45	5,80	6,80	0,629	9,24	Tyr	13,40	10,10	11,49	1,032	8,98	P≤0,01
Phe	11,89	9,38	10,62	0,816	7,69	Phe	22,50	15,80	17,73	2,178	12,29	P≤0,01
His	6,00	4,69	5,61	0,468	8,35	His	12,00	9,10	9,93	0,911	9,18	P≤0,01
Lys	16,67	14,40	15,74	0,739	4,70	Lys	25,60	20,50	22,3	1,807	8,06	P≤0,01
Arg	23,23	17,19	20,11	1,579	7,85	Arg	43,50	26,90	31,425	5,311	16,90	P≤0,01
ΣAA	218,60	184,73	204,99	10,825	5,28	ΣAA	411,10	304,80	338,18	32,802	9,70	P≤0,01

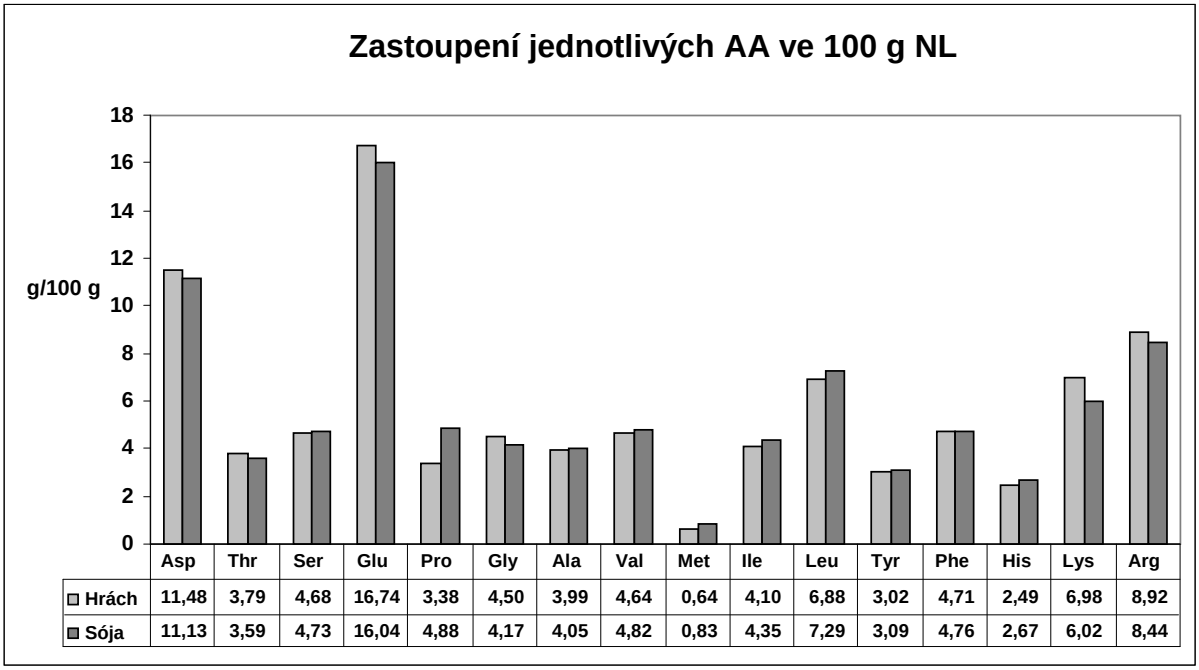
Tabulka 5. Rozdíly v obsahu aminokyselin mezi semeny hrachu a sojovými boby

Vysokou kvalitu hrachového proteinu dokládá i následující graf.



Graf 13. Rozdíly v AA spektru hrachového a sojového proteinu

Z výše uvedeného grafu vyplývá, že aminokyselinové spektrum hrachového proteinu je velmi podobné aminokyselinovému spektru proteinu sojového. Dokonce obsahuje vyšší zastoupení některých EAA jako Thr, Lys a Arg. Oproti sojovému proteinu obsahuje hrachový protein o něco méně Val, Met, Ile a Leu. Tuto skutečnost dokumentuje i graf 14.



	Asp	Thr	Ser	Glu	Pro	Gly	Ala	Val	Met	Ile	Leu	Tyr	Phe	His	Lys	Arg
Hrách	11,48	3,79	4,68	16,74	3,38	4,50	3,99	4,64	0,64	4,10	6,88	3,02	4,71	2,49	6,98	8,92
Sója	11,13	3,59	4,73	16,04	4,88	4,17	4,05	4,82	0,83	4,35	7,29	3,09	4,76	2,67	6,02	8,44

Graf 14. Rozdíly v zastoupení jednotlivých AA v hrachovém a sojovém proteinu

4 Závěr

Z dosažených výsledků lze konstatovat, že hrachové semeno obsahuje významně nižší obsah N-látek a s tím související i nižší obsah jednotlivých aminokyselin. Kvalita hrachového proteinu, hodnoceno na základě aminokyselinového spektra, je srovnatelná s proteinem sojovým. Hrachový protein, ve srovnání se sojovým, obsahuje vyšší zastoupení Thr, Lys a Arg a nižší zastoupení Val, Met, Ile a Leu. Proto, při sestavování krmných směsí s vysokým podílem hrachu, je nutné uvedené aminokyseliny, především methionin, doplnit.

Při použití semen hrachu v krmivech určených k výživě hospodářských zvířat, je nutné zohlednit i použitou odrůdu. Výsledky dokládají, že mezi odrůdami existují u jednotlivých živin, ale i antinutričních látek, významné meziodrůdové rozdíly. Z dietetického hlediska se jeví ke krmení jako velmi vhodná zejména odrůda Herold a Zekon (nízká aktivita inhibitoru trypsinu) obsahující velké zastoupení N-látek, ale mají i výborné aminokyselinové složení proteinu.

5 Literatura

Baucells F, Pérez JF, Morales J, Gasa J (2000): Effect of α-galactosidase supplementation of cereal-soya-bean-pea diets on the productive performances, digestibility and lower gut fermentation in growing and finishing pigs. Journal of Animal Science, 71 (1): 157-164

Brand TS, Brandt DA, Van Der Merwe JP, Cruywagen CW (2000): Field peas (Pisum sativum L.) as protein source in diets of growing-finishing pigs. Journal of Applied Animal Research, 18 (2): 159-164

Canibe N, Bach Knudsen KE (1997): Digestibility of dried and toasted peas in pigs. 1. Ileal and total tract digestibilities of carbohydrates. Animal Feed Science and Technology, 64 (2-4): 293-310

Canibe N, Eggum BO (1997): Digestibility of dried and toasted peas in pigs. 2. Ileal and total tract digestibilities of amino acids, protein and other nutrients. Animal Feed Science and Technology, 64 (2-4): 311-325

Canibe N, Bach Knudsen KE, Eggum BO (1997): Apparent digestibility of non-starch polysaccharides and short chain fatty acids production in the large intestine of pigs fed dried or toasted peas. Acta Agriculturae Scandinavica-Section A: Animal Science, 47 (2): 106-116

Canibe N, Erik K, Knudsen B (2002): Degradation and physicochemical changes of barley and pea fibre along the gastrointestinal tract of pigs. Journal of the Science of Food and Agriculture, 82 (1): 27-39

Carré B (1991): Evaluation of protein and starch digestibilities and energy value of pelleted or unpelleted pea seeds from winter or spring cultivars in adult and young chickens. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 39 (3): 468-472

Crévieu I, Carré B, Chagneau AM, Quillien L, Guéguen J, Bérot S (1997): Identification of Resistant Pea (Pisum sativum L. L.) Proteins in the digestive tract of chickens. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 45 (4): 1295-1300

Fan MZ, Sauer WC (1995): Determination of apparent ileal amino acid digestibility in peas for pigs with the direct, difference and regression methods. Livestock Production Science, 44 (1): 61-72

Fasina YO, Campbell GL, Tyler RT (1997a): Whole canola/pea and whole canola/canola meal blends in diets for broiler chickens 1. Evaluation of steam-pelleting or expansion processing. Canadian Journal of Animal Science, 77 (2): 185-190

Fasina YO, Campbell GL (1997b): Whole canola/pea and whole canola/canola meal blends in diets for broiler chickens 2. Determination of optimal inclusion levels. Canadian Journal of Animal Science, 77 (2): 191-195

Gatel F, Grosjean F (1990): Composition and nutritive value of peas for pigs: A review of European results. Livestock Production Science, 26 (3): 155-175

Gdala J, Buraczewska L (1997): Ileal digestibility of pea and faba bean carbohydrates in growing pigs. Journal of Animal and Feed Sciences, 6 (2): 235-245

Goodlad JS, Mathers JC (1991): Digestion by pigs on non-starch polysaccharides in wheat and raw peas (Pisum sativum L.) fed in mixed diets. British Journal of Nutrition, 65 (2): 259-270

Grosjean F, Jondreville C, Williatte-Hazouard I, Skiba F, Carrouée B, Gâtel F (2000): Ileal digestibility of protein and amino acids of feed peas with different trypsin inhibitor activity in pigs. Canadian Journal of Animal Science, 80 (4): 643-652

Gruhn K, Zander R (1990): The effect of different high doses of field peas on the digestibility of their crude nutrients in colostomized laying hens [Untersuchungen zum Einfluss verschieden hoher Gaben an Futtererbsen auf die Verdaulichkeit ihrer Rohnährstoffe bei kolostomierten Legehennen.]. Archiv fur Tierernahrung, 40 (4): 297-303

Igbasan FA, Guenter W (1996a): The feeding value for broiler chickens of pea chips derived from milled peas (Pisum sativum L. L.) during air classification into starch fractions. Animal Feed Science and Technology, 61 (1-4): 205-217

Igbasan FA, Guenter W (1996b): The enhancement of the nutritive value of peas for broiler chickens: an evaluation of micronization and dehulling processes. Poultry Science, 75 (10): 1243-1252

Igbasan FA, Guenter W (1996c): The evaluation and enhancement of the nutritive value of yellow-, green- and brown-seeded pea cultivars for unpelleted diets given to broiler chickens. Animal Feed Science and Technology, 63 (1-4): 9-24

Igbasan FA, Guenter W, Slominski BA (1997a): Field peas: Chemical composition and energy and amino acid availabilities for poultry. Canadian Journal of Animal Science, 77 (2): 293-300

Igbasan FA, Guenter W, Slominski BA (1997b): The effect of pectinase and α-galactosidase supplementation on the nutritive value of peas for broiler chickens. Canadian Journal of Animal Science, 77 (3): 537-539

Igbasan FA, Guenter W (1997a): The influence of feeding yellow-, green- and brown-seeded peas on production performance of laying hens. Journal of the Science of Food and Agriculture, 73 (1): 120-128

Igbasan FA, Guenter W (1997b): The influence of micronization, dehulling, and enzyme supplementation on the nutritional value of peas for laying hens. Poultry Science, 76 (2): 331-337

Leterme P, Beckers Y, Thewis A (1990): Trypsin inhibitors in peas: Varietal effect and influence on digestibility of crude protein by growing pigs. Animal Feed Science and Technology, 29 (1-2): 45-55

Leterme P, Théwis A, Van Leeuwen P, Monmart T, Huisman J (1996): Chemical composition of pea fibre isolates and their effect on the endogenous amino acid flow at the ileum of the pig. Journal of the Science of Food and Agriculture, 72 (1): 127-134

Mariscal-Landín G, Lebreton Y, Sève B (2002): Apparent and standardised true ileal digestibility of protein and amino acids from faba bean, lupin and pea, provided as whole

seeds, dehulled or extruded in pig diets. Animal Feed Science and Technology, 97 (3-4): 183-198

Mezlík. T (2008): Odrůdová skladba hrachu polního, sóji, lupiny a bobu polního. Farmář, 9: 14-18

Mezlík T (2009): Seznam doporučených odrůd 2009. ÚZKÚZ Brno, 149-163. ISBN 978-80-7401-016-3

O'Doherty JV, Keady U (2000): The nutritive value of extruded and raw peas for growing and finishing pigs. Animal Science, 70 (2): 265-274

O'Doherty J.V, Keady U (2001): The effect of expander processing and extrusion on the nutritive value of peas for pigs. Animal Science, 72 (1): 43-53

Owusu-Asiedu A, Baidoo SK, Nyachoti CM (2002): Effect of heat processing on nutrient digestibility in pea and supplementing amylase and xylanase to raw, extruded or micronized pea-based diets on performance of early-weaned pigs. Canadian Journal of Animal Science, 82 (3): 367-374

Simoongwe V, Timuni M, Phoya RKD, Wollny CBA (2001): Performance of Large White and local Malawian pigs fed cowpea, soybean, or pigeon pea based rations. Indian Journal of Animal Sciences, 71 (11): 1085-1086

Šťastný J (2009): Hrachová siláž – řešení bílkovinné výživy dojnic. Krmivářství, 2: 22-23

Tatarčíková L (2008): Hrách na všechny způsoby. Krmivářství, 5: 31-32

Thacker PA, Racz VJ (2001): Performance of Growing/Finishing Pigs Fed Hulled and Dehulled Peas with and Without Dietary Enzymes. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 14 (10): 1434-1439

Vach M, Javůrek M (2009a): Možnosti využití produkce luskovin. Agromagazin, 6: 24-28

Vach M (2009b):Větší uplatnění luskovin ve struktuře plodin, zejména při hospodaření bez živočišné produkce. Agromagazin, 2: 20-26

Van Barneveld RJ, Batterham ES, Norton BW (1994a): The effect of heat on amino acids for growing pigs: 1 - A comparison of ileal and faecal digestibilities of amino acids in raw and heat-treated field peas (Pisum sativum L. cultivar Dundale).British Journal of Nutrition, 72 (2): 221-241

Van Barneveld RJ, Batterham ES, Norton BW (1994b): The effect of heat on amino acids for growing pigs: 2 - Utilization of ileal-digestible lysine from heat-treated field peas (Pisum sativum L. cultivar Dundale). British Journal of Nutrition, 72 (2): 243-256

Van Barneveld RJ, Batterham ES, Norton BW (1994c): The effect of heat on amino acids for growing pigs: 3 - The availability of lysine from heat-treated field peas (Pisum sativum L. cultivar Dundale) determined using the slope-ratio assay. British Journal of Nutrition, 72 (2): 257-275

Van Barneveld JV, Batterham ES, Skingle DC, Norton BW (1995): The effect of heat on amino acids for growing pigs - 4: Nitrogen balance and urine, serum and plasma omposition of growing pigs fed on raw or heat-treated field peas (Pisum sativum L.). British Journal of Nutrition, 73 (2): 259-273

Zeman L, Večerek M, Mareš P, Chyba D (2008) Možnosti využití luskovin ve výživě selat a vykrmovaných prasat. Agromagazín, 9: 46-50