

Vědecký výbor výživy zvířat

Nutriční a dietetická hodnota tuzemských proteinových krmiv jako alternativa sóji a sójových produktů Část III – Amarant jako alternativní proteinové krmivo

**Doc. MVDr. Ivan Herzig, CSc.
Ing. Bohumila Písařiková,
Prof. MVDr. Ing. Pavel Suchý, CSc.
Doc. Ing. Eva Straková, PhD.**

Praha, září 2007



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

OBSAH

I. Souhrn literárních poznatků	4
1. Úvod	4
2. Botanické zařazení amarantu a jeho historie	5
3. Pěstování amarantu	6
4. Chemické složení semen a listů amarantu	6
4.1 Proteiny, aminokyseliny a možnosti jejich využití	8
4.2 Sacharidy	8
4.2.1 Škrob	8
4.2.2 Vláknina	9
4.3 Lipidy	9
4.3.1 Mastné kyseliny	9
4.3.2 Steroly	10
4.3.3 Skvalen	10
4.4 Vitamíny a minerální látky	11
5. Antinutriční látky amarantu	12
6. Plasmové lipoproteiny a jejich úloha při transportu cholesterolu	13
7. Vliv mastných kyselin a skvalenu obsažených v amarantu na hladinu cholesterolu	14
8. Využití amarantu	16
8.1 Potravinářské využití amarantu	16
8.2 Využití amarantu jako krmiva	17
8.3 Průmyslové a další využití amarantu	18
II. Souhrn výsledků získaných při laboratorních analýzách a v pokusech na zvířatech	19
9. Výsledky laboratorních zkoušek	19
9.1 Obsah živin v sušené nadzemní biomase <i>Amaranthus cruentus</i> a <i>A. hypochondriacus</i>	19
9.2 Obsah nerozpustné vlákniny a hladiny N-látek v sušené nadzemní biomase <i>Amaranthus cruentus</i> a <i>A. hypochondriacus</i>	21
9.3 Obsah živin, aminokyselin a mastných kyselin v amarantových surovinách – krmné amarantové mouce, popovaném amarantovém zrnu a sušené biomase amarantu	22
9.4 Obsah dusíkatých látek, stravitelných dusíkatých látek a jednotlivých složek vlákniny (NDF, ADF) vybraných odrůd neošetřeného a tepelně ošetřeného zrna <i>Amaranthus cruentus</i> , <i>A. hypochondriacus</i> , <i>A. caudatus</i> a <i>A. hybridus</i>	24
9.5 Obsah aminokyselin a biologická hodnota bílkoviny vybraných odrůd neošetřeného a tepelně ošetřeného zrna <i>Amaranthus cruentus</i> , <i>A. hypochondriacus</i> , <i>A. caudatus</i> a <i>A. hybridus</i>	25
9.6 Obsah těkavých organických sloučenin v surovém a tepelně upraveném zrnu a sušené biomase amarantu (<i>Amaranthus</i> L.)	28
10. Výsledky krmných pokusů	31
10.1 Stravitelnost diet s obsahem neošetřeného a tepelně ošetřeného zrna amarantu u kuřecích brojlerů	31
10.2 Produkční účinnost diet s obsahem amarantových surovin u kuřecích brojlerů	32
10.3 Využití amarantového zrna neošetřeného a tepelně ošetřeného ve vegetabilních	

dietetických pro brojlerová kuřata, vliv na ukazatele užitekosti a vybrané biochemické ukazatele	34
10.4 Vliv diet s obsahem amarantových surovin na jatečné ukazatele a kvalitu masa kuřecích brojlerů	35
10.5 Produkční účinnost diet s obsahem amarantových surovin u prasat ve výkrmu	38
10.6 Vliv diet s obsahem amarantových surovin na jatečné ukazatele a kvalitu masa prasat ve výkrmu	41
10.7 Ověření diet s obsahem amarantových surovin u kuřecích brojlerů v provozních podmínkách	42
10.8 Návrh optimalizovaných krmných směsí pro I. a II. fázi výkrmu brojlerových kuřat s náhradou živočišných zdrojů bílkovin amarantem	44
11. Závěry	45
12. Seznam literatury	46

I. Souhrn literárních poznatků

1. Úvod

Na naší planetě neustále stoupá počet obyvatel a současně s tím narůstá i počet lidí trpících podvýživou. Naopak pro obyvatele vyspělých států je typický nadbytek potravin, většinou s nevhodným složením a nutričními hodnotami, což spolu s dalšími faktory vede k vzestupu výskytu civilizačních chorob. Proto se stále intenzivněji hledají nové zdroje a způsoby výroby zemědělských komodit, které by ovlivnily současný nepříznivý výživový trend.

Současná situace, která vznikla v návaznosti na přijatá opatření proti šíření bovinní spongioformní encefalopatie (BSE), ale i další požadavky EU pro zabezpečení zdravotní nezávadnosti potravin (Anonym, 2000) a snaha o zvýšení důvěry konzumentů v bezpečnost potravin, vyžaduje radikální a rychlá opatření v živočišné výrobě. Ta by měla vrátit důvěru spotřebitelů v bezpečnost potravin živočišného původu a zároveň vést k minimalizaci negativních dopadů absence bílkovin živočišného původu v krmných směsích na užitkovost a zdravotní stav, především výkrmových kategorií monogastrů. Tyto skutečnosti jednoznačně směřují k nutnosti hledat nové, alternativní zdroje hodnotných živin, především pro monogastry (Herzig, 2001).

V současné době je v Evropské unii v krmivech pro hospodářská zvířata zakázáno používání masokostních mouček. V září 2003 vyšla novela vyhlášky k zákonu o krmivech č. 284/2003 Sb. částka 94 Sb., která zakazuje používání zpracovaných živočišných proteinů do krmiv pro hospodářská zvířata od 1. 11. 2003. Výjimkou jsou pouze rybí moučky a krmné suroviny z ostatních mořských živočichů, pro mléko a mléčné výrobky a vejce a vaječné výrobky, pro sušenou plazmu a krevní produkty, pro hydrolyzované proteiny z ryb, peří, usní a kůže a pro dikalciumfosfát z odtučněných kostí (definované v příloze vyhlášky).

Alternativními krmnými zdroji hodnotných živin, především proteinů, limitních aminokyselin, ale i nedostatkové energie se mohou stát v našich podmínkách jádřná krmiva. Z oblasti rostlinných bílkovinných krmiv přichází v úvahu především řepka, sója, podzemnice, luskoviny, v menší míře další olejniny a produkty tukového průmyslu, tzn. pokrutiny nebo extrahované šroty (Prokop et al., 2003; Suchý et al., 2003).

U všech uvedených krmných surovin existují určitá omezení jejich použití. Řepkové extrahované šroty, přes významné snížení obsahu glukosinolátů a kyseliny erukové, jsou i nadále faktorem, který významně ovlivňuje využití jodu s následnými projevy jeho nedostatku u zvířat, jejich produktů a v konečné fázi i v populaci lidí. Optimální podíl řepkových extrahovaných šrotů v krmných směsích se pohybuje okolo 5 %. Význam podzemnice olejné poklesl v souvislosti s téměř pravidelnou kontaminací plísněmi a významnému zatížení aflatoxiny. Sója, velmi hodnotné bílkovinné krmivo, která se svým zastoupením aminokyselin blíží bílkovinám živočišným, může mít v současné situaci významné poslání. V tomto případě hrají roli finanční náročnost i předsudky související s problematikou genetických manipulací (Prokop et al., 2003; Suchý et al., 2003).

Jedna z dalších možností, která by negativní následky vyloučení živočišných zdrojů bílkovin a energie v krmných dávkách hospodářských zvířat omezila, se jeví ve využití amarantu a produktů jeho zpracování, které daným požadavkům na krmiva nahrazující masokostní moučky vyhovují (Herzig, 2001). Zároveň je jeho využití jednou z možností jak řešit nevhodné složení diet obyvatel vyspělých států, které vedou k vzestupu výskytu civilizačních chorob.

2. Botanické zařazení amarantu a jeho historie

Laskavec (*Amaranthus* L.) patří mezi nepravé obilniny – pseudoobilniny. Na rozdíl od pravých obilnin, které jsou jednoděložné trávy, je amarant jednoletá dvouděložná rostlina rozsáhle porostlá listím (Anonym, 1975; Grubben a Sloten, 1981).

Pro svou vysokou výživnou hodnotu a nenáročnost při pěstování byl amarant využíván již před 5 – 8 tisíci lety starými Mayi, Aztéky a Inky v tropických pásmech Ameriky jako základní potravina, kterou nazývali "svatým zrnem" (Sauer, 1950; Pal a Khoshoo, 1974; Early, 1977; Haughton, 1978; Vietmeyer, 1982). V období před objevením Ameriky byl po kukuřici a fazoli třetí nejrozšířenější plodinou ve Střední Americe. Zelené části rostlin se konzumovaly jako salát, semena se používala k přípravě různých kaší a placek. Až do příchodu španělských kolonizátorů byl součástí každodenní stravy původních obyvatel.

Ačkoli kukuřice a fazole se staly nejvýznamnějšími potravinovými plodinami na celém světě, amarant upadl do zapomenutí, přestal se pěstovat a využívat. Zachoval se pouze na odlehlejších místech hor Střední a Jižní Ameriky a v drsných podmínkách hornatých oblastí Indie, Nepálu, Tibetu a Číny (Sauer, 1950), kde se některé druhy přizpůsobily kratšímu světelnému dni i nadmořské výšce do 3500 metrů. Optimální teplota pro pěstování se pohybuje v teplotním rozmezí 20 až 45 °C. Migrací obyvatelstva se však adaptoval i na pásma subtropická až mírná (Michalová, 1999). V současné době se pěstuje nejvíce v USA a státech Jižní Ameriky, v Indii, Číně a Rusku. V České republice se pěstují dvě nové potravinářsky použitelné odrůdy Olpir a Koniz teprve od roku 1993 (Michalová, 1999; 2001; 2002; Moudrý et al., 1999). Do té doby byly u nás známy především plevelné druhy *A. retroflexus*, *A. pumila* apod. Genofond amarantu vhodný pro naše klimatické podmínky se stále zdokonaluje.

Amarant patří do skupiny rostlin s C4 cyklem, které mají velkou rychlost fotosyntézy, ekonomičtěji využívají světelnou energii při fixaci CO₂, mají sníženou fotorespiraci a dosahují vysoké hodnoty fotosyntetické produkce, tedy i tvorby biomasy (Becker, 1989; Moudrý a Strašil, 1996) než jiné rostliny pomocí C3 metabolické cesty (metabolismus přes Calvinův cyklus) (Olusegum, 1983; Anonym, 1984).

Rod laskavec (*Amaranthus* L.) patří do čeledi laskavcovitých (*Amaranthaceae*) a zahrnuje přes 60 druhů (Vietmeyer, 1982; Kalač a Moudrý, 2000). Listy má střídavé, celistvé a řapíkaté s vysokým obsahem vitamínu C a vlákniny. Dají se postupně ořezávat a využívají se jako vynikající zelenina podobná špenátu (Lorenz a Hwang, 1985) a to především v teplých oblastech Asie a Evropy, kde je pěstována řada druhů s jemným stonkem a širokými šťavnatými listy (*A. tricolor*, *A. blitum*, *A. melancholicus*) (Moudrý, 2001).

Amarantové semeno je charakteristikou a vlastnostmi podobné semenům jednoděložných obilnin. Pravé obilniny obsahují hojně škrobového endospermu s malým množstvím lipidů a proteinů uložených v zárodku. Amarant má také škrobová zrna, ale škrob je uložen v perispermu. Dokud zárodek zabírá velkou část semene, je amarant dobrým zdrojem jak lipidů, tak i proteinů (Cortella a Pochettino, 1990).

Semena jsou na povrchu hrubá (Chaturvedi et al., 1993), mají čočkovitý tvar a všeobecně v průměru kolem 1 – 1,5 mm, se zárodkem lemovaným perispermem (Jain a Hauptli, 1980; Irving et al., 1981; Saunders a Becker, 1984). Největší rozšíření doznaly druhy pěstované pro produkci semen (*A. cruentus*, *A. hypochondriacus* a *A. hybridus*). Tyto druhy se v Evropě pěstují na ploše necelých 1000 ha, z toho asi čtvrtina v České republice (Moudrý, 2001).

Nejčastěji komerčně používaná semena jsou světle zbarvená. Černá a tmavěji zbarvená tvoří kromě speciálních aplikací všeobecně méně atraktivní produkty (Irving et al., 1981). Lorenz a Hwang (1985) uvádějí barvy semen tří nejrozšířenějších druhů: *A. hybridus* je černošedý druh, zatímco *A. cruentus* a *A. hypochondriacus* mohou být buď černé nebo zlatohnědosemenné.

3. Pěstování amarantu

Pro pěstování amarantu v našich podmínkách vyhovují humózní, hlubší a střední půdy, nížinné, teplé a sušší klima. Nesnáší utužení a zamokření (Dostálek et al., 2000). Jiní autoři naopak uvádějí, vedle odolnosti vůči zasolení, i odolnost k zamokření (Hauptli, 1977; Moudrý a Stražil, 1996). Není náročný na předplodinu, nevhodné jsou pozemky zaplevelené merlíky, lebedami nebo planým amarantem, se kterým se může křížit. Lanta a Havránek (2001) se zabývali mezidruhovými kříženci laskavců a potvrdili nutnost účinné izolace v semenářských porostech.

Amarant vykazuje nižší citlivost k toxigenním kmenům plísni *Aspergillus* (Tudor a George, 1985) než rýže, kukuřice nebo *Psophocarpus tetragonolobus* („okřídlený bob“) (Singhal a Kulkarni, 1988).

Amarant dobře reaguje na organické hnojení. K rychlému růstu a vytvoření velkého množství biomasy potřebuje dostatek živin. Příprava půdy má udržet vláhu a potlačit plevely, proto se opakovaně vláčí. Vysévá se do půdy prohráté na 10 až 12 °C přibližně ve stejné době, kdy se sejí fazole nebo kukuřice. Drobná semena komplikují výsev. V době vzházení je citlivý na nedostatek vláhy. Při výsevu do nevyhráté a zamokřené půdy napadají mladé rostliny choroby. Počátkem vegetace je citlivý na zaplevelení, proto se do zapojení porostu meziřádkově kultivuje plečkou (Dostálek et al., 2000).

Sklizeň je druhé kritické období pěstování amarantu. V době zralosti semen má rostlina vysoký obsah vody, což ztěžuje sklizeň. Vhodná je desikace prvními mrazy a neprodlená sklizeň, aby se snížily ztráty výpadem semen. Další ztráty vznikají při vlhnutí květenství během podzimních dešťů. Po sklizni se semeno dočistí a vysuší na vlhkost 10 – 12 %. Mlátička se seřizuje asi jako při sklizni máku (Dostálek et al., 2000). Pro produkci osiva je nutné důsledné ničení plevelných laskavců (Moudrý a Stražil, 1996).

Amarant má velký rozmnožovací potenciál (Kauffman a Weber, 1990) a může díky svému rychlému růstu poskytovat v optimálních podmínkách až tři sklizně do roka. Výnos zelené hmoty je 3 tuny na hektar po 4 týdnech, výnos semen, který je srovnatelný s ostatními cereáliemi (Olusegum, 1983), je okolo 3 tun na hektar za 3 – 4 měsíce, kdy rostou monokulturně (Grubben a Sloten, 1981). Souhrnně je problematika pěstování a využití amarantu zpracována v publikaci Jarošové et al. (1997).

4. Chemické složení semen a listů amarantu

Složení semen jednotlivých druhů amarantu (*A. caudatus*, *A. cruentus* a *A. hypochondriacus*) uvedené v tabulce 1 se mírně liší (Anonym, 1975; Anonym, 1984; Saunders a Becker, 1984; Bressani et al., 1987; Singhal a Kulkarni, 1988).

Tabulka 1. Obsah živin semenných druhů amarantu v sušině (%)

Živiny	<i>A. caudatus</i> (<i>A. edulis</i>)	<i>A. cruentus</i>	<i>A. hypochondriacus</i>	<i>A. cruentus</i> x <i>A. hypochondriacus</i>
Vlhkost	9,5 – 11,6	6,2 – 8,8	11,1	-
N-látky ^a	17,6 – 18,4	13,2 – 18,2	17,9	17,4
Tuky	6,9 – 8,1	6,3 – 8,1	7,7	8,0
Vláknina	3,2 – 5,8	3,6 – 4,4	2,2	4,3
Popel	3,1 – 4,4	2,8 – 3,9	4,1	3,0

^{a)} N x 5,85

Při srovnání hodnot zastoupení živin *A. hypochondriacus* s kukuřicí, rýží a pšenicí (tabulka 2) je amarantová mouka charakteristická relativně vysokou koncentrací proteinů (Teutonico a Knorr, 1985; Bressani et al., 1987; Anonym, 1975; Singhal a Kulkarni, 1988; Bressani, R., 1989; László, 1984) a lipidů (Saunders a Becker, 1984; Singhal a Kulkarni, 1988; László, 1984; Pedersen et al., 1987; Singhal a Kulkarni, 1988; Paredes-López et al., 1989; Prakash a Pal, 1992). Obsah škrobu je u všech plodin podobný (László, 1984; Singhal a Kulkarni, 1988; Paredes-López et al., 1989).

Metabolizovatelná energie semena amarantu je pro kuřata srovnatelná s kukuřicí a pohybuje se v rozmezí od 12,6 (Laovoravit, 1986) do 14,6 (Connor et al., 1980) KJ/kg.

Tabulka 2. Srovnání obsahu živin semene amarantu a cereálií v sušině (%)

Živiny	amarant ^{a)}	kukuřice	rýže	pšenice
Vlhkost	11,1	13,8	11,7	12,5
N-látky	17,9 ^b	10,3 ^c	8,5 ^c	14,0 ^d
Tuky	7,7	4,5	2,1	2,1
Vláknina	2,2	2,3	0,9	2,6
Popel	4,1	1,4	1,4	1,9
Karbohydráty	57,0	67,7	75,4	66,9

^{a)} hodnoty *A. hypochondriacus* z tabulky 2; ^{b)} N x 5,85; ^{c)} N x 6,25; ^{d)} N x 5,7

V tabulce 3 je uveden obsah dusíkatých látek a tuku v sušině listů. Amarantové listy a stonky jsou velmi dobrým zdrojem vlákniny. V nutričně významných koncentracích se vyskytují také minerály (draslík, železo, hořčík a vápník) a vitamíny C (420 ppm) a A (β-karoten) (250 ppm) (Hill a Rawate, 1982; Saunders a Becker, 1984; Teutonico a Knorr, 1985; Singhal a Kulkarni, 1988).

Z mastných kyselin nenasycených je nejvíce zastoupena linolenová kyselina (46 %) a z nasycených mastných kyselin 18 až 25 % palmitová kyselina (Fernando a Bean, 1985).

Tabulka 3. Obsah živin v sušině listů některých druhů amarantu (%)

Živiny	<i>A. cruentus</i>	<i>A. edulis</i>	<i>A. graecizans</i>	<i>A. tricolor</i>	<i>A. hybridus</i>	<i>A. spinosus</i>	<i>A. caudatus</i>
N-látky ^a	46,5	33,3	37,1	32,7	27,8	44,5	48,6
Tuky	6,8	2,9	3,8	7,1	3,9	4,6	3,3
Vláknina	11,1	22,9	23,2	-	17,5	14,1	12,8
Popel	35,4	40,7	34,7	-	-	33,1	35,2

^{a)} dusíkaté látky (% N x 6,25)

Listy amarantu obsahují více sušiny než špenát, mangold a kapusta, což je způsobeno vysokým obsahem vlákniny a popela (tabulka 4). Přítomnost velkého množství oxalátů v rozmezí od 0,2 do 11,4 % suché hmotnosti může omezovat dostupnost živin (Carlsson, 1980; Hill a Rawate, 1982; Saunders a Becker, 1984; Fernando a Bean, 1985; Teutonico a Knorr, 1985).

Tabulka 4. Srovnání obsahu živin v sušině listů amarantu a vybrané zeleniny (%)

Živiny	Amarant ^a	Špenát	Mangold	Kapusta
N-látky ^b	46,5	34,4	26,9	32,6
Tuky	6,8	3,2	3,4	5,4
Vláknina	11,1	46,2	51,7	51,0
Popel	35,4	16,1	18,0	10,9

^{a)} hodnoty *A. hypochondriacus* z tabulky 3; ^{b)} dusíkaté látky (N x 6,25)

4.1 Proteiny, aminokyseliny a možnosti jejich využití

Obsah proteinů (přes 18 %) je až dvakrát vyšší než u obilnin (8 až 14 %) (Michalová 1998; 1999). Proteiny jsou velmi kvalitní (Betschart et al., 1981; Pant, 1983; Pond et al., 1991; Kalač a Moudrý, 2000) a svým aminokyselinovým složením (lysin, tryptofan) se blíží bílkovinám živočišného původu (Laovoravit et al., 1986). Až 65 % proteinu v amarantu je koncentrováno v klíčku. Obsah proteinů kolísá podle druhu amarantu a podmínek jejich kultivace. Rozdíl v množství bílkovin a aminokyselin mezi divokým a pěstovaným amarantem však nebyl zjištěn. Pouze u tmavosemenných odrůd byl zjištěn vyšší podíl proteinů a u pěstovaných zase více lysinu (Misra et al., 1983). Obsah lysinu (5,3 – 6,3 %) a aminokyselin obsahujících síru - methionin, cystein (3,4 – 4,0 %) v semenech amarantu je ve srovnání s ostatními cereáliemi jako jsou rýže, pšenice nebo kukuřice vyváženější (Downton, 1973; Senft, 1980; Correa et al., 1986). V případě lysinu, kterého je v rostlinných proteinech obvykle nedostatek (Anonym, 1981) a hraje významnou a nepostradatelnou roli při výkrmu monogastrů (Laovoravit et al., 1986), je jeho obsah dokonce až trojnásobně vyšší než např. u pšenice (Michalová 1998; 1999). Vyhovující obsah lysinu a tryptofanu spolu s nízkým obsahem leucinu, představuje hodnotný doplněk kukuřice bohaté na leucin, ale chudé na lysin a tryptofan (Correa et al., 1986; Imeri et al., 1987; Bressani et al., 1989; Vettter, 1994).

Semena amarantu neobsahují lepek, amarantová mouka tedy může být zařazena do bezlepkové diety.

4.2 Sacharidy

V semenech amarantu jsou jednoduché monosacharidy (glukóza, fruktóza) obsaženy jen ve stopách. Oligosacharidy (maltóza, stachyóza, rafinóza, sacharóza) v rozmezí 1 až 2 %. Ve škrobu amarantu je dominantní amylopektin.

4.2.1 Škrob

Zrno amarantu obsahuje 58 až 66 % škrobu, s nízkou želatinizační teplotou a proměnlivou velikostí zrn mezi 1 a 3,5 µm podle odrůdy (Cole, 1979; Bressani et al., 1993; Yanez, 1994; Tosi et al., 2001; Anonym, 2002). Škrob je koncentrován v polyhedrálních parenchymatózních buňkách perispermu. Morfologicky představuje škrob amarantu ve srovnání s ostatními cereáliemi extrémně malé, okrouhlé, hranaté až polygonální částičky o velikosti 0,8 a 3,5 µm, chemicky v něm dominuje amylopektin (90 %) a to určuje

technologické vlastnosti mouky (Stone a Lorenz; 1984; Wilhelm et al., 1998). Amylóza buď není přítomna vůbec (*A. cruentus*) nebo jen v nízkých koncentracích (*A. hypochondriacus* obsahuje průměrně 7 %), což je značný rozdíl oproti běžným cereáliím, kde se obsah amyλόzy pohybuje od 17 do 27 % (Perez et al., 1993; Babor et al., 1994).

Ve srovnání s kukuřičným škrobem se škrob amarantový vyznačuje vyšší bobtnavostí, nižší rozpustností, větší schopností vázat vodu, nižší citlivostí k α -amyláze, vyšší amylografickou viskozitou a o mnoho nižším obsahem amyλόzy (Stone a Lorenz; 1984).

4.2.2 Vlákna

Obsah vlákniny v amarantových semenech je podobný hodnotám pro pšenici a kukuřici (Becker, 1989). Světlá semena obsahují až 8 % a tmavá dvakrát více. Rozpustná frakce vlákniny (rozpustná vlákna) tvoří 33 – 44 % z celkové vlákniny u světle semenných variet, ale u tmavých jen 18 % (Pedersen et al., 1990; Tosi et al., 2001). Vlákna je jedním z faktorů ovlivňujících stravitelnost. Vlákna ovlivňuje trávení a vstřebávání (absorpci) živin a snižuje dostupnost energie (Miles, 1988). Amarantová vlákna je přirozeně bezlepková a vysoce kvalitní.

4.3 Lipidy

Lipidy, jejichž množství v amarantu se pohybuje v rozmezí od 3,1 do 11,5 % (Cole, 1979; Bressani et al., 1993; Yanez, 1994; Tosi et al., 2001; Anonym, 2002), jsou v semenech amarantu koncentrovány především v jeho klíčku. (Lorenz a Hwang, 1985). Obsah celkových lipidů v amarantu je vyšší než u zrn cereálií s výjimkou některých druhů prosa (Price a Parsons, 1975; Lorenz et al., 1980).

4.3.1 Mastné kyseliny

Lipidy amarantu obsahují v převážné míře nasycené a nenasycené mastné kyseliny (kyselina palmitová - C16:0, kyselina stearová - C18:1, kyselina olejová - C18:1n9, kyselina linolová - C18:2n6) a skvalen (Lorenz a Hwang, 1985).

Hlavními mastnými kyselinami v *listech amarantu* jsou z nenasycených kyselina linolová, z nasycených kyselina palmitová, která je také nejvíce zastoupená v semenech a stonku amarantu (Fernando a Bean, 1984). Vysoký obsah kyseliny linolové (15,1 g/kg) ve srovnání např. s vojtěškovými úsušky (4,0 g/kg) mají úsušky amarantu (Zeman et al., 1995).

Převládajícími mastnými kyselinami v *semenech amarantu* jsou kyselina linolová (38 – 48? 55,9 %) (*A. hypochondriacus* okolo 50 %), olejová (22 – 35 %), palmitová (18 – 25 %) a stearová (4 – 5 %) (Stoller a Weber, 1970; Opute, 1979; Carlsson, 1980; Lorenz et al., 1980; Saunders a Becker, 1984; Fernando a Bean, 1985; Lorenz a Hwang, 1985; Prakash a Pal., 1992; Dodok et al., 1994 a, b; He et al., 2002). Tyto čtyři mastné kyseliny reprezentují přes 95 % mastných kyselin v amarantu. Nenasycené mastné kyseliny reprezentují přes 74 % celkového obsahu mastných kyselin (Lorenz a Hwang, 1985), které jsou podobné těm v olejích z bavlníkových semen a rýžových otrub (Saunders a Becker, 1984; Ayorinde et al., 1989).

4.3.2 Steroly

Fernando a Bean (1985) srovnávali obsah mastných kyselin a sterolů u semen plevelnatého a kulturně pěstovaného amarantu. Ze sterolů je v amarantu v největším množství obsažen spinasterol a to v rozmezí od 46 do 54 % z celkového množství sterolů. Dalším nejvýše obsaženým steroidem je Δ^7 stigmasterol, v menším množství Δ^7 ergosterol, stigmasterol a 24-methylene-cyclo-artenol (Fernando a Bean, 1984; 1985; Ologunde et al., 1992 b). Ze srovnání byly patrné jen malé odlišnosti.

Fytosteroly se za normální situace vstřebávají z potravy pouze v minimálním množství, ale významně inhibují resorpci cholesterolu z potravy tím, že zaujímají kompetitivně místo cholesterolu ve formujících se micelách ve střevě (Zadák et al., 2001). Dávka 2 až 3 gramy fytosterolů denně vede ke snížení LDL cholesterolu o 10 – 15 % a toto snížení není závislé na současné léčbě hypolipidemiky (Beveridge et al., 1958). Dietně používané fytosteroly neovlivňují biologickou dostupnost v tuku rozpustných esenciálních složek, zejména beta-karotenu a alfa-tokoferolu (Zadák et al., 2001).

4.3.3 Skvalen

Skvalen (2,6,10,15,19,23-hexamethyl-2,6,10,14,18,22-tetracosahexane) je biologicky i nutričně významný polyizoprenoid, který je prekurzorem v biosyntéze steroidů včetně cholesterolu (Sulpice a Ferexou, 1984; Zadák et al., 2001) a důležitých antioxidantů jako koenzymu Q10 (ubichinon). Je součástí buněčných membrán, v nich určuje jejich odolnost proti tepelnému a chemickému poškození, působí také jako antioxidant.

Tradičním zdrojem skvalenu je olej z jater žraloka (*Centrophorus squamosus*) a velryby (*Physeter macrocephalus*) (Lyon a Becker, 1987; Auguet, 1988; He et al., 2002). Skvalen je také biologicky významnou složkou olejů některých rostlin mezi něž patří především olivovník a amarant. Olivový olej obsahuje okolo 0,3 až 0,7 % a destilovaný dezodorizovaný olivový olej 10 až 30 % skvalenu (Auguet, 1988; Bondioli et al., 1993). Množství oleje obsaženého v amarantovém semeni je okolo 7 %, ale tento olej obsahuje 6 až 8 % skvalenu (Becker et al., 1981; Breene, 1991; Sun et al., 1995; He et al., 2002), což činí z amarantu zvláště bohatý zdroj (Sun et al., 1997; Leon-Camacho et al., 2001).

Smith (2000) předpokládá, že vyšší spotřeba olivového oleje může díky obsahu skvalenu snižovat riziko různých druhů rakoviny. Zejména se uplatňuje v chemoprevenci bronchogenního karcinomu u jedinců vystavených vysokým koncentracím karcinogenních exhalací (Newmark, 1997). Nejnověji dostupné studie prokazují snížení metaplazií sliznice tlustého střeva a sliznice konečníku perorálně podávaným skvalenem.

Skvalen je prekurzorem ubichinonů a tímto mechanismem, ale i přímým působením jako antioxidant, se uplatňuje při eliminaci aktivních forem kyslíku (volných kyslíkových radikálů). Výrazný pokles skvalenu byl prokázán u jedinců ve stresu (polytrauma) a při úplné parenterální výživě nemocných v intenzivní péči (Zadák et al., 2001).

Další blahodárný účinek na zdraví je připisován jeho hypocholesterolemickému působení, v kombinaci s tokotrienoly. Použití samotného skvalenu se ukazuje účinné na pokles hladiny cholesterolu v krevním séru (Miettinen a Vanhanen, 1994; Andrea et al., 2001; Kulakova et al., 2006).

Skvalen je přírodní látka typu isoprenoidů, která je prekurzorem v syntéze steroidů (stresových hormonů nadledvinek) a důležitých antioxidačních látek jako je koenzym Q10 (ubichinon). Důvod k užívání koenzymu Q10 spočívá nejen v jeho funkcích, ale především ve skutečnosti, že při různých onemocněních a v důsledku stárnutí, klesá jeho tvorba. Z tohoto pohledu je nejdůležitější použití koenzymu Q10 u kardiaků a stárnoucích osob. Možná ještě důležitější oblastí jeho použití jsou různé formy degenerativních svalových onemocnění.

Skvalen je součástí buněčných membrán, v nichž určuje jejich kvalitu a odolnost proti tepelnému a chemickému poškození. Skvalen má i sám, podobně jako vitamín Q10, příznivé antioxidační vlastnosti a tím ochraňuje řadu tělesných struktur před poškozením chemickými látkami a zářením. Skvalen je jednou z nejdůležitějších lipidních složek kůže ovlivňujících normální metabolismus kůže a zachování jejích příznivých mechanických vlastností. Oblasti velkých měst a průmyslových aglomerací, obsahují velké množství znečišťujících jedovatých látek organického i anorganického charakteru (uhlovodíky, fenolické látky, kadmium, olovo). Skvalen snižuje a ve velké míře odstraňuje škodlivé účinky znečištěného prostředí na organismus. Tento efekt se projevuje odstraňováním příznaků chronické únavy u jedinců žijících ve znečištěném prostředí.

- Skvalen snižuje účinky jedovatých výfukových plynů v místech s hustým automobilovým provozem.
- Aktivní formy kyslíku vznikají v ovzduší, vodě i potravinách vlivem chemických látek a radioaktivity. Takto vzniklé aktivní formy kyslíku poškozují vnitřní orgány a jsou příčinou celé řady, tzv. "onemocnění z kyslíkových radikálů", jako je poškození mozku, arterioskleróza, nádorová onemocnění. Skvalen je velmi účinným "zhášečem" volných kyslíkových radikálů a je i tak důležitým prostředkem v prevenci těchto chorob.
- Zatím neznámým způsobem zabraňuje skvalen vzniku rakoviny plic u jedinců vystavených vdechování kouře s vysokým obsahem dehtovitých látek.
- Skvalen zvyšuje odolnost proti radioaktivnímu a rentgenovému záření.
- Dávka skvalenu 0,25 - 0,50 g denně snižuje hladinu krevního cholesterolu a tím snižuje i riziko aterosklerózy a srdečního infarktu.
- Pravidelné užívání skvalenu zlepšuje duševní výkonnost, paměťové funkce a zlepšuje i odolnost proti psychickému stresu.
- V období zvýšeného výskytu infekcí zvyšuje skvalen imunitní funkce a tím odolnost proti infekcím.
- Při zevním i vnitřním použití skvalen zlepšuje biologické vlastnosti kůže, zamezuje projevy stárnutí kůže a vznik vrásek. Příznivě preventivně působí proti stárnutí kůže zejména u osob, jejichž kůže je vystavena povětrnostním vlivům a agresivnímu zevnímu prostředí.

4.4 Vitamíny a minerální látky

Amarant je důležitým zdrojem vitamínů, hlavně provitamínu A a β -karotenu (Lala a Reddy, 1970; Rao a Rao, 1970; Devadas a Murthy, 1978; Srikantia, 1978; Devadas a Saroja, 1980) a minerálních látek. Z vitamínů jsou to především riboflavin (vitamín B2) a důležité antioxidanty patřící do skupiny vitamínu E (Lehmann et al., 1994; Budin et al., 1996; Tosi et al., 2001). Vitamín C je na rozdíl od ostatních obilovin obsažen v množství nutričně významném, průměrně 420 mg/100 g sušiny (Teutionico a Knorr, 1985; Prakash et al., 1995; Jarošová et al., 1997). Amarantové semeno má výrazně nižší obsah thiaminu (vitamín B1) než ostatní cereálie a diety založené na amarantovém semenu by měly být thiaminem doplněny

(Laovoravit et al., 1986). V listech byly zjištěny také kvantitativní stopy látek podobných vitamínu B12 (Jathar et al., 1974).

Z minerálních látek obsahují semena amarantu vysoké koncentrace vápníku, fosforu, hořčíku a draslíku, významný je i vyšší obsah železa (Chairatanayuth, 1992; Ologunde et al., 1992a; Chaturvedi et al., 1993; Lehmann, 1996; Tosi et al., 2001; Anonym, 2002).

5. Antinutriční látky amarantu

V surovém amarantovém semenu jsou obsaženy tepelně labilní toxické a antinutriční látky označované jako saponiny, fenoly, taniny, fytohemaglutininy a inhibitor trypsinu (Cheeke a Bronson, 1980; Correa, 1986; Imeri, 1987; Vohra et al., 1989).

Saponiny přispívají ke zhoršení chutnosti krmiva, ale mají také hemolytické, fungistatické, antimikrobiální a allelopatické účinky. K fenolickým látkám patří např. třísloviny, lignin a tanin, které mohou omezit příjem krmiva snížením jeho chutnosti či zhoršením trávicích pochodů s následným zpomalením růstu. Třísloviny reagují s bílkovinami a polysacharidy trávicího traktu a vznikající komplexy zhoršují podmínky pro vstřebávání živin. Lignin se uvádí jako hlavní činitel omezující stravitelnost buněčných stěn. Fenolické látky mohou přispívat k požadované chuti a vůni semen, ale také vyvolávat pocit hořkosti a svíravosti. Fytohemaglutininy (lektiny) jsou považovány za výraznou antinutriční složku krmiv určených pro mláďata, vzhledem k odolnosti k zahřátí, širokému rozsahu pH a působení běžných proteáz. Trypsinový inhibitor potlačuje růst zvířat, omezuje štěpení bílkovin a jejich stravitelnost u drůbeže, snižuje absorpci dusíku a síry, vyvolává hyperplazii a hypertrofii slinivky (Herzig et al., 2003).

Fenoly (především taniny a kyselina chlorogenová) jsou přítomny v semenech amarantu (Carlsson, 1980; Afolabi et al., 1981; Becker et al., 1981; Cheeke et al., 1981). Hunziker (1952), Becker et al. (1981) a Ologunde et al. (1992a) naznačují, že množství fytátů a taninů v amarantu je podobné nalezenému v zrnech pšenice, prosu a tritikále. Problémy s toxicitou nastaly u krys (Cheeke a Bronson, 1980; Connor et al., 1980; Betschart et al., 1981; Garcia et al., 1987b) a kuřat (Connor et al., 1980; Tillman a Waldroup, 1986; Laovoravit et al., 1986; Vohra, 1989) krmených tepelně neopracovanými semeny amarantu. U kuřat a krys krmených tepelně ošetřeným nebo extrudovaným amarantem docházelo k vyššímu přírůstku hmotnosti a vyšší využitelnosti krmiva (Connor et al., 1980; Waldroup et al., 1985; Laovoravit et al., 1986; Tillman a Waldroup, 1986; 1987; 1988a; 1988b; Acar, 1988; Vohra, 1989; Andrásófszky, 1998).

Takeda a Kiriyaama (1991) zjistili menší citlivost kuřat k toxickým a antinutričním látkám než byla pozorována u krys. U krys byl dále prokázán příznivý antitoxický vliv přídatku vlákniny do diety.

Tepelné ošetření je důležité pro částečné nebo úplné zničení antinutričních látek obsažených v semenech amarantu (Connor et al., 1980; Koeppe et al., 1985; Waldroup et al., 1985; Ravindran et al., 1996). Zahrnuje autoklávování, popování a extruzi (Pant, 1985; Imeri et al., 1987; Bressani et al., 1992). Parní extruze semen amarantu se zdá být nejvhodnější metodou tepelného ošetření (Mendoza a Bressani, 1987).

6. Plasmové lipoproteiny a jejich úloha při transportu cholesterolu

Lipoproteiny jsou částice, které se skládají z nekovalentně asociovaných lipidů a proteinů a v současné době jsou známější než lipidy vázané proteiny. Působí v krevní plazmě jako přenašeče triacylglycerolů a cholesterolu.

Plasmové lipoproteiny vytvářejí kulovité, micelám podobné částice, které obsahují nepolární jádro z triacylglycerolů a esterů cholesterolu. Toto jádro je obklopeno *amfifilním* obalem z proteinů, fosfolipidů a cholesterolu. Lipoproteiny byly rozděleny do pěti širších kategorií na základě svých funkcí a fyzikálních vlastností: chylomikrony, lipoproteiny s velmi nízkou hustotou (VLDL), lipoproteiny se střední hustotou (IDL), lipoproteiny s nízkou hustotou (LDL) a lipoproteiny s vysokou hustotou (HDL).

Amfifilní molekula (amphiphilic molekule) (syn. *amfipatická molekula*) Molekula skládající se z části hydrofilní, představované polární skupinou, a z části hydrofobní – uhlovodíkového řetězce, což způsobuje, že tyto látky:

- jsou ve vodě nerozpustné, ale afinita jejich polárních skupin k povrchu vodné fáze umožňuje tvorbu povrchových filmů, nebo

- jsou ve vodě rozpustné, ale hromadí se ve fázovém rozhraní a snižují povrchové napětí; některé z nich při vyšších koncentracích vytvářejí asociativní micely; jsou označovány jako koloidní povrchově aktivní látky (koloidní PAL). Podle schopnosti disociovat ve vodném roztoku jsou rozdělovány na ionogenní (aniontové, kationtové, amfoterní) a neionogenní. *Aniontové* disociují za vzniku povrchově aktivních aniontů, *kationtové* tvoří při disociaci ve vodě povrchově aktivní kationty a jsou známy i *amfoterní* PAL. Rozpustnost PAL ve vodě klesá s délkou uhlovodíkového řetězce. *Neionogenní* PAL, neschopné elektrolytické disociace, se obvykle skládají z dlouhého uhlovodíkového řetězce s několika polárními, ale neionogenními skupinami na konci (většinou oligomery ethylenoxidu), které zajišťují rozpustnost těchto sloučenin ve vodě.

Chylomikrony transportují triacylglyceroly z diety do svalů a adipózní tkáně a cholesterol z diety do jater. VLDL, IDL a LDL je skupina příbuzných částic, které přenášejí endogenní triacylglyceroly a cholesterol z jater do tkání (játra syntetizují triacylglyceroly z přebytečných cukrů).

HDL mají přesně opačnou funkci než LDL, odstraňují cholesterol z tkání. Tvoří se v plazmě ze složek získaných především rozkladem jiných lipoproteinů. Cirkulující HDL získávají cholesterol pravděpodobně tak, že jej odebírají z povrchových membrán buněk a přeměňují jej na estery cholesterolu působením lecitin cholesterol acyltransferáza (LCAT), enzymem aktivovaným složkou HDL apoA-I. HDL tedy pracují jako odstraňovači cholesterolu. Zdá se, že HDL přenášejí své cholesterolové estery na VLDL s pomocí jeho apoD, který se proto označuje přenašečový protein esterů cholesterolu. Asi polovina VLDL je po degradaci na IDL a LDL přijímána játry v průběhu LDL-receptorové endocytózy. Játra však zřejmě přijímají HDL také přímo prostřednictvím HDL receptorů. V každém případě jsou játra jediným orgánem, který je schopný se vypořádat se značným množstvím cholesterolu (v podobě žlučových kyselin) (Voet a Voet, 1995).

Andrea et al. (2002) použili u hypercholesterolemických králíků diety s obsahem extrudovaného amarantového zrna a amarantového oleje. Růst králíků byl shodný, celkový cholesterol a koncentrace LDL-C byly nižší u králíků, kteří přijímali extrudované zrno. Výsledky dokládají, že extrudovaný amarant může přispívat k prevenci koronárních onemocnění.

7. Vliv mastných kyselin a skvalenu obsažených v amarantu na hladinu cholesterolu

Cholesterol přijímaný ve stravě je snadno vstřebáván, ale problémy mohou nastat, při transportu cholesterolu od stěny střevní lymfatickým a krevním oběhem. Při nadměrném transportu cholesterolu v lipoproteinech s nízkou hustotou (LDL) dochází k nebezpečí vylučování lipidů, což způsobuje zdravotní komplikace. Zdravotní riziko tedy představuje zvýšená hladina lipoproteinů o nízké hustotě LDL a VLDL a snížená hladina lipoproteinů o vysoké hustotě HDL. Proto se doporučuje, aby příjem cholesterolu ve stravě lidí nepřesahoval 300 mg denně. U nás je však více než dvojnásobný (Velíšek, 1999).

Nenasycené mastné kyseliny, skvalen, tokotrienoly a β -glukany mohou ovlivňovat hladinu cholesterolu v krvi.

Vliv amarantu na snížení hladiny cholesterolu byl a je zkoumán na mnoha modelech zvířat a u člověka. Používá se různě upravený amarant a jeho různé druhy. Zatím byly získány nejednotné výsledky o vlivu amarantu na snížení hladiny cholesterolu (Garcia et al., 1987a; Danz a Lupton, 1992; Chaturvedi et al., 1993; Qureshi et al., 1996; Grajeta, 1997; 1999; Berger et al., 2000a; Maier et al., 2000; Plate a Arêas, 2002).

Punita a Chaturvedi (2000) provedli pokus s cílem snížit obsah cholesterolu ve vejcích dietní manipulací, použitím dvou přirozeně dostupných a již nadevší pochybnost zjištěných hypocholesterolemických agens - červeného palmového oleje a semene amarantu. Výsledky ukázaly, že krmení těmito účinnými látkami snížilo obsah celkových lipidů a cholesterolu a u některých skupin podstatně zvýšilo hladiny linolové kyseliny, která je obsažena v krmivu. Za spolupůsobení tokotrienolu obsaženého v červeném palmovém oleji, vysokého obsahu skvalenu, nenasycených mastných kyselin v semenech amarantu a vysoce rozpustné vlákniny dochází k hypocholesterolemii.

Tokotrienol snižuje aktivitu HMG Co-A reductázy a chová se jako oxidované steroly snižující hladinu cholesterolu (Qureshi, 1986). Vysoký obsah vlákniny má odpovědnost za vázání cholesterolu a pomoc v jeho eliminaci výkaly. Také zvýšená hladina linolové kyseliny by mohla podporovat získávání fekální žlučové kyseliny a tak snižovat obsah cholesterolu (Chaturvedi et al., 1993; Punita a Chaturvedi, 2000).

Plate a Arêas (2002) provedli pokus u hypercholesterolemických králíků a zjistily, že při krmení extrudovaným amarantem byly koncentrace celkových lipidů a LDL nižší než při krmení dietou s přídatkem amarantového oleje nebo kontrolní dietou. Koncentrace triglycidů a VLDL byly přibližně o 50 % nižší při krmení extrudovaným amarantem či dietou s přídatkem amarantového oleje než kontrolní dietou. U koncentrací HDL nebyly u žádné ze skupin pozorovány významné rozdíly.

Böswart et al. (1993) prokázali snížení cholesterolu u kuřic při podávání krmné směsi s přídatkem 1 % skvalenu. Po poměrně krátké době však došlo k úplnému zastavení snášky vajec. Tento efekt byl dočasný a po 14 dnech normálního krmení se snáška obnovila.

Výsledky pokusů provedených u křečků neprokázaly vliv amarantových vloček zahrnujících proteiny, škrob, tuky a fytochemické složky na obsah celkového cholesterolu a LDL (Berger et al., 2000a; Berger et al., 2003a), na druhé straně však prokázaly snížení cholesterolu při aplikaci hrubého amarantového oleje. Nebylo však zjištěno, zda toto snížení bylo způsobeno bioaktivitou složek triacylglycerolu nebo nezmýdelnitelnými složkami jako jsou

pigmenty, vitamíny, steroly, vosky a skvalen (Berger et al., 2000 a; Berger et al., 2001; Berger et al., 2003 b).

Laovoravit et al. (1986) ve své práci uvádějí, že skvalen obsažený v amarantu nemá vliv na syntézu cholesterolu v játrech.

V malé pilotní studii u lidí nebylo pozorováno snížení cholesterolu účinkem semen amarantu, které byly součástí daných diet (Berger et al., 2000b).

Dietní role skvalenu v regulaci koncentrace sérového cholesterolu, syntézy cholesterolu a jeho odstranění a v kinetice lipoproteinu s nízkou hustotou (LDL) apolipoproteinu (apo) nebyla rozsáhle studována. Předběžně krátkodobé studie ukazují rozporné změny v sérovém cholesterolu a v kinetice LDL apo B (Miettinen, 1986). Na jedné straně může být aktivita hydroxymethylglutaryl (HMG)-CoA reduktázy regulovaná zvýšením syntézy cholesterolu čerpající skvalen, závislou na množství a absorpci dietního skvalenu. Následný vzrůst jaterního cholesterolu může být také regulován LDL receptorovou aktivitou a zvýšením koncentrace sérového cholesterolu. Na druhé straně, zvýšení syntézy cholesterolu z malých množství dietního skvalenu může být vyváжено regulovanou aktivitou HMG-CoA reduktázy přičemž se nezvýší koncentrace jaterního nebo sérového cholesterolu (Miettinen a Vanhanen, 1994; Archbold a Timmis, 1998).

Vedle skvalenu a mastných kyselin se může projevit i poměrně významný obsah kampesterolu a stigmasterolu.

Amarant je tedy možné využít jako nový alternativní zdroj potravin a krmiv nejen pro vysoký obsah bílkovin, ale i pro vysoký obsah mastných kyselin a skvalenu a jejich pozitivní vliv na hladinu cholesterolu. Předpokládá se, že přídavek amarantu do krmiv, který obsahuje významné množství mastných kyselin a skvalenu, může do značné míry ovlivnit hladinu cholesterolu v krvi, u nosnic také ve vejcích. Vejce, ačkoli jsou velmi výživná potravina, obsahují současně vysoké množství cholesterolu a z tohoto důvodu se nedoporučují konzumovat pravidelně osobami majícími hypercholesterolemii a asociovaná kardiovaskulární onemocnění (CVD).

Je známo, že poruchy lipidového metabolismu mohou zhoršit projevy diabetu. Amarant působí na snížení cholesterolu u hyperlipemických zvířat. Kim et al. (2006) sledovali účinky amarantu na sérovou glukózu a lipidový profil diabetických potkanů. Potkani byli rozděleni do čtyř skupin kontrolní, diabetické kontroly, diabetické skupiny, která přijímala doplněk semene amarantu (AG) (500g /kg diety) a diabetické skupiny, která přijímala amarantový olej (AO) (90 g/kg diety). Diety potkani přijímali 3 týdny. Hladiny sérové glukózy a glukózová tolerance byla u skupin AG a AO zlepšena. Sérové a jaterní lipidy (celkový cholesterol) byly sníženy. Exkrece cholesterolu, triglyceridů a žlučové kyseliny výkaly byly významně redukovány u diabetických potkanů a tyto parametry byly dramaticky zvýšeny při suplementaci AG a AO. Doplněk AG a AO zlepšil glukózový a lipidový metabolismus u potkanů s diabetem vyvolaným streptozotocinem.

Vliv diety doplněné amarantovým olejem na dynamiku lipidového profilu a složení mastných kyselin erytrocytů byl sledován u pacientů s ischemickým onemocněním srdce a hyperlipoproteinémií. Byla porovnávána účinnost diet s diferencovaným obsahem skvalenu (100, 200, 400 a 600 mg/den). Antiatherosklerotická dieta obsahující 600 mg skvalenu podpořila pozitivní změny hladin sérového cholesterolu a triglyceridů a složení mastných kyselin membrány erytrocytů (Gonor et al., 2006).

8. Využití amarantu

Využití amarantu je mnohostranné, je využíván k přímé konzumaci nebo je součástí mnoha potravinářských výrobků, nachází uplatnění v krmivářství a je surovinou i pro některá další průmyslová odvětví.

8.1 Potravinářské využití amarantu

V čerstvém stavu nebo jako vařená listová zelenina je konzumován v mnoha zemích Střední a Jižní Ameriky, Afriky a Asie. V západní Africe je využíván výhradně jako přísada do zeleninových polévek, zatímco semena zůstávají nevyužita (Ayorinde et al., 1989). Naopak vyspělé země jsou zaměřeny na získávání amarantových semen, která jsou potenciálním zdrojem proteinů, železa a vlákniny (Chaturvedi et al., 1993). Z tohoto důvodu je běžný postup rozlišovat druhy amarantu na zeleninové a semenné typy. Většinou je jako semenný typ uváděn světle semenný amarant, ačkoli i tmavá semena jsou požitelná (Kauffmann a Haas, 1983; Oke, 1983; Saunders a Becker, 1984; Kauffman., 1992).

Pro potravinářské účely se semena amarantu různě upravují – suchým mletím, pražením, pufováním, extruzí, bobtnáním, vařením za atmosférického nebo zvýšeného tlaku, vločkováním, naklíčením, enzymovým opracováním, tepelným opracováním s vápenným mlékem, promýváním v alkalické vodě a následným sušením, pufováním a rozemíláním (Bressani et al., 1992).

Naklíčení a tepelné opracování s vápenným mlékem podstatně zlepšují fyzikálně chemické vlastnosti a nutriční hodnotu semen. Během klíčení dochází ke zvýšení obsahu bílkovin a lysinu, celkových a redukcujících cukrů, vzrůstá obsah vitamínů, zejména B-komplexu a vitamínu C, snižuje se obsah stachyózy a rafinózy a nižší je také energetická hodnota naklíčených semen.

Vločkováním se zvyšuje využitelnost bílkovin, vařením vzrůstá jejich kvalita. Nejběžnější způsob úpravy celých semen je jejich opražení při teplotě 170 – 190 °C za normálního nebo zvýšeného tlaku, při kterém zrno pukne, zvětší svůj objem a získá oříškovou chuť (Betschart et al., 1981; Michalová, 1999).

Pufováním nebo popováním semen *Amarantus cruentus* došlo k poklesu nenasycených mastných kyselin ze 75,5 na 62,3 %. Maximální vliv byl pozorován u kyseliny linolové, u které došlo k prudkému poklesu z 46,8 na 27,0 %. Naopak obsah skvalenu se pufováním amarantových semen zvýšil na 15,5 % (Singhal a Kulkarni, 1990).

Jelikož je amarantové semeno dražší než zrna obilnin, je běžně používán jako součást cereálních potravin ke zvýšení jejich nutriční hodnoty. Tyto potraviny jsou často nabízeny jako např. amarantový chléb, cereálie, sušenky, keksy, cereální tyčinky nebo cokoli, co obsahuje relativně malé procento amarantu (cca 5 – 10 %). Při současné produkci tradičních obilnin je málo pravděpodobné, že se na trhu objeví produkty s jeho 100% obsahem. Tam, kde je zahrnut v množství menším než 50 % nebyla konzumenty pozorována oříšková nebo semenná chuť (Lehmann, 1988).

Amarantové vločky jsou součástí dětské výživy. Často se kombinují s ovesnými, kukuřičnými nebo pšeničnými produkty a používají se k vaření kaší, polévek a k výrobě dětských sušenek (Michalová, 1999).

Mezi nejběžnější výrobky na tuzemském trhu patří amarantová mouka, extrudáty, müsli s amarantem, směs na bezlepkový chléb, amarantové semeno, amarantové těstoviny, pečivo, zahušťovací směsi a další. Jako potravinové doplňky jsou využívány amarantový olej obsahující skvalen, vláknina ze zrna a z fytomasy, extrakty atd.

Amarant je vhodný ke zdravé výživě populace všech věkových kategorií, od dětí přes dospívající, dospělé až k populaci seniorů. Je však také vhodný pro dietní léčbu některých onemocnění a jejich prevenci. Amarantová bílkovina se využívá jako komponenta enterálních výživ a ke zlepšení bílkovinné rovnováhy těžce nemocných pacientů. Protože neobsahuje lepek a jeho protein je hypoalergenní, využívá se také pro nemocné glutenovou enteropatií.

Zvláštní význam má pro malé děti (lysin podporuje tvorbu mozkových buněk) a pro sportovce (minerály, vitamíny, nenasycené mastné kyseliny a kvalitní bílkovina podporují růst svalové hmoty). U starší generace podporuje regeneraci buněk a významně ovlivňuje látkovou výměnu. Olej užívaný vnitřně je možnou chemoprevencí nádorů zejména tlustého střeva. Semena obsahují také rutin, který zpevňuje vlásničky a působí tak jako prevence proti křečovým žilám, hemeroidům a mozkovým příhodám (Jelínek, 2001; Prokopowicz, 2001).

8.2 Využití amarantu jako krmiva

Ačkoli mohou být amarantová semena považována spíše za dražší krmivo, byly publikovány studie o jejich vlivu na užitkovost a zdraví zvířat. Ke krmným účelům se nejčastěji používají extrudáty, semeno mleté nebo tepelně upravené a také sušené celé rostliny. Studie věnující se problematice možného využití amarantu jako krmiva upozorňují na jeho vliv na užitkovost a zdraví zvířat (Škultéty et al., 1991).

Saunders a Becker (1984) shrnuli výsledky studií na kuřatech, prasatech, králících, krysách a hraboších krmných amarantem. Výsledky nebyly jednoznačné, některé vykazovaly nízkou užitkovost zvířat způsobenou různým obsahem antinutričních látek, jako jsou enzymové inhibitory proteáz (antitrypsin), lektiny (hemaglutinin), oxaláty, fytáty, saponiny, taniny atd. Nejednoznačné výsledky byly ovlivněny také druhovou odlišností amarantu.

Jalč et al. (1999) využili amarant jako náhradu ječmene v dietách fermentovaných v umělém batoru. Výsledky doložily, že amarantové semeno může v podmínkách in vitro částečně nahradit ječmen v dietách přežvýkavců.

Laovoravit et al. (1986) uvádějí, že zrno amarantu je vhodné krmivo pro drůbež, obsahuje 2,86 kcal ME/g a relativně vysoký obsah N-látek (13,5 %) s vysokým obsahem lysinu (0,96 %). Růst kuřat byl vyšší pokud byl použito autoklavované zrno.

Přírůstky hmotnosti brojlerových kuřat a příjem krmiva se snižovaly se zvyšujícími se hladinami (0, 200, 400 a 600 g/kg) surového semena amarantu v dietě. Po tepelném ošetření byly sledované ukazatele stejné jako u kontroly (Ravindran et al. 1996).

Vohra et al. (1989) uvádějí, že semeno amarantu obsahuje termolabilní, růst potlačující antinutriční látky pro kuřata, naproti tomu u japonské křepelky nebyl tento efekt zaznamenán.

Další výzkum v této oblasti je důležitý pro přesnější definování krmných možností, antinutričních problémů a pro použití nejvhodnějších druhů amarantu jako krmiva či pícniny (Weber et al., 1990).

Vzhledem k nedostatečným literárním zdrojům, které by ověřily možnosti uplatnění amarantu nebo jeho produktů ve výživě zvířat byla provedena řada studií. Výsledky vlastních pokusů jsou shrnuty ve druhé části této studie.

8.3 Průmyslové a další využití amarantu

Vzrůstné druhy jsou mimo jiné pěstovány pro produkci biomasy (produkce sušiny biomasy je přes 20 t/ha), jako zelené hnojení, k energetickému či průmyslovému využití (*A. australis* dorůstá výšky přes 5 m). Jsou využitelné pro výrobu papíru, některé druhy poskytují surovinu pro produkci barviv a kosmetických přípravků (Moudrý a Strašil, 1996; Prokopowicz, 2001). Amarant je využíván také jako okrasná rostlina vzhledem k velké barevnosti květenství (Moudrý, 2001).

II. Souhrn výsledků získaných při laboratorních analýzách a v pokusech na zvířatech

9. Výsledky laboratorních zkoušek

9.1 Obsah živin v sušené nadzemní biomase *Amaranthus cruentus* a *A. hypochondriacus*

Zveřejněno: Písaříková B., Peterka J., Trčková M., Moudrý J., Zralý Z., Herzig I. (2006): Chemical composition of the above-ground biomass of *Amaranthus cruentus* and *A. hypochondriacus*. *Acta Vet. Brno*, 75, 133-138.

Ke zjištění živinového složení bylo analyzováno 40 vzorků suché nadzemní biomasy rostlin dvou druhů a čtyř odrůd amarantu: *A. cruentus* (Olpir, Amar 2 RR-R 150, A 200 D) a *A. hypochondriacus* (No. 1008). Výsledky jsou uvedeny v tabulkách 1 až 4.

Tabulka 1. Obsah živin (g/kg), bruttoenergie (MJ/kg) v sušině nadzemní biomasy *Amaranthus cruentus*, variety Olpir v závislosti na růstové fázi

Dny kultivace	80	90	100	110	120	r	
N-látky ¹⁾	170,2 ± 4,60	161,9 ± 3,54	122,4 ± 2,40	122,2 ± 2,26	103,8 ± 1,20	-0,9565	*
Tuk	13,9 ± 0,21	19,3 ± 0,42	29,0 ± 0,78	32,1 ± 0,21	33,4 ± 0,21	0,9599	*
Vláknina	138,0 ± 2,97	168,6 ± 3,32	184,2 ± 3,89	200,8 ± 2,19	206,3 ± 7,21	0,9689	*
Popel	192,2 ± 0,42	158,7 ± 0,14	139,7 ± 1,56	138,4 ± 0,07	137,5 ± 0,85	-0,8746	NS
Bezdušičaté látky výtahové	485,7 ± 2,05	491,5 ± 1,85	524,7 ± 2,16	506,5 ± 1,20	519,0 ± 2,40	0,7643	NS
Organická hmota	807,8 ± 0,50	841,3 ± 0,20	860,3 ± 1,80	861,6 ± 0,15	862,5 ± 1,60	0,8746	NS
Bruttoenergie	16,8 ± 0,05	17,8 ± 0,04	18,1 ± 0,02	18,2 ± 0,42	18,3 ± 0,11	0,8802	NS

¹⁾ N x 6,25

r = regresní koeficient, signifikance regrese* P < 0,05, NS = nesignifikantní

Tabulka 2. Obsah živin (g/kg), bruttoenergie (MJ/kg) v sušině nadzemní biomasy *Amaranthus cruentus*, variety Amar 2 RR-R 150 v závislosti na růstové fázi

Dny kultivace	80	90	100	110	120	r	
N-látky ¹⁾	158,2 ± 1,20	144,4 ± 2,97	118,8 ± 1,77	112,3 ± 1,84	110,2 ± 2,47	-0,9480	*
Tuk	12,2 ± 0,14	16,1 ± 0,28	18,6 ± 0,07	24,1 ± 0,21	28,0 ± 0,28	0,9943	**
Vláknina	144,9 ± 2,12	189,0 ± 5,69	219,6 ± 5,51	243,6 ± 2,12	276,0 ± 1,20	0,9944	**

Popel	169,9 ± 0,14	161,6 ± 0,50	149,2 ± 0,57	146,9 ± 0,14	134,0 ± 0,42	-0,9858	**
Bezdušičkaté látky výtažkové	514,8 ± 1,41	488,9 ± 2,36	493,8 ± 1,98	473,1 ± 1,13	451,8 ± 1,08	-0,9510	*
Organická hmota	830,1 ± 0,20	838,4 ± 0,55	850,8 ± 0,63	853,1 ± 0,31	866,0 ± 0,40	0,9858	**
Bruttoenergie	16,6 ± 0,03	17,4 ± 0,01	17,8 ± 0,23	18,0 ± 0,04	18,1 ± 0,14	0,9333	*

¹⁾ N x 6,25

r = regresní koeficient, signifikance regrese* P < 0,05, ** P < 0,01

Tabulka 3. Obsah živin (g/kg), bruttoenergie (MJ/kg) v sušině nadzemní biomasy *Amaranthus cruentus*, variety A 200 D v závislosti na růstové fázi

Dny kultivace	80	90	100	110	120	r	
N-látky ¹⁾	185,4 ± 2,33	149,9 ± 3,68	114,9 ± 2,05	110,0 ± 2,83	108,9 ± 0,63	-0,9129	NS
Tuk	15,9 ± 0,28	18,6 ± 0,21	26,5 ± 0,21	33,4 ± 0,42	36,4 ± 0,14	0,9867	**
Vláknina	170,0 ± 3,68	173,3 ± 3,68	177,9 ± 3,75	181,5 ± 3,96	183,6 ± 7,00	0,9935	**
Popel	182,7 ± 0,14	159,7 ± 0,14	150,8 ± 0,35	142,4 ± 0,07	129,7 ± 0,14	-0,9787	**
Bezdušičkaté látky výtažkové	446,0 ± 1,61	498,5 ± 1,93	530,8 ± 1,59	532,7 ± 1,80	541,4 ± 1,90	0,9064	NS
Organická hmota	817,3 ± 0,21	840,3 ± 0,20	849,2 ± 0,40	857,6 ± 0,19	870,3 ± 0,20	0,9787	**
Bruttoenergie	17,0 ± 0,07	17,6 ± 0,17	17,9 ± 0,01	17,9 ± 0,01	18,4 ± 0,01	0,9558	*

¹⁾ N x 6,25

r = regresní koeficient, signifikance regrese* P < 0,05, ** P < 0,01, NS = nesignifikantní

Tabulka 4. Obsah živin (g/kg), bruttoenergie (MJ/kg) v sušině nadzemní biomasy *Amaranthus hypochondriacus*, variety No. 1008 v závislosti na růstové fázi

Dny kultivace	80	90	100	110	120	r	
N-látky ¹⁾	183,6 ± 1,41	150,0 ± 0,64	117,6 ± 1,27	117,2 ± 1,63	113,1 ± 0,01	-0,9063	NS
Tuk	14,8 ± 0,49	17,6 ± 0,35	28,7 ± 0,78	29,6 ± 0,28	33,2 ± 0,01	0,9559	*
Vláknina	163,5 ± 3,39	173,5 ± 3,60	196,6 ± 7,71	196,7 ± 7,70	233,7 ± 5,23	0,9552	*
Popel	192,2 ± 0,50	158,1 ± 0,28	141,7 ± 1,34	141,4 ± 0,85	138,4 ± 0,21	-0,8727	NS
Bezdušičkaté látky výtažkové	445,9 ± 1,45	500,8 ± 1,22	515,4 ± 2,75	515,1 ± 1,40	481,6 ± 1,08	0,4653	NS

Organická hmota	807,8 ± 0,60	841,9 ± 0,34	858,3 ± 0,40	858,6 ± 0,98	861,6 ± 0,36	0,8727	NS
Bruttoenergie	17,2 ± 0,07	17,6 ± 0,17	18,0 ± 0,07	18,1 ± 0,01	18,4 ± 0,01	0,9821	**

¹⁾N x 6,25

r = regresní koeficient, signifikance regrese* P < 0,05, ** P < 0,01, NS = nesignifikantní

Během pěti růstových fází od stadia nasazování květu do plné zralosti zrna mezi 80. a 120. dnem vegetace u sledovaných odrůd signifikantně poklesl obsah dusíkatých látek (ze 158,2 ± 1,20 až 185,4 ± 2,33 g/kg na 103,8 ± 1,20 až 113,1 ± 0,00 g/kg) a obsah popela (ze 169,9 ± 0,14 až 192,2 ± 0,42 g/kg na 129,7 ± 0,14 až 137,5 ± 0,85 g/kg). Naopak signifikantně narůstal obsah tuku (z 12,2 ± 0,14 až 15,9 ± 0,28 g/kg na 28,0 ± 0,28 až 36,4 ± 0,14 g/kg), vlákniny (ze 144,9 ± 2,12 až 170,0 ± 3,68 g/kg na 183,6 ± 7,00 až 276,0 ± 1,20 g/kg) a bruttoenergie (z 16,6 ± 0,03 až 17,2 ± 0,07 MJ/kg na 18,1 ± 0,14 až 18,4 ± 0,01 MJ/kg) mezi 80. a 120. dnem vegetace. Relativně vysoký obsah živin nadzemní biomasy amarantu v období od 80. do 90. dne vegetace predeterminuje možnost jejího využití k náhradě konvenčních krmiv.

9.2 Obsah nerozpustné vlákniny a hladiny N-látek v sušené nadzemní biomase *Amaranthus cruentus* a *A. hypochondriacus*

Zveřejněno: Písaříková B., J. Peterka J., Trčková M., Moudrý J., Zralý Z., Herzig I. (2007): *The contents of insoluble fibre and nutritive value of the above-ground biomass of Amaranthus cruentus and A. hypochondriacus. Czech. J. Anim. Sci. in press.*

Ke zjištění nutriční hodnoty bylo analyzováno dvacet vzorků nadzemní biomasy *Amaranthus cruentus* (variety Olpir, Amar 2 RR-R 150 a A 200 D) a *A. hypochondriacus* (varieta No. 1008). Experimentální perioda zahrnovala pět růstových fází - od období před květem do plné zralosti zrna. Během růstu rostliny, od 80. do 120. dne pěstování, nutriční hodnota klesala. To dokládá zvýšení hladiny nerozpustné vlákniny a snížení obsahu dusíkatých látek. Obsah neutrálně detergentní vlákniny (NDF) se zvýšil z 356 na 420 g/kg (P < 0,01) (o 18 %), acido detergentní vlákniny (ADF) z 238 na 286 g/kg (P < 0,01) (o 20 %) a acido detergentního ligninu (ADL) z 22,9 na 53,4 g/kg sušiny vzorku (P < 0,01) (o 133 %). Hladina dusíkatých látek sledovaných odrůd se snížila ze 174 na 109 g/kg sušiny vzorku (P < 0,01) (o 37 %). Průměrné koncentrace jednotlivých ukazatelů a regresní koeficienty dokumentuje tabulka 1.

Tabulka 1. Průměrné hladiny jednotlivých složek vlákniny a N-látek (g/kg) čtyř odrůd sušené nadzemní biomasy *Amaranthus cruentus* a *A. hypochondriacus*

Dny kultivace	80	90	100	110	120	r
NDF	356	379	388	401	420	0,6135**
ADF	238	248	260	276	286	0,6888**
ADL	22,9	31,0	42,0	44,8	53,4	0,8850**
Hemicelulózy	118	131	128	125	134	NS
Celulóza	215	217	218	231	233	NS
N-látky ¹⁾	174	152	119	115	109	-0,9115**

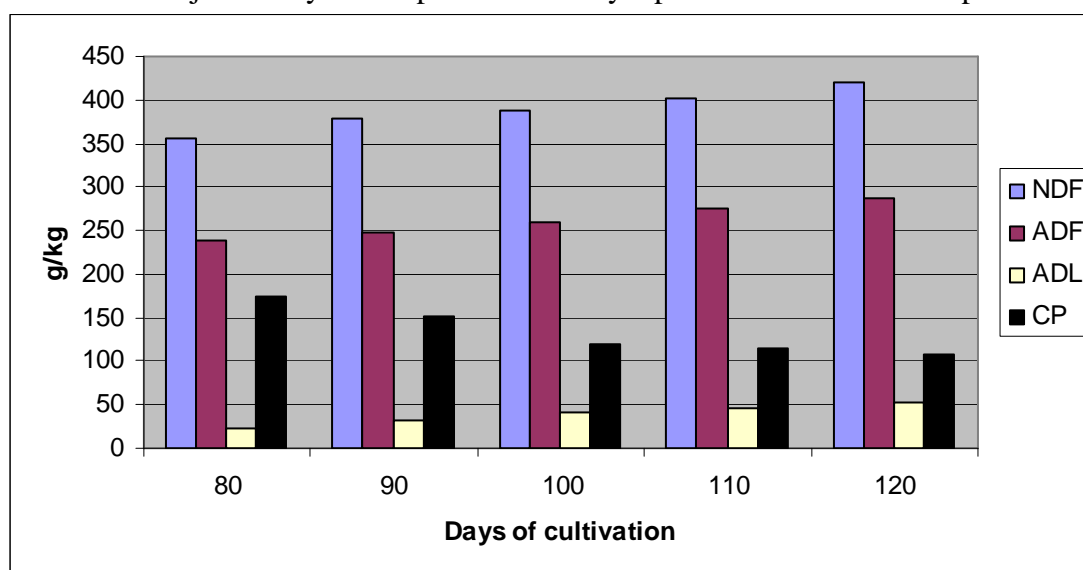
¹⁾(N x 6,25)

NDF – neutrálně detergentní vláknina; ADF – acido detergentní vláknina; ADL – acido detergentní lignin

r = regresní koeficient, signifikance regrese** P< 0,01, NS = nesignifikantní

Získané výsledky prokázaly významnou závislost nutriční hodnoty nadzemní biomasy amarantu na růstové fázi rostliny. Během růstu rostliny se nutriční hodnota snižovala, což je prezentováno poklesem obsahu dusíkatých látek a významným zvýšením hrubé vlákniny (graf 1). Vzhledem k relativně vysokému obsahu dusíkatých látek a současně k přiměřené produkci nadzemní biomasy se jeví jako nejvhodnější čas pro sklizeň období od 80. do 90. dne pěstování, v době nasazování květu a počátku kvetení. Tyto relativně vysoké hladiny proteinu doložily, že nadzemní biomasa amarantu může být využita jako výhodná náhrada konvenční píce. Ze čtyř sledovaných variant se ukázaly nejlepším zdrojem živin s nejvyšším obsahem proteinu A 200 D (*A. cruentus*) a No. 1008 (*A. hypochondriacus*). Lze konstatovat, že nadzemní biomasa v ČR pěstovaných odrůd *Amaranthus cruentus* a *A. hypochondriacus* sklizená mezi 80. až 90. dnem kultivace, může být využita jako dobrý zdroj vlákniny a proteinu v animálních dietách.

Graf 1. Vzrůst jednotlivých komponent vlákniny a pokles hladin N-látek v průběhu sledování



Nadzemní biomasa v ČR pěstovaných *Amaranthus cruentus* a *A. hypochondriacus* mohou být využity jako dobrý zdroj vlákniny a proteinu v dietách zvířat pokud sklizeň se uskuteční mezi 80. až 90. dnem kultivace.

9.3 Obsah živin, aminokyselin a mastných kyselin v amarantových surovinách - krmné amarantové mouce, popované amarantové zrna a sušené biomase amarantu

Zveřejněno: Písaříková B. (2006): Využití zrna amarantu a produktů jeho zpracování k náhradě živočišných mouček ve výživě kuřecích brojlerů. Závěrečná zpráva projektu QF 3112, MZe ČR, Národní agentura pro zemědělský výzkum.

Herzig I. - Písaříková B. - Roučková J. - Zralý Z. - Suchý P. (2002): Nutriční hodnota amarantu a možnosti jeho využití ve výživě. In: Sborník z mezinárodní konference V. dni výživy a veterinární dietetiky. Hrádek 11.-12. září 2002. Štátní veterinární správa SR v Bratislavě. ISBN 80-88985-71-4, EAN – 9788088985716.

V České republice se výrobou krmných amarantových surovin zabývá firma AMR Amaranat, s.r.o., Hradec Králové. Amaranatová mouka je získána pomletím surového zrna. Popované amarantové zrno je ošetřeno při teplotě 170 °C po dobu 30 s a pomleto. Sušená biomasa je získána sušením a pomletím nadzemní části rostliny v mléčně voskové zralosti. Jejich živinové složení je uvedeno v následujících tabulkách.

Tabulka 1. Obsah živin v amarantových surovinách (g/kg)

Ukazatel	Amarantové zrno popované	Amarantové zrno – mouka	Sušená nadzemní hmota amarantu
Sušina	932,0	915,3	915,7
N-látky	172,5	166,0	113,2
Tuk	53,5	71,5	33,5
Hrubá vláknina	35,2	45,0	144,0
NDF	99,9	87,5	292,6
ADF	58,4	62,1	271,9
Popel	34,5	33,7	167,4
BNLV	636,2	599,1	457,6
OH	897,5	881,6	748,2

Tabulka 2. Zastoupení aminokyselin v proteinu amarantových surovin (g/kg)

Aminokyselina	Amarantové zrno popované	Amarantové zrno – mouka	Sušená nadzemní hmota amarantu
Cystin	4,1	4,2	2,3
K. asparagová	13,8	13,2	13,3
Methionin	2,5	2,2	2,1
Threonin	6,5	6,0	6,7
Serin	12,3	11,0	9,4
Glutin	24,9	25,0	17,0
Prolin	4,1	4,1	4,5
Glycin	19,1	20,0	14,1
Alanin	9,2	8,8	6,4
Valin	7,4	6,8	8,0
Isoleucin	5,6	5,2	5,8
Leucin	8,4	7,9	7,9
Tyrosin	0,2	0,3	0,6
Phenylalanin	-	-	0,5
Histidin	3,0	2,8	2,0
Lysin	8,8	9,2	7,7
Arginin	14,2	12,8	15,0

Tabulka 3. Zastoupení mastných kyselin v lipidech amarantových surovin (%)

MEMK	Amarantové zrno popované	Amarantové zrno mouka	Sušená nadzemní hmota amarantu
Laurová C12:0	0,24	0,01	0,04
Tridekanová C13:0	0,00	0,00	0,20
Myristová C14:0	0,10	0,09	0,59
Myristooolejová C14:1 N9c	0,00	0,04	0,28

Palmitová C16:0	10,4	9,49	17,6
Palmitoolejová C16:1 N9c	0,45	0,40	0,28
Heptadekanová C17:0	0,27	0,20	0,34
Stearová C18:0	4,31	3,85	7,00
Elaidová C18:1 N9t	0,00	0,15	0,40
Olejová C18:1 N9c	17,6	19,3	26,7
Linolová C18:2 N6c	54,7	53,1	29,5
Linolenová C18:3 N3	1,06	1,76	3,70
Arachová C20:0	0,44	0,34	1,18
Cis-11-Eicosenová C20:1	0,56	0,75	0,95
Cis-11,14-Eicosadienová C20:2	0,00	0,00	10,1
Cis-11,14,17- Eicosatrienová C20:3n3	9,79	10,3	0,49
Heneicosanová C21:0	0,00	0,20	0,62
Behenová C22:0	0,00	0,00	0,00

Tepelné úpravy amarantových semen (popování, extruze, pufování, vaření atd.) se používají za účelem snížení obsahu a omezení působení antinutričních látek. Nejběžnější způsob úpravy semen je jejich „opražení“ (popování) při teplotě 160 až 170 °C za normálního nebo zvýšeného tlaku. Semeno pukne, zvětší svůj objem a získá oříškovou příchut'. Takto upravená semena se používají jako doplněk racionální výživy. Působením teploty však může dojít ke změnám živinového složení, k destrukci bílkovinné a tukové složky amarantu. Lipidická složka je bohatá na nenasycené mastné kyseliny z nichž 50 % tvoří kyselina linolová, která je prekursorem nasycených a nenasycených aldehydů. Může dojít ke zvýšení celkového obsahu volatilních sloučenin, z nichž například hexanal je u mnoha potravin považován za indikátor oxidativního stavu.

9.4 Obsah dusíkatých látek, stravitelných dusíkatých látek a jednotlivých složek vlákniny (NDF, ADF) vybraných odrůd neošetřeného a tepelně ošetřeného zrna *Amaranthus cruentus*, *A. hypochondriacus*, *A. caudatus* a *A. hybridus*

Zveřejněno: Písaříková B., Herzig I., Trčková M. (2004): Obsah vlákniny a stravitelnost dusíkatých látek in vitro po tepelném ošetření zrna amarantu. In: Sborník Aktuální problémy šlechtění, chovu, zdraví a produkce drůbeže. České Budějovice 2004. ISBN 80-85645-48-5.

Tabulka 1. Obsah sušiny, dusíkatých látek (N x 6,25) a tuku (g/kg)

Odrůda	Sušina		Dusíkaté látky		Tuk	
	Neošetřené zrna	Tepelně ošetřené zrna	Neošetřené zrna	Tepelně ošetřené zrna	Neošetřené zrna	Tepelně ošetřené zrna
Olpir	924,0	949,2	144,6	148,6	75,9	77,1
K 283	917,5	925,4	128,4	158,0	81,1	74,0
Koniz	881,2	932,8	125,0	141,3	71,4	69,2
Elbrus	917,0	947,8	125,0	144,8	75,2	77,3
D 701	906,3	953,8	142,9	142,7	76,8	68,5
K 432	898,2	965,2	136,3	147,4	73,0	67,1

Směs odrůd	907,6	945,8	144,8	143,8	80,6	75,6
Průměr ± SD	907,4 ± 14,4	945,7 ± 13,2	135,3 ± 9,08	146,7 ± 5,61	76,3 ± 3,61	72,7 ± 4,32

Tabulka 2. Obsah NDF, ADF (g/kg), a stravitelnost dusíkatých látek in vitro (%)

Odrůda	NDF		ADF		Stravitelnost N-látek „in vitro“	
	Neošetřené zrno	Tepelně ošetřené zrno	Neošetřené zrno	Tepelně ošetřené zrno	Neošetřené zrno	Tepelně ošetřené zrno
Olpir	123,0	140,2	60,3	69,4	70,0	49,7
K 283	75,8	142,1	43,2	62,5	72,0	47,9
Koniz	96,6	142,2	48,2	65,5	62,8	55,8
Elbrus	113,7	146,4	42,6	56,2	70,6	43,0
D 701	112,4	158,6	48,1	64,0	72,5	40,9
K 432	106,4	146,4	40,4	60,6	66,0	49,1
Směs odrůd	85,2	169,5	43,0	59,6	71,8	42,3
Průměr ± SD	101,9 ± 16,8	149,3 ± 10,8	46,5 ± 6,73	62,5 ± 4,29	69,4 ± 3,63	47,0 ± 5,25

U sledovaných ukazatelů jsou rozdíly mezi odrůdami neošetřeného a tepelně ošetřeného zrna statisticky průkazné: N-látky $P < 0,01$, NDF $P < 0,01$, ADF $P < 0,01$, stravitelné N-látky „in vitro“ ($P < 0,01$). Po tepelném ošetření se zvýšil celkový obsah N-látek zatímco významně poklesl obsah stravitelných N-látek vlivem tepelného ošetření. Výsledky jsou v souladu s údaji literatury, které uvádějí kvantitativní modifikaci složek dietní vlákniny vlivem záhřevu (Anderson a Clydesdale 1980, Herranz et al 1981, Jonston a Oliver 1982, Reistad a Frolich 1984).

9.5 Obsah aminokyselin a biologická hodnota bílkoviny vybraných odrůd neošetřeného a tepelně ošetřeného zrna *Amaranthus cruentus*, *A. hypochondriacus*, *A. caudatus* a *A. hybridus*

Zveřejněno: Písaříková B., Kráčmar S., Herzig I. (2004): Obsah aminokyselin ve vybraných odrůdách zrna amarantu. In: Sborník Proteiny 2004. Brno, 10.6. 2004. s. 21-26.

Písaříková B., Kráčmar S., Herzig, I. (2005): Amino acid contents and biological value of protein in various amaranth species. Czech J. Anim. Sci., 50, 169-174.

U neošetřeného i tepelně ošetřeného zrna byl zjištěn vysoký obsah Lys a Arg, vyhovující obsah Cys a nižší hladiny Met, Val, Ile a Leu. Jako limitující aminokyselina se jeví Val, Leu a Ile (Tabulka 1 a 2). Chemická skóre jednotlivých aminokyselin uvádí tabulka 3. Hodnota EAAI (zjištěná z chemických skóre esenciálních aminokyselin) 90,4 % dokládá příznivou nutriční hodnotu dusíkatých látek zrna amarantu srovnatelnou s vaječnou bílkovinou (Tabulka 4). Tepelné ošetření popováním, 170 až 190 °C po dobu 30 s, se projevilo snížením EAAI na 85,4 %. Ze sledovaných esenciálních aminokyselin došlo ke statisticky významnému ($P < 0,05$) poklesu obsahu Val a Leu (Tabulka 3).

Tabulka 1. Obsah aminokyselin ve vybraných odrůdách neošetřeného zrna *Amaranthus cruentus*, *A. hypochondriacus*, *A. caudatus* a *A. hybridus* (g/16 g N)

Aminokyselina	Olpir	K 283	Koniz	Elbrus	K 432	D 701	Směs odrůd
Cystin	3,14	3,38	2,90	3,20	3,13	3,57	3,53
K. asparagová	9,99	10,40	10,70	9,56	10,20	10,50	10,40
Methionin	1,97	2,03	2,27	2,03	1,74	2,35	2,19
Threonin	4,93	4,90	4,47	4,66	4,15	5,03	5,07
Serin	8,77	8,93	9,34	7,72	7,59	8,79	9,16
Glutin	15,50	16,60	17,70	15,80	16,10	16,80	15,60
Prolin	4,62	3,71	3,74	4,00	3,86	3,88	4,00
Glycin	14,30	14,70	15,20	13,20	13,20	15,00	14,40
Alanin	6,19	6,19	6,18	5,92	5,05	5,78	6,46
Valin	4,82	4,88	5,34	4,74	4,60	4,91	5,10
Isoleucin	3,64	3,69	3,76	3,40	3,68	3,24	3,86
Leucin	6,22	6,52	6,90	5,88	6,76	5,81	6,50
Histidin	1,98	1,86	1,74	1,73	2,27	1,58	2,00
Lysin	8,05	8,00	7,99	7,57	6,06	7,84	6,90
Arginin	12,70	13,20	14,50	13,50	15,60	13,90	14,10

Tabulka 2. Obsah aminokyselin ve vybraných odrůdách tepelně ošetřeného zrna *Amaranthus cruentus*, *A. hypochondriacus*, *A. caudatus* a *A. hybridus* (g/16 g N)

Aminokyselina	Olpir	K 283	Koniz	Elbrus	K 432	D 701	Směs odrůd
Cystin	2,92	2,98	3,39	3,11	2,94	3,25	3,04
K. asparagová	9,44	9,37	10,20	10,30	9,55	10,00	9,79
Methionin	1,79	1,99	2,14	2,19	1,99	2,21	2,12
Threonin	4,37	4,57	4,91	4,36	4,74	4,84	4,65
Serin	8,26	8,21	8,51	8,49	8,17	8,31	8,28
Glutin	16,80	16,80	16,30	16,20	16,50	15,90	15,30
Prolin	4,08	3,33	3,25	3,71	4,40	3,38	3,93
Glycin	13,40	13,80	14,40	13,90	13,90	14,00	13,70
Alanin	5,70	5,94	5,78	6,02	5,88	5,60	6,18
Valin	4,48	4,52	4,83	4,65	4,61	4,61	4,76
Isoleucin	3,36	3,61	3,67	3,61	3,45	3,25	3,59
Leucin	5,86	6,02	5,79	6,08	5,95	5,62	6,08
Tyrosin	0,29	0,22	0,52	0,26	0,26	0,24	0,30
Histidin	2,06	1,49	1,63	1,66	1,77	1,52	1,77
Lysin	6,96	6,65	7,45	7,36	6,31	6,98	6,67
Arginin	12,20	12,60	13,20	13,00	12,20	13,10	13,50

Tabulka 3. Průměrný obsah aminokyselin (g/16 g N) a chemická skóre (%) u vybraných odrůd neošetřeného a tepelně ošetřeného zrna *Amaranthus cruentus*, *A. hypochondriacus*, *A. caudatus* a *A. hybridus* (n=7)

Aminokyselina	Ovalbumin slepičího vejce	Neošetřené zrna			Tepelně ošetřené zrna		
		Průměr	SD	Chemické skóre	Průměr	SD	Chemické skóre
Cystin	1,8 ^{*)}	3,26	0,24	181	3,09	0,17	172
K. asparagová	8,2	10,20	0,38	124	9,80^a	0,37	120
Methionin	4,1	2,08	0,20	51	2,06	0,14	50
Threonin	4,0	4,74	0,33	118	4,63	0,21	116
Serin	9,1	8,61	0,68	95	8,32	0,13	91
Glutin	13,2	16,30	0,78	124	16,20	0,53	123
Prolin	3,7	3,97	0,30	107	3,72	0,43	100
Glycin	4,8	14,30	0,80	298	13,80	0,30	288
Alanin	8,9	5,96	0,46	67	5,87	0,19	66
Valin	7,1	4,91	0,24	69	4,64^a	0,12	65
Isoleucin	6,3	3,61	0,21	57	3,50	0,16	56
Leucin	8,3	6,37	0,42	77	5,91^a	0,17	71
Tyrosin	2,4	-	-	-	0,30	0,10	-
Histidin	1,8	1,88	0,22	104	1,70	0,19	94
Lysin	5,1	7,49	0,75	147	6,91	0,40	135
Arginin	3,9	13,90	0,95	356	12,80^a	0,51	328

^a Rozdíl oproti neošetřeným vzorkům je statisticky významný (P<0,05)

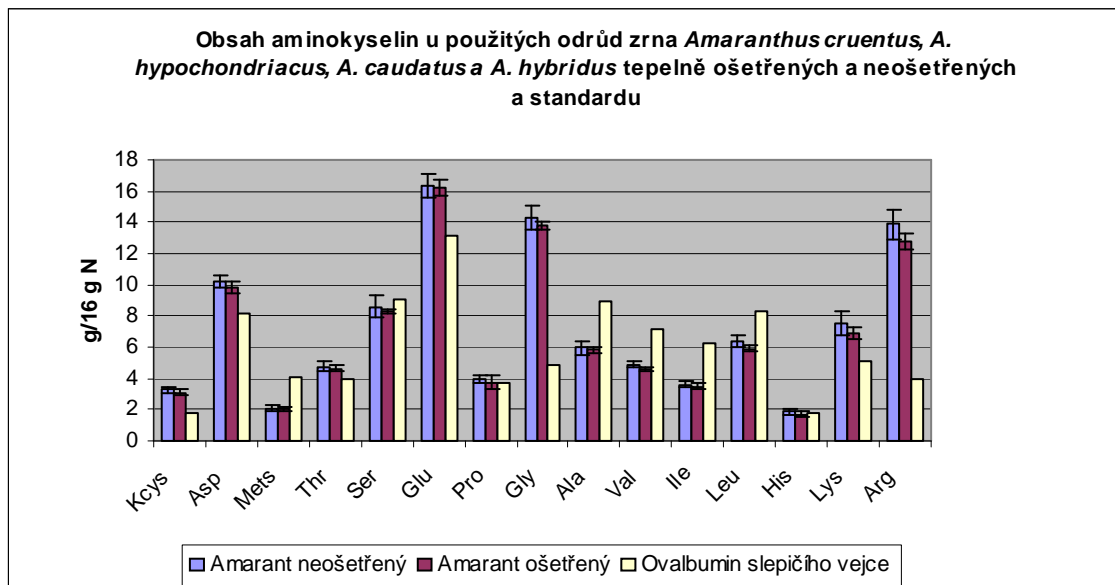
^{*)}cystein a cystin

Tabulka 4. Chemická skóre (%) a index esenciálních aminokyselin (EAAI %) u vybraných odrůd neošetřeného a tepelně ošetřeného zrna *Amaranthus cruentus*, *A. hypochondriacus*, *A. caudatus* a *A. hybridus*

Aminokyselina ^{x)}	Chemické skóre	
	Neošetřené zrna	Tepelně ošetřené zrna
Histidin	104	94
Isoleucin	57	56
Leucin	77	71
Lysin	147	135
Methionin+Cystin	90	87
Threonin	118	116
Valin	69	65
EAAI	90,4	85,4

^{x)} Food and Agricultural Organization, WHO, 1983, Crim Munro, 1984

Graf 1.

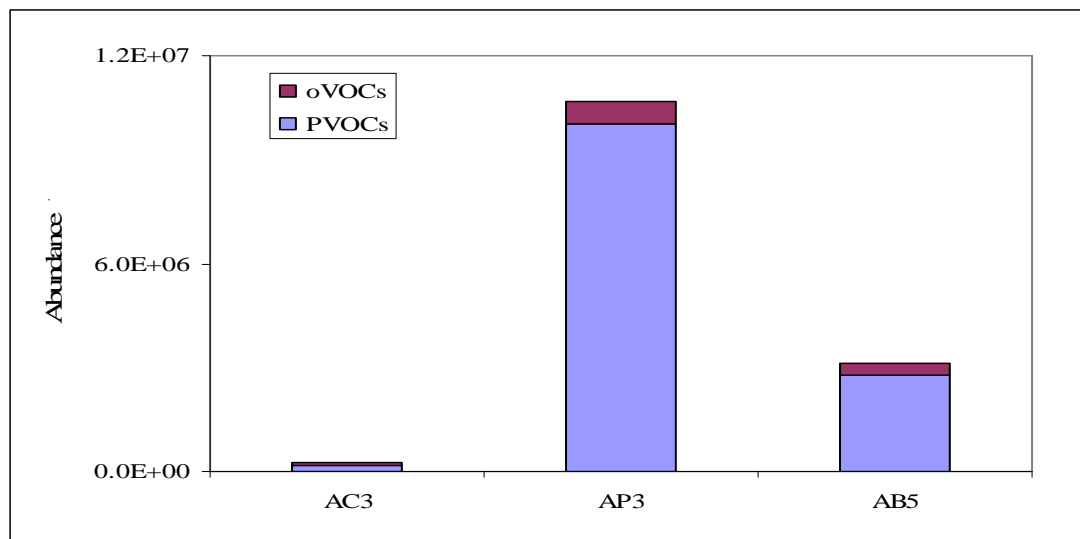


9.6 Obsah těkavých organických sloučenin v surovém a tepelně upraveném zrna a sušené biomase amarantu (*Amaranthus L.*)

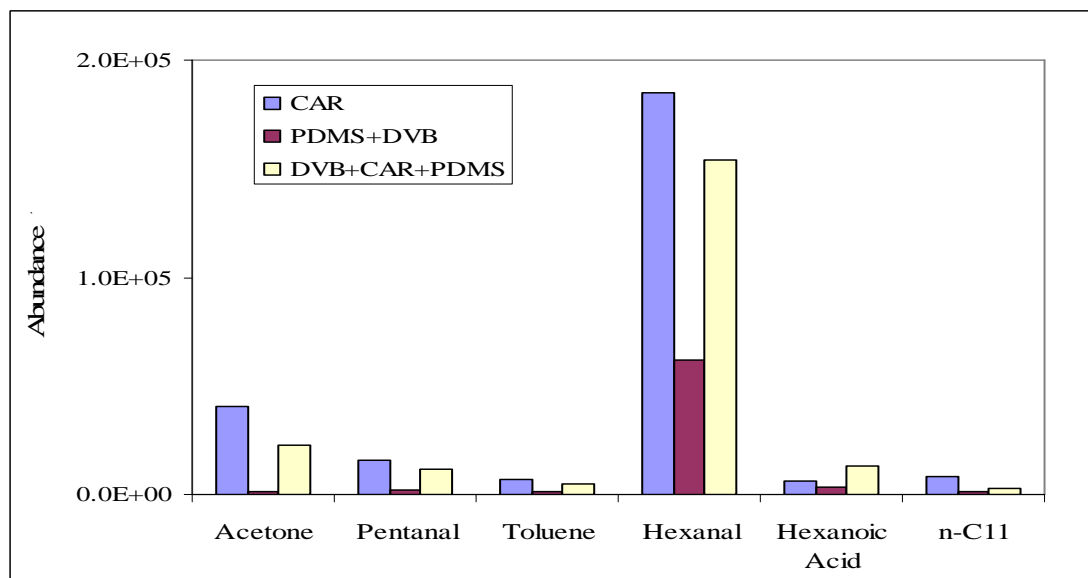
Zveřejněno: Ciganek M., Pisarikova B., Zraly Z. (2007): Analytical method for determination of volatile organic compounds in the crude and heat treated amaranth samples. *Veterinární Medicína*, 52 (3), 111-120.

Ve vzorcích bylo identifikováno více než 100 organických sloučenin s různou chemickou strukturou. Bylo zjištěno, že tepelná úprava (popování) amarantu vede k významným změnám složení emitovaných organických sloučenin. Největší emise těkavých organických sloučeniny byly zjištěny pro popované amarantové zrno v porovnání s biomasou z amarantu. Ve vzorcích amarantu byla zjištěna nejvyšší koncentrace hexanal a kyseliny octové. Celkové koncentrace kvantifikovaných těkavých organických sloučenin byly v rozmezí 2,2 až 68,9 $\mu\text{g/g}$ sušiny vzorku. Emitované sloučeniny byly zachyceny pomocí extrakce na pevném sorbentu (SPME) a identifikovány technikou plynové chromatografie s hmotnostní spektrometrií.

Graf 1. Celkové emise těkavých organických sloučenin u vybraných druhů amarantu (hrubé zrnó – AC3, popované zrnó – AP3 a granulovaná biomasa – AB5)



Graf 2. Extrakční efektivita vybraných organických sloučenin u vzorků amarantu



Tabulka 1. Koncentrace vybraných těkavých organických sloučenin ve vzorcích amarantu (ng/g)

Compound name	Sample name										
	AC1	AP1	AC2	AP2	AC3	AP3	AB1	AB2	AB3	AB4	AB5
Methylene Chloride	6.28	42.3	9.04	33.6	3.85	9.68	7.61	5.34	1.34	59.6	5.83
Chloroform	55.2	854	75.4	478	144	60.1	263	228	23.4	356	79.5
Benzene	13.1	55.2	7.70	62.6	34.3	186	66.9	24.4	15.4	108	165
Trichloroethylene	7.60	36.3	5.90	15.0	66.0	321	488	8.73	4.12	69.6	294
Toluene	58.6	695	97.0	648	251	798	1165	307	592	764	631
Hexanal	2483	16674	462	23414	822	23851	22861	8555	14203	19399	10473
Ethylbenzene	15.6	126	18.3	65.8	20.8	67.7	237	76.1	47.0	180	77.8
m+p-Xylene	27.9	217	28.8	107.5	34.4	128	469	129	64.1	308	136
o-Xylene	16.6	232	29.9	104.3	36.0	126	469	137	81.1	388	137
Styrene	42.5	32.2	18.2	21.6	9.67	30.1	358	58.4	75.8	147	81.5
Naphthalene	986	1183	894	2114	689	2359	6802	788	1263	3832	2923
Acetone	282	1115	106	1987	101	1688	2917	187	452	582	323
Acetic acid	14.2	1611	216	3184	61.1	3109	7391	15148	8389	34753	13811
3-Meethylbutanal	18.3	483	3.80	513	11.8	41.9	2068	163	22.8	217	61.9
2-Methylbutanal	12.1	608	3.98	1053	10.3	57.3	1246	363	584	387	167
2-Methyl-1-propene	27.9	192	15.6	151	34.7	193	201	34.0	14.5	278	39.1
2-Pentanone	13.6	31.6	3.82	64.0	2.97	91.3	803	29.0	40.4	36.0	23.6
5-Nonanol	138	1390	26.6	2215	54.3	4665	8139	1028	1695	1447	888
Pentanal	109	729	29.3	998	52.8	1594	2816	413	647	841	412
Propanoic Acid	0.20	5.71	0.71	24.1	1.23	133	1665	193	370	926	252
4,5-Dimethyl-1-hexene	152	1940	22.9	2226	62.7	1976	489	84.8	213	510	327
2-Heptanone	52.0	871	27.6	745	86.2	1006	689	138	518	434	266
Heptanal	9.80	87.9	5.93	87.3	10.6	515	286	93.2	211	374	161
Pentanoic acid	4.75	37.4	5.40	45.7	6.12	325	231	10.9	53.3	470	62.8
2,5-Dimethylpyrazine	4.94	3140	7.93	4234	12.1	215	91.14	21.7	46.7	398	49.7
Hexanoic Acid	65.1	474	30.6	554	143	549	1141	257	68.4	302	191
Me-Heptenone	19.0	358	3.87	622	9.26	366	1503	404	2355	1318	663
Sum of Concentrations	4635	33221	2156	45768	2771	44460	64864	28885	32050	68885	32700

10. Výsledky krmných pokusů

10.1 Stravitelnost diet s obsahem neošetřeného a tepelně ošetřeného zrna amarantu u kuřecích brojlerů

Zveřejněno: Písaříková B., Zralý Z., Kráčmar S., Trčková M., Herzig I. (2005): Nutritive value of amaranth grain (*Amaranthus L.*) in the diets for broiler chickens. *Czech J. Anim. Sci.*, 50, 568-573.

Složení diet je uvedeno v následujících tabulkách 1 a 2.

Tabulka 1. Složení diet kuřecích brojlerů (%)

Komponenta	Kontrola (Dieta 1)	Surový amarant (Dieta 2)	Popovaný amarant (Dieta 3)
Amarantové zrno	-	10	10
Pšenice	67,2	60,2	60,2
Sojový extrahovaný šrot	24	21	21
Slunečnicový olej	4	4	4
Vápenec	1,31	1,28	1,28
UK VD (vitaminový a minerální premix)	2,5	2,5	2,5

Složení UK VD: vitamin A (m.j.) 560 000, vitamin D3 (m.j.) 200 000, vitamin K (mg) 98, vitamin E (mg) 2 100, vitamin B1 (mg) 98, vitamin B2 (mg) 270, vitamin B6 (mg) 150, vitamin B12 (mg) 0,9, niacin (mg) 1200, kyselina listová (mg) 32, pant. vápenatý (mg) 390, cholinchlorid (mg) 30 000, biotin (mg) 3,5, L- lysin HCl (g) 85, D,L-methionin (g) 74, L-threonin (g) 50, kobalt (mg) 10,5, jod (mg) 15, selen (mg) 5,2, měď (mg) 280, mangan (mg) 3300, zinek (mg) 1800, železo (mg) 3200, sodík (g) 20, fosfor (g) 6, vápník (g) 100, avilamycin (mg) 400

Tabulka 2. Obsah živin v dietách brojlerových kuřat (v sušině) (g/kg)

Krmná směs	Kontrola (Dieta 1)	Surový amarant ^a (Dieta 2)	Popovaný amarant ^b (Dieta 3)
N-látky	206,0	203,3	202,1
Tuk	74,9	70,2	70,0
NDF	91,9	105,0	95,8
Celulóza	63,3	63,7	61,0
Bezdušičaté látky výtažkové	586,9	613,0	609,2
Organická hmota	914,8	928,5	928,5
Bruttoenergie (MJ/kg)	20,27	20,29	20,06

^a analýza surového amarantu (g/kg): sušina 892,6; N-látky 158,1; tuk 71,5; NDF 99,2; celulóza 86,6; popel 30,2; bezdušičaté látky výtažkové 600,1; organická hmota 862,4;

^b analýza popovaného amarantu (g/kg): sušina 938,7; N-látky 168,5; tuk 69,4; NDF 111,8; celulóza 60,0; popel 31,4; bezdušičaté látky výtažkové 633,4; organická hmota 907,3

V bilančních pokusech na kuřecích brojlerech ROSS 308 byly pro kontrolní a pokusné diety obsahující 0, 10 % surového a 10 % popovaného amarantového zrna, stanoveny koeficienty bilanční stravitelnosti (%): N-látek 85,4, 86,5 a 83,0, tuku 88,3, 88,2 a 86,1, NDF 21,2, 27,6 a 15,9, celulózy 25,0, 38,4 a 36,3, bezdušičatých látek výtažkových 76,1, 82,6 a 81,1, organické hmoty 77,3, 81,8 a 80,6 a bruttoenergie 77,5, 80,6 a 78,2. Zařazení 10 % popovaného amarantového zrna v krmné směsi (Dieta 3), oproti krmné směsi bez amarantu (Dieta 1), se projevilo signifikantním snížením ($P < 0,01$) stravitelnosti N-látek, tuku a NDF a zvýšením ($P < 0,01$) stravitelnosti celulózy, bezdušičatých látek výtažkových a organické hmoty. Srovnáním diety s obsahem popovaného (Dieta 3) a surového amarantového zrna (Dieta 2)

byly zjištěny statisticky významně nižší ($P < 0,01$) koeficienty stravitelnosti N-látek, tuku, NDF, bruttoenergie, bezduškatých látek výtažkových, organické hmoty, a celulózy ($P < 0,05$) (Tabulka 3).

Tabulka 3. Koeficienty bilanční stravitelnosti pokusných diet (%)

Ukazatel	Kontrola (Dieta 1) n=5	Surový amarant (Dieta 2) n=5	Popovaný amarant (Dieta 3) n=5
N-látky	85,4 ± 0,45	86,5 ± 0,35 ^{a**}	83,0 ± 1,60 ^{b* c**}
Tuk	88,3 ± 0,92	88,2 ± 0,50	86,1 ± 0,34 ^{b**c**}
NDF	21,2 ± 1,14	27,6 ± 0,38 ^{a**}	15,9 ± 1,25 ^{b**c**}
Celulóza	25,0 ± 0,88	38,4 ± 1,35 ^{a**}	36,3 ± 1,11 ^{b** c*}
Bezduškaté látky výtažkové	76,1 ± 0,27	82,6 ± 0,33 ^{a**}	81,1 ± 0,56 ^{b**c**}
Organická hmota	77,3 ± 0,29	81,8 ± 0,31 ^{a**}	80,6 ± 0,23 ^{b** c**}
Bruttoenergie (MJ/kg)	77,5 ± 0,66	80,6 ± 0,32 ^{a**}	78,2 ± 0,17 ^{c**}

* $P < 0,05$, ** $P < 0,01$

a = Kontrola : Surové zrno, b = Kontrola : Popované zrno, c = Surové zrno : Popované zrno

Snížení stravitelnosti N-látek, tuku a NDF při zařazení popovaného amarantu (Dieta 3), lze vysvětlit snížením nutriční hodnoty amarantového zrna vlivem popování. Při tepelných úpravách může dojít k poškození esenciálních aminokyselin, které se projeví snížením jejich obsahu nebo převedením v racemickou směs (Bressani et al., 1987b; Tovar et al., 1989). Řada autorů také uvádí kvantitativní změny složek dietní vlákniny po tepelném ošetření a vznik nestravitelných komplexů vlákninových složek s proteinem a aminokyselinami (Anderson a Clydesdale 1980; Herranz et al., 1981; Jonston a Oliver 1982; Reistad a Frolich 1984; Jorgensen et al., 1996). Působením teploty dochází i k narušení tukové složky. Například Singhal a Kulkarni (1990) uvádějí u popovaného zrna *Amaranthus cruentus* snížení obsahu nenasycených mastných kyselin ze 75,5 na 62,3 % a významné snížení hladiny kyseliny linolové ze 46,8 na 27,0 %.

Vysoký obsah hrubého proteinu, příznivé složení aminokyselin a vlákniny surového amarantového zrna a vysoké koeficienty bilanční stravitelnosti živin diety s jeho 10% obsahem, predeterminují surové amarantové zrno jako vhodnou náhradu konvenčních krmiv v krmných směsích brojlerových kuřat.

10.2 Produkční účinnost diet s obsahem amarantových surovin u kuřecích brojlerů

Zveřejněno: Písaříková B., Zralý Z., Kráčmar S., Trčková M., Herzig I. (2006): *The use of amaranth (genus Amaranthus L.) in the diets for broiler chickens. Veterinární Medicína, 54, (7), 399-407.*

Písaříková, B., Zralý, Z., Trčková, M., Herzig, I. (2006): *Produkční účinnost krmných směsí se zastoupením amarantu. Krmivářství 1, 2006, 39-42. ISSN 1212-9992 MK ČR E 7525.*

Cílem práce bylo ověřit možnost náhrady živočišné bílkoviny v dietě brojlerových kuřat amarantem ve formě zrna nebo sušené nadzemní biomasy a posoudit vliv na užitkovost, konverzi krmiva a efektivitu výkrmu (EEF). Pokusné skupiny brojlerů byly krmeny krmnými směsmi s obsahem surového (AM) a tepelně ošetřeného (AP) amarantového zrna nebo sušené nadzemní biomasy (AÚ), kontrolní skupiny (K) dietou s obsahem živočišné bílkoviny.

Tabulka 1. Složení a obsah živin v pokusných krmných směsích brojlerových kuřat

	Dieta ¹							
	1. fáze výkrmu				2. fáze výkrmu			
<i>Suroviny (%)</i>	K	AP	AM	AÚ	K	AP	AM	AÚ
Pšenice ozimá	47,6	36,9	37,0	40,5	37,1	33,2	33,4	36,8
Kukuřice zrno 10 % CP	15,0	15,0	15,0	15,0	25,0	20,0	20,0	20,0
Soj.extr.šrot 48 % CP	25,7	29,6	29,5	30,8	25,7	27,5	27,3	28,6
Kvasnice Vitex	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Rybí moučka 64% CP	3,00	-	-	-	2,00	-	-	-
Amarant (AP)	-	8,00	-	-	-	8,0	-	-
Amarant (AM)	-	-	8,00	-	-	-	8,0	-
Amarant (AÚ)	-	-	-	3,00	-	-	-	3,00
Slunečnicový olej	2,10	3,60	3,50	3,70	4,36	5,50	5,43	5,50
Bolifor-MCP-F	-	0,13	0,13	0,10	0,27	0,28	0,28	0,49
Krmný vápenec	0,86	0,78	0,78	1,02	1,00	0,86	0,86	1,00
Krmná sůl	0,10	0,18	0,18	0,18	0,01	0,14	0,15	0,15
Lysin 60%	0,20	0,30	0,31	0,30	-	-	-	-
Methionin 40%	-	0,10	0,10	0,10	-	0,10	0,10	0,10
Threonin 20%	0,40	0,35	0,50	0,42	-	0,03	0,03	0,03
UK VD 1 ²	3,00	3,00	3,00	3,00	-	-	-	-
UK VD 2 ³	-	-	-	-	2,50	2,50	2,50	2,50
<i>Obsah živin (g/kg)</i>								
Sušina	880,7	887,5	885,3	883,0	884,5	895,0	892,1	888,6
N-látky	235,4	230,8	234,0	231,4	224,3	220,4	223,2	221,9
Tuk	41,0	54,3	52,8	52,2	58,6	58,1	63,4	57,6
Vláknina	22,6	26,4	29,2	29,1	23,6	27,1	23,9	24,1
Popel	64,8	62,4	60,2	55,6	56,0	62,0	56,8	58,4
BNLV	516,9	513,6	509,1	514,7	522,0	527,4	524,8	526,6
OH	815,9	825,1	825,1	827,4	838,5	843,0	863,3	840,2
MEd (MJ/kg) ⁴	12,7	12,6	12,6	12,6	13,3	13,3	13,3	13,2

¹⁾ K – kontrolní dieta, AP popované amarantové zrno, AM – surové amarantové zrno, AÚ - sušená biomasa

Analýza AP (g/kg): sušina 932,0, N-látky 172,5, eter extrakt 53,5, vláknina 35,2, popel 34,5, BNLV 636,2, OH 897,5, NDF 99,9, ADF 58,4; *AM (g/kg):* sušina 915,3, N-látky 166,0, eter extrakt 71,5, vláknina 45,0, popel 33,7, BNLV 599,1, OH 881,6, NDF 87,5, ADF 62,1; *AÚ (g/kg):* sušina 915,7, N-látky 113,2, eter extrakt 33,5, vláknina 144,0, popel 167,4, BNLV 457,6, OH 748,2, NDF 292,6, ADF 271,9

²⁾ *Obsah suplementárních látek v 1 kg:* 560 000 IU vitamin A, 200 000 IU vitamin D₃, 98 mg vitamin K, 2 100 mg vitamin E, 98 mg vitamin B₁, 270 mg vitamin B₂, 150 mg vitamin B₆, 0,9 mg vitamin B₁₂, 1200 mg niacin, 32 mg kyselina listová, 390 mg panth. vápenatý, 30 000 mg cholinchlorid, 3,5 mg biotin, 85 g L- lysin HCl, 74 g D,L-methionin, 50 g L-threonin, 10,5 mg kobalt, 15 mg jod, 5,2 mg selen, 280 mg měď, 3300 mg mangan, 1800 mg zinek, 3200 mg železo, 20 g sodík, 6 g fosfor, 100 g vápník, 400 mg avilamycin

³⁾ *Obsah suplementárních látek v 1 kg:* 395 000 IU vitamin A, 190 000 IU vitamin D₃, 110 mg vitamin K, 1400 mg vitamin E, 90 mg vitamin B₁, 230 mg vitamin B₂, 120 mg vitamin B₆, 0,8 mg vitamin B₁₂, 1100 mg niacin, 50 mg kyselina listová, 300 mg panth. vápenatý, 30 000 mg cholinchlorid, 3 mg biotin, 135 g L-lysin HCl, 60 g D, L-methionin, 43 g L-threonin, 10 mg kobalt, 30 mg jod, 3 mg selen, 80 mg měď, 2800 mg mangan, 1800 mg zinek, 250 mg železo, 28 g sodík, 2 g fosfor, 80 g vápník, 333 mg avilamycin, 18 550 mg ZY 28, 926 mg Endox 5xconc.

⁴⁾ stanoveno výpočtem

Pokusné skupiny brojlerových kuřat dosáhly srovnatelných výsledků s kontrolní skupinou ve všech sledovaných produkčních ukazatelích. Za 42 dní pokusu se živá hmotnost (g) slepiček

pohybovala od 2205,1 ± 152,5 (AP) do 2254,0 ± 136,5 (K) a kohoutků od 2375,1 ± 233,0 (AM) do 2506,0 ± 286,0 (K) (Tabulka 2).

Tabulka 2. Průměrné hmotnosti (g) slepiček a kohoutků v průběhu výkrmu u jednotlivých diet

Ukazatel	Dieta			
	K	AP	AM	AÚ
Hmotnost 21. den věku				
Slepičky	607,8 ± 85,4	600,7 ± 77,2	600,1 ± 51,6	586,2 ± 86,3
Index (%)	100	98,8	98,7	96,4
n	29	30	30	30
Kohoutci	643,7 ± 94,3	634,5 ± 117,3	581,6 ± 110,5	564,8 ± 105,6
Index (%)	100	98,6	90,4	87,7
n	30	29	30	30
Hmotnost 42. den věku				
Slepičky	2254,0 ± 136,5	2205,1 ± 152,5	2234,2 ± 190,8	2188,3 ± 211,9
Index (%)	100	97,8	99,1	97,1
n	29	30	30	30
Kohoutci	2506,0 ± 286,0	2432,6 ± 316,6	2375,1 ± 233,0	2466,0 ± 285,8
Index (%)	100	97,1	94,8	98,4
n	30	29	30	29

Konverze krmiva byla v rozmezí 1,80 kg u kontrolní skupiny kohoutků po 1,91 kg u experimentální skupiny kohoutků AÚ. European efficiency factor (EEF) byl 299,9 (K), 290,2 (AM), 290,1 (AP) a 289,5 (AÚ) (Tabulka 3 a 4).

Tabulka 3. Spotřeba krmiva a konverze (kg) slepiček a kohoutků u jednotlivých diet 42. den výkrmu

Ukazatel	Dieta							
	K		AP		AM		AÚ	
	F ¹	M ²	F ¹	M ²	F ¹	M ²	F ¹	M ²
Spotřeba krmiva	4,20	4,43	4,03	4,50	4,10	4,40	3,93	4,67
Konverze	1,90	1,80	1,86	1,88	1,89	1,87	1,83	1,91

F¹)=slepičky; M²)=kohoutci

Tabulka 4. Vybrané ukazatele užítivosti u jednotlivých diet 42. den výkrmu (slepičky + kohoutci)

Dieta	n	Hmotnost (g)	Index (%)	Konverze krmiva (kg)	Mortalita (%)	EEF ^{*)}
K	59	2382,1 ± 257,4	100	1,86	1,66	299,9
AP	59	2317,0 ± 270,6	97,3	1,87	1,66	290,1
AM	60	2303,5 ± 222,4	96,7	1,89	0,00	290,2
AÚ	59	2324,8 ± 285,5	97,6	1,88	1,66	289,5

^{*)} European efficiency factor

10.3 Využití amarantového zrna neošetřeného a tepelně ošetřeného ve vegetabilních dietách pro brojlerová kuřata, vliv na ukazatele užítivosti a vybrané biochemické ukazatele

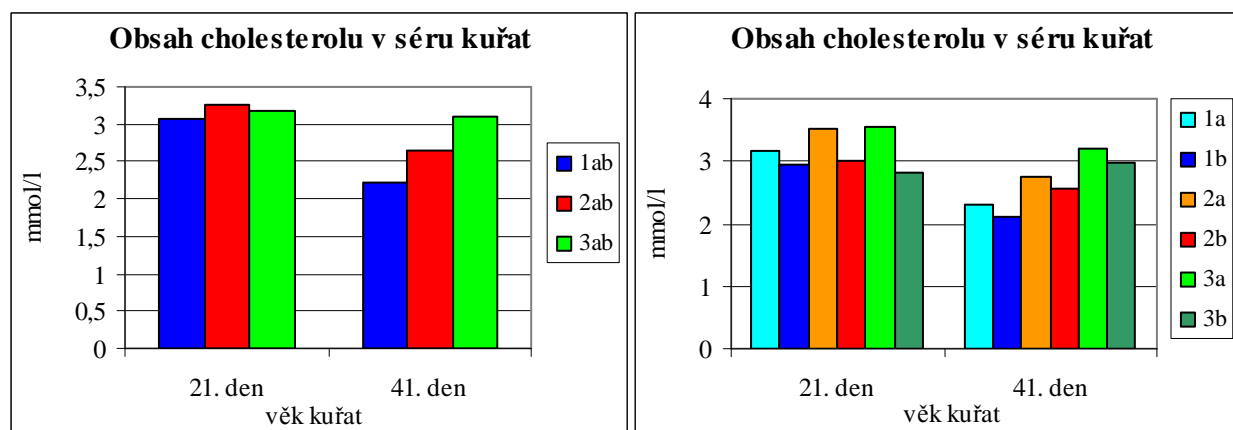
Zveřejněno: Roučková J., Trčková M., Herzig I. (2004): *The use of amarant grain in diets for broiler chickens and its effect on performance and selected biochemical indicators. Czech J. Anim. Sci., 49, 532-541.*

Cílem pokusu bylo ověřit možnost použití zrna amarantu tepelně neošetřeného (AN) a tepelně ošetřeného (AO) ve vegetabilních dietách pro brojlerová kuřata jako náhradu živočišných mouček, sledovat vliv na ukazatele užitkovosti a vybrané biochemické parametry se zřetelem na hypocholesterolemický a hypolipidemický efekt.

Skupiny brojlerových kuřat krmené směsí s amarantem, jak tepelně ošetřeným tak bez tepelného ošetření, dosahovaly srovnatelných výsledků s kontrolní skupinou krmenou směsí s živočišnou komponentou ve všech produkčních ukazatelích. Průměrná živá hmotnost skupin brojlerových kuřat 41. den se mezi skupinami statisticky nelišila (Kab 2149,9 ± 274,3; ANab 2192,2 ± 255,2; AOab 2186,2 ± 260,8 g). Konverze krmiva se pohybovala v rozmezí od 1,9 kg (slepičky kontrolní skupiny) do 2,2 kg u kohoutků pokusné skupiny AOa. Jateční výtěžnost byla u kontrolní skupiny statisticky významně vyšší oproti skupině AN (P<0,05).

Z biochemických ukazatelů byla sledována koncentrace celkových bílkovin, celkových lipidů, cholesterolu a glukózy v krevním séru brojlerů. Zařazení amarantu do krmné dávky pokusných skupin neovlivnilo hodnoty celkových bílkovin oproti kontrolní skupině. V literatuře uváděný hypocholesterolemický a hypolipidemický efekt způsobený přítomností polynenasycených mastných kyselin (Newman et al., 2002, Skrivan et al., 2000), v případě amarantu přítomností tokotrienolů a squalenu (Qureshi et al., 1996) se nepotvrdil. Hladina glukózy byla u kuřat pokusných skupin statisticky významně nižší (P<0,05; P<0,01).

Graf 1. Hladina cholesterolu u jednotlivých skupin kuřat



Výsledky doložily, že amarant lze úspěšně využít jako náhradu živočišných mouček ve vegetabilních dietách pro výkrm brojlerových kuřat, a že ověřené množství 7 % v krmné dávce příznivě ovlivňuje ukazatele užitkovosti.

10.4 Vliv diet s obsahem amarantových surovin na jatečné ukazatele a kvalitu masa kuřecích brojlerů

Zveřejněno: Písaříková B., Zralý Z., Kráčmar S., Trčková M., Herzig I. (2006): *The use of amaranth (genus Amaranthus L.) in the diets for broiler chickens. Veterinární Medicína, 54, (7), 399-407.*

Jůzl M., Simeonovová J., Písaříková B. (2005): *Senzorická analýza masa kohoutků a slepiček krmených krmnou směsí s přídatkem amarantu nebo rybí moučky. Acta univ agric. et silvic. Mendel. Brun., LIII, No. 5, pp. 79-90.*

Cílem pokusů bylo zjistit vliv diet s obsahem amarantových surovin na jatečné ukazatele a kvalitu masa brojlerů a prasat ve srovnání s dietami obsahujícími živočišnou bílkovinu. Vliv amarantových surovin na kvalitu masa brojlerových kuřat byl sledován u 240 (120 kohoutků, 120 slepiček) jednodenních brojlerů hybridu ROSS 308. Kuřata byla krmena adlibitně pokusnými krmnými směsmi se zastoupením živočišné bílkoviny (K) nebo amarantových surovin (AP- 8 %, AM- 8 %, AÚ- 3 %) ve dvou fázích a to, 1. až 21. den věku a 22. až 42. den věku.

Tabulka 1. Vybrané ukazatele jatečné jakosti masa slepiček a kohoutků u jednotlivých diet (n=10)

Ukazatel		Dieta			
		K	AP	AM	AÚ
Živá hmotnost (g)	F	2253,8 ± 56,1	2210,8 ± 9,02	2239,3 ± 33,3	2183,3 ± 34,4 ^{a*}
	M	2518,3 ± 77,4	2451,2 ± 50,6	2393,0 ± 45,0 ^{b**}	2473,0 ± 48,8
Jatečná výtěžnost (%)	F	72,4 ± 1,98	72,1 ± 2,83	72,4 ± 3,34	70,8 ± 1,74
	M	74,5 ± 2,44	72,8 ± 3,55	74,3 ± 3,66	75,1 ± 2,44
Výtěžnost prsní svaloviny bez kůže (%)	F	19,8 ± 1,07	19,3 ± 2,31	18,6 ± 1,30	18,5 ± 0,69
	M	19,1 ± 0,92	18,1 ± 1,70	19,0 ± 1,86	19,0 ± 1,27
Výtěžnost stehna s kostí bez kůže (%)	F	19,3 ± 0,75	18,8 ± 1,42	19,4 ± 1,63	19,1 ± 0,97
	M	20,9 ± 1,22	20,2 ± 0,71	20,0 ± 1,37	20,6 ± 0,75
Výtěžnost abdom. tuku (%)	F	0,78 ± 0,29	1,18 ± 0,46	0,82 ± 0,32	0,92 ± 0,39
	M	0,50 ± 0,18	0,58 ± 0,24	0,72 ± 0,26	0,67 ± 0,32
Výtěžnost vnitřností (srdce, játra, žaludek) (%)	F	3,51 ± 0,36	3,64 ± 0,33	3,45 ± 0,56	3,41 ± 0,29
	M	3,60 ± 0,46	4,00 ± 0,35	4,09 ± 0,23	4,31 ± 0,24 ^{c*}
Výtěžnost jater (%)	F	1,89 ± 0,27	1,98 ± 0,17	1,82 ± 0,19	1,84 ± 0,17
	M	2,04 ± 0,36	2,13 ± 0,17	2,28 ± 0,15	2,57 ± 0,23 ^{f**g*}

Po ukončení pokusu 42. den byla jatečná hmotnost kontrolních slepiček 1,63 kg a 1,59, 1,62 a 1,55 u experimentálních skupin (AP, AM, AÚ), zatímco u kohoutků činila 1,87 a 1,78, 1,77 a 1,86 kg resp. Rozdíly v jatečné výtěžnosti (bez požitelných orgánů) mezi kontrolními slepičkami a kohoutky a pokusnými skupinami byly neprůkazné. Jatečná výtěžnost se pohybovala v rozmezí 70,8 až 75,1 % (Tabulka 1). Výtěžnost srdce, jater a žaludku byla u AÚ skupiny průkazně vyšší vůči kontrolní skupině (4,31 vs. 3,60, P<0,05) a u jater (P<0,01).

Tabulka 2. Vybrané ukazatele výživové jakosti masa slepiček a kohoutků u jednotlivých diet (n=10)

Chemické složení svaloviny		Dieta			
		K	K	K	K
Sušina (%)	F	25,5 ± 0,68	25,6 ± 0,63	26,1 ± 0,79	25,7 ± 0,68
	M	25,9 ± 0,58	25,6 ± 0,68	25,5 ± 0,52	25,6 ± 0,80
P	F	27,4 ± 1,32	27,4 ± 1,45	27,9 ± 0,60	27,2 ± 1,31
	M	28,2 ± 1,90	27,4 ± 0,78	27,2 ± 1,07	27,6 ± 0,87
N-látky (%)	F	22,1 ± 0,67	22,0 ± 0,52	22,9 ± 1,02	22,0 ± 0,56
	M	22,0 ± 0,57	22,3 ± 0,66	22,1 ± 0,57	22,3 ± 0,70

S	F	18,3 ± 0,78	18,0 ± 0,73	18,5 ± 0,66	18,2 ± 0,41
	M	18,2 ± 0,78	18,1 ± 0,95	18,2 ± 0,99	18,6 ± 0,20
Intramuskulární tuk (%)	F	2,42 ± 0,32	2,47 ± 0,19	2,24 ± 0,43	2,25 ± 0,34
	M	2,51 ± 0,30	2,30 ± 0,13	2,39 ± 0,25	2,34 ± 0,41
P	F	8,21 ± 0,97	8,44 ± 1,20	8,42 ± 0,77	8,18 ± 1,17
	M	8,92 ± 1,25	8,32 ± 0,59	8,20 ± 0,88	8,16 ± 0,94

F- slepičky M – kohoutci P – prsní svalovina S – stehenní svalovina

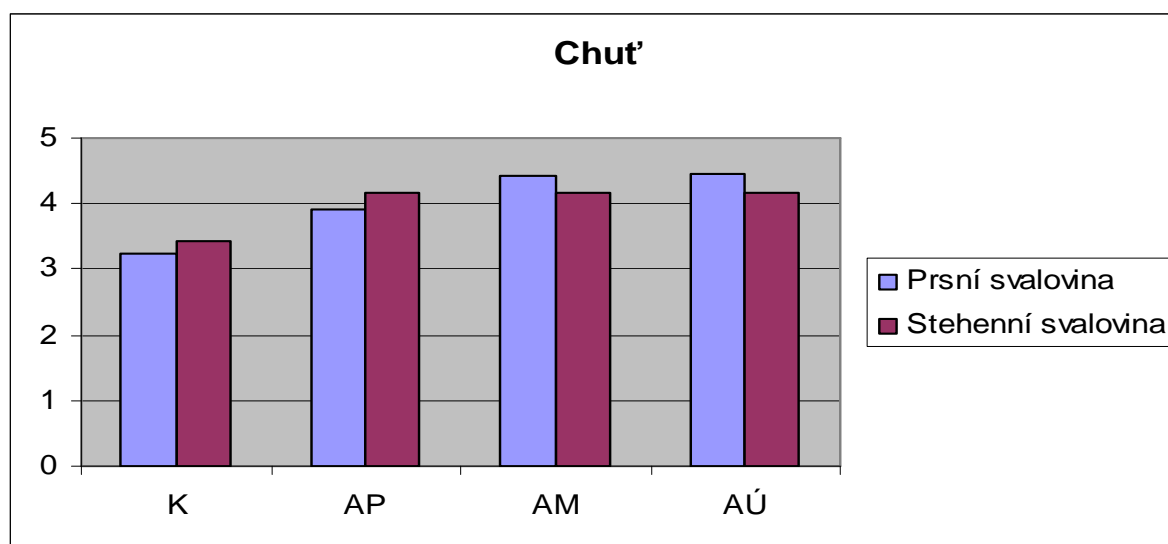
*P<0,05 **P<0,01

a = RM : AÚ, b = RM : AM, c = RM : AÚ, e = RM : AÚ, f = RM : AÚ, g = AP : AÚ

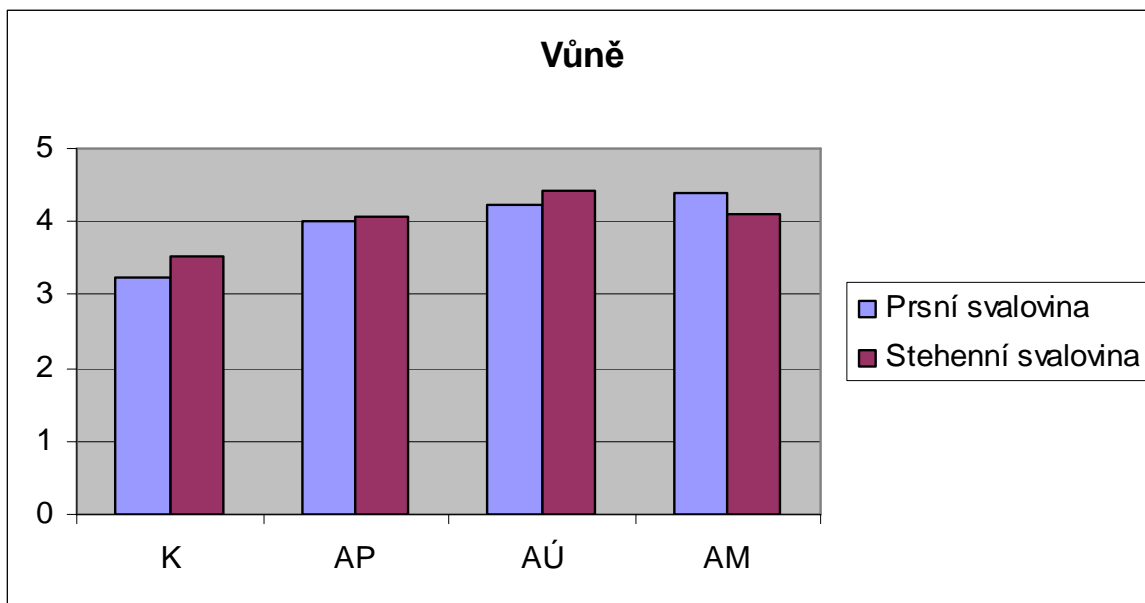
Výsledky chemických analýz prsní a stehenní svaloviny neprokázaly signifikantní rozdíly mezi kontrolou a pokusnými skupinami v obsahu sušiny, hrubého proteinu a intramuskulárního tuku (Tabulka 2). Signifikantní rozdílnost ($P<0,05$, $P<0,01$) v determinovaných ukazatelích byla prokázána u slepiček i kohoutků mezi prsní a stehenní svalovinou. Lze konstatovat, že diety s obsahem amarantových surovin neovlivnily jateční výtěžnost ani kvalitu opracovaného těla, resp. vybraných ukazatelů chemického složení svaloviny.

Porovnáním výsledků sensorické analýzy prsní svaloviny u rozdílně krměných skupin (K, AP, AM, AÚ), nebyl zjištěn statisticky průkazný rozdíl ($P<0,05$) u deskriptorů barva, textura a šťavnatost. V hodnocení *vůně* byl zaznamenán průkazný rozdíl ($P<0,05$) (mezi skupinou krměnou rybí moučkou – nejhorší, a tepelně neošetřeným amarantem – nejlepší), stejně tak u hodnocení *chuti* byly zaznamenány průkazné rozdíly ($P<0,05$) (mezi skupinou krměnou rybí moučkou – nejhorší, a tepelně neošetřeným amarantem – druhá nejlepší, a skupinou krměnou úsušky amarantu – nejlepší) ve prospěch amarantu oproti rybí moučce (Graf 1 a 2). Porovnáním výsledků sensorické analýzy stehenní svaloviny u rozdílně krměných skupin bez ohledu na pohlaví nebyl zjištěn statisticky průkazný rozdíl u žádného z deskriptorů, ale byla zřejmá tendence k zhoršené chuti a vůni u krmiva s rybí moučkou.

Graf 1.



Graf 2.



10.5 Produkční účinnost diet s obsahem amarantových surovin u prasat ve výkrmu

Zveřejněno: Zralý Z., Písaříková B., Hudcova H., Trčková M., Herzig I. (2004): Effect of feeding amaranth on growth efficiency and health of market pigs. *Acta Veterinaria Brno*, 73 (4), 437-444.

Zralý Z., Písaříková B., Herzig I. (2004): Amarant jako náhrada masokostní moučky. *Farmář*, 4, 43-44.

Zralý Z., Písaříková B., Trčková M., Herzig I. (2005): Využití lupiny a amarantu ve výživě výkrmových prasat. In: VI. Kábrtovy dietetické dny, O zdravotní nezávadnosti a produkční účinnosti krmiv, 5.5.2005, Ústav výživy, zootechniky a zoohygiény, VFU Brno, s. 95-100, ISBN 80-7305-521-X.

Zralý Z., Písaříková B., Trčková M., Kráčmar S., Herzig I. (2005): Využití laskavce (*Amaranthus L.*) ve výživě monogastričních zvířat. In: Dni výživy zvířat, 16.-17.6.2005, Západné Tatry, Račkova Dolina, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, s. 62. ISBN 80-8069-529-6.

Cílem pokusu bylo ověřit u prasat produkční účinnost třech diet s obsahem 10 % amarantu při použití jedné krmné směsi pro celé období výkrmu, zhodnotit jejich vliv na vybrané ukazatele metabolismu a zdraví proti kontrolní dietě s obsahem živočišné bílkoviny. Pokusné skupiny a kontrolní skupina zvířat (n = 10, 5 vepříků + 5 prasniček) bylo semiadlibitně krmeno krmnými směsmi s obsahem sušené nadzemní biomasy amarantu nebo neošetřeným zrnem nebo tepelně ošetřeným zrnem popováním, resp. směsí s obsahem masokostní moučky od živé hmotnosti 18 kg po dobu 100 dní.

Tabulka 1. Složení pokusných diet

Komponenta (%)	Skupina ²			
	C	DAB	GAG	PAG

Ječmen	20,4	17,0	30,0	33,0
Pšenice	55,0	48,05	38,55	35,85
Extrahovaný sojový šrot 46 % CP	18,2	20,5	18,5	18,2
Masokostní moučka	4,0	-	-	-
Amarant	-	10,0	10,0	10,0
Řepkový olej	-	2,00	-	-
Krmná sůl	-	0,05	0,05	0,05
Mletý vápenec	-	-	0,50	0,50
Monocalcium phosphate	0,20	0,20	0,20	0,20
Unimak P1-M ¹	2,20	2,20	2,20	2,20
Celkem	100,0	100,0	100,0	100,0

Obsah suplementárních látek v 1 kg: 335 000 IU vitamin A, 45 000 IU vitamin D, 125 mg vitamin K, 2665 mg vitamin E, 5,3 mg vitamin B₁, 165 mg vitamin B₂, 14 mg vitamin B₆, 1,10 mg vitamin B₁₂, 165 mg niacin, 250 mg pant. calcium, 1000 mg cholinchlorid, 0,8 mg biotin, 6600 mg vitamin C, 110 g L-lysine HCl, 33 g D,L-methionine, 55 g L-threonine, 15 mg Co, 65 mg J, 11 mg Se, 660 mg Cu, 1585 mg Mn, 3500 mg Zn, 2080 mg Fe, 56 g Na, 12 g Mg, 80 g P, 205 g Ca, 833 mg Endox, 11250 mg Bio-plus 2B, 2900 mg Natuphos 5000G, 665 mg Sacharin

²⁾ C – kontrolní dieta, DAB – sušená amarantová biomasa, GAG – mleté amarantové zrno, PAG – popované amarantové zrno

Tabulka 2. Obsah živin v pokusných dietách

Ukazatel (g.kg ⁻¹)	Dieta			
	C	DAB	GAG	PAG
Sušina	913,7	908,6	908,7	905,0
N-látky	183,2	172,4	173,8	173,2
Tuk	28,0	27,7	19,7	20,0
Vláknina	32,5	42,5	31,1	31,6
Popel	96,4	59,2	57,2	53,4
Bezdušičkaté látky výtažkové	573,6	606,8	626,9	626,8
Organická hmota	817,3	849,4	851,5	851,6
MEp (MJ.kg ⁻¹)	13,1	13,2	13,4	13,3
Lysin/MEp (g. MJ ⁻¹)	0,814	0,830	0,831	0,829

MEp-metabolizovatelná energie

²⁾ C – kontrolní dieta, DAB – sušená biomasa amarantu, GAG – mleté amarantové zrno, PAG – popované amarantové zrno

Tabulka 3. Ukazatele růstu prasat krmných pokusnými dietami (kg)

	Živá hmot. den 0	Živá hmot. den 30	Přírůstek období	Živá hmot. den 60	Přírůstek období	Přírůstek celkem	Živá hmot. den 100	Přírůstek období	Přírůstek celkem
C									
průměr	18,3	35,0	16,7	57,8	22,8	39,5	95,8	38,0	77,5
± SD	1,78	3,96	2,82	5,26	2,46	4,65	5,86	3,26	5,60
Index %	100	100	100	100	100	100	100	100	100
DAB									
průměr	18,1	35,2	17,1	57,5	22,3	39,4	94,4	36,9	76,3
± SD	1,64	3,38	2,41	5,06	2,26	4,14	7,64	5,06	7,56
Index %	98,9	100,6	102,4	99,5	97,8	99,7	98,5	97,1	98,5

GAG									
průměr	18,0	33,1	15,1	54,8	21,7	36,8	95,0	40,2	77,0
± SD	1,57	4,57	4,47	6,91	3,23	6,41	6,22	3,27	5,70
Index %	98,4	94,6	90,4	94,8	95,2	93,2	99,2	105,8	99,3
PAG									
průměr	17,8	34,4	16,6	57,7	23,3	39,9	95,6	37,9	77,8
± SD	1,81	4,83	3,81	8,12	4,04	7,03	14,1	8,85	13,1
Index %	97,3	98,3	99,4	99,8	102,2	101,0	99,8	99,7	100,4

Tabulka 4. Vybrané biochemické ukazatele krevní plazmy (n=10)

Ukazatel	Vzorek	Dieta							
		1		2		3		4	
		x	±SD	x	±SD	x	±SD	x	±SD
CP (g.l ⁻¹)	1 st	59,7	10,28	64,5	4,88	57,4	6,95	65,7	7,12
	2 nd	63,9	4,21	62,9	2,49	61,0	2,56	61,6	5,28
Alb (g.l ⁻¹)	1 st	19,1	2,03	19,2	1,99	20,4	1,13	19,9	2,57
	2 nd	20,4	1,68	21,9	1,27	21,4	1,63	21,4	1,64
Glu (mmol.l ⁻¹)	1 st	4,4	0,30	4,6	1,00	4,1	0,80	4,5	0,85
	2 nd	4,0	0,68	4,2	0,37	4,2	0,77	4,4	0,72
TG (mmol.l ⁻¹)	1 st	0,5	0,12	0,6	d 0,09	0,5	d 0,09	0,5	0,15
	2 nd	0,5	A 0,05	0,4	A,Y 0,04	0,5	0,07	0,5	0,06
Chol (mmol.l ⁻¹)	1 st	1,9	0,22	2,0	0,19	1,9	0,19	2,1	0,28
	2 nd	2,1	a 0,20	1,8	a,d,e 0,26	2,1	d,y 0,16	2,1	e 0,17
HDL (mmol.l ⁻¹)	1 st	0,8	0,04	0,9	d 0,08	0,8	d 0,10	0,9	0,19
	2 nd	0,9	A,Y 0,08	0,8	A,E,d,y 0,12	0,9	Y,d 0,08	0,9	E 0,07
LDL (mmol.l ⁻¹)	1 st	1,1	0,10	1,1	0,09	1,0	0,20	1,0	0,19
	2 nd	1,1	0,15	1,0	0,13	1,1	y 0,11	1,1	0,14
ALT (μkat.l ⁻¹)	1 st	0,2	0,09	0,2	0,07	0,2	0,06	0,2	0,12
	2 nd	0,3	a 0,05	0,2	a 0,05	0,2	0,04	0,2	0,09
AST (μkat.l ⁻¹)	1 st	0,4	0,11	0,4	0,16	0,4	0,20	0,4	0,14
	2 nd	0,2	Y 0,04	0,3	0,10	0,3	0,09	0,3	0,09
ALP (μkat.l ⁻¹)	1 st	1,8	0,44	1,7	0,40	1,8	0,72	1,7	0,61
	2 nd	1,9	0,28	1,8	0,37	2,0	F 0,22	1,6	F 0,28
Ca (mmol.l ⁻¹)	1 st	2,1	0,54	2,0	0,29	2,1	0,52	2,0	0,25
	2 nd	2,1	0,19	2,1	0,34	2,1	0,16	2,1	0,15
P (mmol.l ⁻¹)	1 st	2,7	0,31	2,7	0,47	2,5	0,31	2,6	0,46
	2 nd	2,6	0,28	2,7	0,38	2,5	0,26	2,6	0,40
Mg (mmol.l ⁻¹)	1 st	0,8	B,a,c 0,09	0,7	a 0,07	0,7	B 0,05	0,7	c 0,08

	2 nd	0,7	C,a	0,11	0,6	a	0,08	0,7	f	0,05	0,6	C,f	0,08
--	-----------------	-----	-----	------	-----	---	------	-----	---	------	-----	-----	------

a-f – signifikantní diference ($P < 0,05$) between values with the same letters in a row , y - significant difference ($P < 0,05$) between 1st and 2nd sampling

A-F - signifikantní diference ($P < 0,01$) between values with the same letters in a row, Y - significant difference ($P < 0,01$) between 1st and 2nd sampling

Mezi pokusnými zvířaty a kontrolní skupinou nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl v přírůstku živé hmotnosti (Tabulka 3). Nejvyšší denní přírůstek byl u zvířat krmených směsí s tepelně ošetřeným amarantem (0,778 kg) a nejefektivnější konverze krmiva byla u skupiny s tepelně neošetřeným zrnem (2,462 kg). Hodnoty vybraných biochemických ukazatelů se pohybovaly v rozsahu fyziologického rozmezí (Tabulka 4).

10.6 Vliv diet s obsahem amarantových surovin na jatečné ukazatele a kvalitu masa prasat ve výkrmu

Zveřejněno: Zralý Z., Písařiková B., Trčková M., Herzig I., Juzl M., Simeonovová J. (2006): Effect of lupine and amaranth on growth efficiency, health, and carcass characteristics and meat quality of market pigs. Acta Veterinaria Brno, 75 (3), 363-372.

Zralý Z., Písařiková B., Simeonovová J., Juzl M. (2006): Vliv diet s obsahem laskavce (Amaranthus L.) na jatečné ukazatele a kvalitu masa kuřecích brojlerů a prasat. In: Sborník souhrnně sdělení XXXIII. semináře o jakosti potravin a potravinářských surovin, 8.3.2006, MZLU Brno, s. 25. ISBN 80-7157-930-0.

Zralý Z., Písařiková B., Trčková M., Herzig I., Vítová E. (2005): Vliv amarantu na užítkovost, zdravotní stav a zastoupení mastných kyselin v tukové tkáni výkrmových prasat. In: Aktuální problémy k šlechtění, chovu, zdraví a produkce prasat, 9.-10.2.2005, České Budějovice, Scientific pedagogical publishing, 2005, s.159-162. ISBN 80-85645-50-5.

Vliv amarantu na kvalitu vepřového masa byl ověřován u 30 prasat (15 vepříků a 15 prasníček) stejného plemene (BU x L) o průměrné hmotnosti $24,4 \pm 1,70$ kg, která byla rozdělena do tří skupin. Krmné směsi byly shodně složeny z obilnin (ječmen, pšenice), extrahovaného sojového šrotu 46 % N-látek a krmných doplňků. Krmná směs kontrolní skupiny (K) obsahovala 3 % rybí moučky. Krmné směsi třech pokusných skupin obsahovaly 5 % amarantové mouky a 5 % amarantových úsušků (Dieta1), 5 % tepelně upraveného amarantového zrna popováním a 5 % amarantových úsušků (Dieta 2). Charakteristiky vybraných jatečných ukazatelů prasat jsou uvedeny v tabulce 4.

Tabulka 1. Vybrané ukazatele jatečné, nutriční a senzorické jakosti masa prasat u jednotlivých diet (n=10)

Ukazatel	Dieta ¹		
	K	1	2
Hmotnost před poražením (kg)	100,6 ± 5,9	99,1 ± 6,9	97,5 ± 3,8
Jateční výtěžnost (%)	79,4 ± 0,4	79,2 ± 0,1	77,8 ± 0,2
Podíl svaloviny (%)	58,6 ± 2,5	58,0 ± 2,3	58,8 ± 1,9
Výška hřbetního tuku (mm)	23,7 ± 1,7	23,6 ± 1,9	24,0 ± 1,5
Výška MLLT (mm)	57,8 ± 1,3	57,5 ± 1,8	58,2 ± 1,2
pH ₁	6,38 ± 0,1	6,41 ± 0,1	6,44 ± 0,1
pH ₂₄	5,32 ± 0,1	5,37 ± 0,1	5,33 ± 0,1

<i>Chemické složení MLLT</i>			
Sušina (%)	25,76 ± 0,3	25,75 ± 0,4	25,34 ± 0,4
Hrubý protein (%)	22,22 ± 0,5	22,04 ± 0,4	22,00 ± 0,6
Intramuskulární tuk (%)	2,05 ± 0,3	2,22 ± 0,2 ^a	1,84 ± 0,3 ^b
<i>Senzorické vlastnosti</i>			
Barva	4,03 ± 0,67	3,65 ± 0,78	3,59 ± 0,87
Textura	3,69 ± 0,80	3,64 ± 0,86	3,55 ± 1,05
Šťavnatost	3,51 ± 0,86	3,60 ± 0,77	3,50 ± 1,03
Vůně	4,21 ± 0,74	4,05 ± 0,65	3,90 ± 0,63
Chuť	3,68 ± 0,76	3,76 ± 0,72	3,58 ± 0,91

¹⁾ K – kontrolní dieta 1 – AÚ + AM 2 – AÚ + AP a, b - P<0.05

Pokusným zásahem nebyly významně ovlivněny rozdíly v hodnotě jatečné výtěžnosti, podílu svaloviny, ve výšce hřbetního tuku a MLLT. Průměrné hodnoty pH₁ byly v rozmezí 6,38 až 6,51 a pH₂₄ v rozsahu 5,32 až 5,42. Rozdíly mezi skupinami byly neprůkazné. Námi zjištěné hodnoty jsou podobné údajům, které uvádí Oliver et al. (1993), Ševčíková et al. (2002) a jsou v rozsahu indikující normální kvalitu masa.

Chemické analýzy MLLT (sušina, hrubý protein) neprokázaly signifikantní vliv pokusných diet na složení masa a odpovídají nálezům mnoha autorů (Naděje et al. 2000; Ševčíková et al. 2002). Obsah intramuskulárního tuku byl v rozmezí 1,84 až 2,22% a blíží se optimálním požadavkům kladeným z hlediska sensorických vlastností vepřového masa definovaných Fernandezem et al. (1999).

Při hodnocení sensorických vlastností masa z hlediska pohlaví nebyl zjištěn statisticky průkazný rozdíl mezi masem vepřů a prasnicek u všech pěti deskriptorů. Barva masa, textura a vůně vykazovala více žádoucích vlastností u prasnicek než u vepřů. Poněkud šťavnatější a nepatrně chutnější bylo maso vepřů. Porovnáním výsledků sensorické analýzy z hlediska vlivu použitých diet bez zohlednění pohlaví nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl (P>0,05) u všech sledovaných deskriptorů (Tabulka 4). Nejsvětější maso a nejlepší vůně byla hodnocena u kontrolní skupiny s přídatkem animálního proteinu ve formě rybí moučky. Nejšťavnatější maso bylo hodnoceno v pokusné skupině 1 s přídatkem amarantového zrna tepelně neošetřeného. Literárních údajů týkajících se vlivu ověřovaných krmných surovin na sensoriku masa je málo. Vlivem amarantu na sensorické vlastnosti masa se zabývali Sokól et al. (2001), kteří neprokázali žádný rozdíl mezi masem standardně vykrmovaných prasat a prasat krmných s přídatkem amarantu.

10.7 Ověření diet s obsahem amarantových surovin u kuřecích brojlerů v provozních podmínkách

Zveřejněno: Písaříková B. (2006): Využití zrna amarantu a produktů jeho zpracování k náhradě živočišných mouček ve výživě kuřecích brojlerů. Závěrečná zpráva projektu QF 3112, MZe ČR, Národní agentura pro zemědělský výzkum.

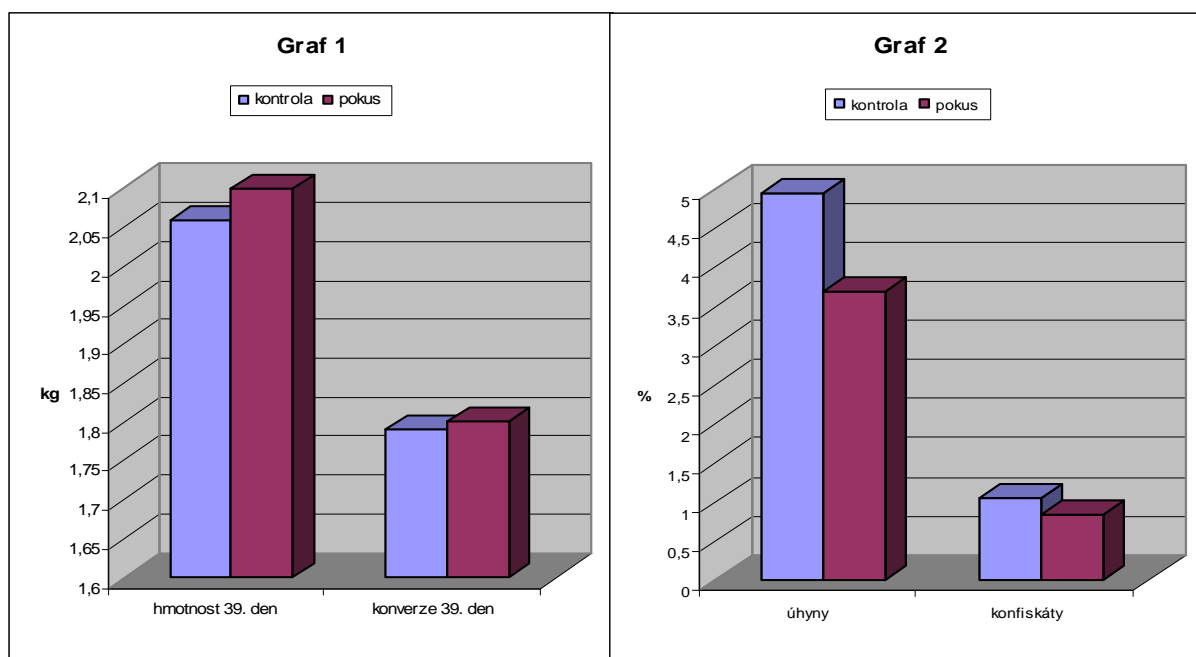
Ověření amarantové suroviny bylo uskutečněno v ZD Ceta, s.r.o. Kobeřice, u 6 turnusů, ve kterých bylo zařazeno celkem 160 500 ks brojlerových kuřat ROSS 308. Brojlerová kuřata ve třech kontrolních turnusech (celkem 77500 ks) byla krmena komerčními krmnými směsmi BR 1 a BR 2 se zastoupením živočišné bílkoviny. Pokusná brojlerová kuřata tří turnusů (celkem 83000 ks) přijímala krmné směsi BR1 a BR2 s 8% zastoupením odtučněné amarantové mouky.

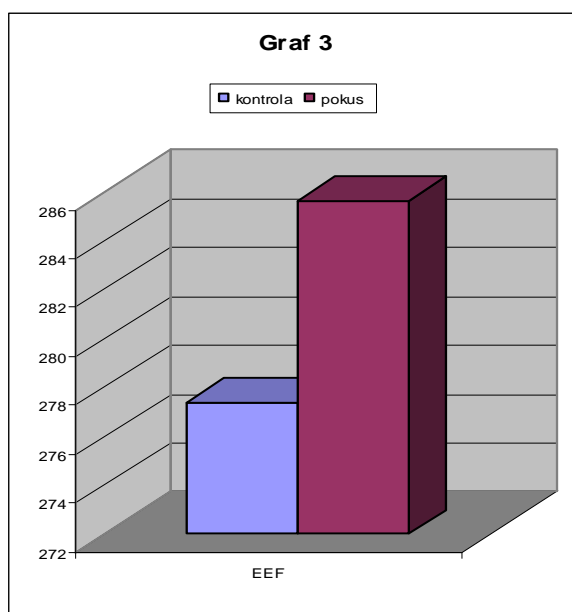
Tabulka 1. Vybrané ukazatele užítkovosti brojlerových kuřat v kontrolních a pokusných turnusech

Datum	Počet kuřat (ks)	Věk při porážce (dnů)	Průměrná hmotnost (kg)	Konverze (kg/kg)	Úhyny (%)	Konfiskáty (%)
Kontrolní turnusy						
20.1.	23500	38/40	2,180	1,81	4,37	0,69/0,85
16.3.	24000	37/41	1,896	1,81	5,85	0,84/1,49
2.5.	30000	38/40/41	2,109	1,75	4,65	1,03/1,37
Celkem/ průměr	77500	39	2,060	1,79	4,96	1,04
Index			100	100	100	100
EEF	277,38					

Pokusné turnusy						
7.7.	30000	39/40	2,146	1,77	2,80	0,93/1,22
2.9.	29500	37/38/39	1,900	1,83	3,66	0,71/1,26/1,33
8.10.	23500	39/40/42	2,250	1,80	4,59	0,42/0,56/0,22
Celkem/ průměr	83000	39	2,100	1,80	3,68	0,83
Index			101,9	100,6	74,2	79,8
EEF	285,65					

Výkrm kontrolních i pokusných brojlerových kuřat trval průměrně 39 dnů. Průměrná živá hmotnost byla o 1,9 % nevýznamně vyšší u pokusných kuřat ve srovnání s kontrolními a činila 2,100 kg oproti 2,060 kg, konverze krmiva byla u pokusných kuřat o 0,6 % nižší ve srovnání s kontrolními (1,80 a 1,79 kg/kg). U pokusných kuřat ve srovnání s kontrolními bylo o 28,8 % méně ztrát úhynem (3,68 oproti 4,96 %) a o 20,2 % nižší konfiskace jatečně opracovaných těl (0,83 oproti 1,04 %). Efektivnost výkrmu vyjádřená indexem EEF dosáhla vyšších hodnot u pokusných kuřat vůči kuřatům kontrolním (285,65 a 277,38).





Ekonomika výkrmu

Tržní ceny amarantových surovin, které jsou dostupné v České republice se pohybují od 5 Kč za kg u biomasy, u mletého popovaného zrna a amarantové mouky od 10 do 14 Kč za kg. Cena amarantové komponenty použité v tomto ověřování byla 14 Kč za kg. Cena pokusných krmných směsí byla o 7,8 % vyšší než u kontrolních (691 oproti 641,- Kč/q). Spotřeba na 1 kg živé hmotnosti pokusných brojlerů byla 1,80 kg krmné směsi o průměrné ceně 6,91 Kč za kg, u kontrolních brojlerů to bylo 1,79 kg krmné směsi o průměrné ceně 6,41 Kč za kg. Vzhledem k mírně horší konverzi krmiva a vyšší ceně pokusných krmných směsí byly krmné náklady za 1 kg živé hmotnosti pokusných brojlerů ve srovnání s kontrolními 12,44 oproti 11,47 Kč, což je o 0,97 Kč více. V případě vyloučení zdrojů živočišných bílkovin z krmných směsí je vždy nutno počítat s jejich vyšší cenou, s nižší konverzí krmiva a tím i zvýšením krmných nákladů.

10.8 Návrh optimalizovaných krmných směsí pro I. a II. fázi výkrmu brojlerových kuřat s náhradou živočišných zdrojů bílkovin amarantem

Zveřejněno: Písaříková B. (2006): Využití zrna amarantu a produktů jeho zpracování k náhradě živočišných mouček ve výživě kuřecích brojlerů. Závěrečná zpráva projektu QF 3112, MZe ČR, Národní agentura pro zemědělský výzkum.

Jako amarantové komponenty byly použity tmavá amarantová mouka, mleté popované amarantové zrno a sušená biomasa amarantu. Jejich nutriční hodnota byla zjištěna a ověřena v laboratorních a biologických pokusech.

Navržené receptury a jejich cenové relace jsou součástí závěrečné zprávy QF 3112 „Využití zrna amarantu a produktů jeho zpracování k náhradě živočišných mouček ve výživě kuřecích brojlerů“. Živinové, energetické, vitamínové a minerální složení včetně živinových poměrů vyhovuje potřebě brojlerových kuřat a doporučením, které vypracovala pracovní skupina č. 2 Výživa - při Evropské federaci Světové drůbežnické vědecké společnosti (WPSA).

11. Závěry

Zadání řešení reagovalo na kritickou situaci s transferem prionů TSE a následující zákaz používání MKM ve výživě všech druhů hospodářských zvířat (1.11.2003) a zvýšenou poptávku po plnohodnotných perspektivních zdrojích rostlinných proteinových krmiv zejména domácí provenience.

Literární studie shrnuje poznatky o botanickém zařazení amarantu, o jeho pěstování, chemickém složení semen a listů, antinutričních vlastnostech amarantu, vlivu jeho součástí na hladiny cholesterolu, jeho využití v potravinářství a vytypovaly amarant jako alternativní krmnou surovinu domácí provenience.

Byly provedeny kompletní analýzy všech živin v nativním a termicky upraveném zrna amarantu a nadzemní usušené biomase z různých stadií vegetačního vývoje rostliny (4 druhů, 7 odrůd, pěti stadií vývoje). Provedením veškerých analýz včetně stravitelnosti in vitro, strukturované vlákniny, ukazatelů tukové a proteinové složky byl získán reprezentativní obraz nutriční hodnoty alternativní suroviny pěstované v České republice.

Byl determinován kompletní obsah aminokyselin všech dostupných odrůd zrna amarantu pěstovaných v ČR a zjištěna biologická hodnota bílkoviny amarantu v nativním a termicky upraveném stavu stanovením indexu EAAI oproti standardní bílkovině (vaječný protein).

V bilančních pokusech na celkem 105 ks brojlerových kohoutcích byla stanovena stravitelnost živin a energie amarantových surovin (krmná amarantová mouka, popovaný amarant, sušená biomasa) a doporučeno jejich optimální zastoupení v krmných směsích.

Vypracování optimalizovaných receptur modelových krmných směsí a ověření ve dvou krmných srovnávacích pokusech na celkem 420 ks kuřecích brojlerech (krmná amarantová mouka, popovaný amarant, sušená biomasa). Zjištění jatečných parametrů brojlerových kuřat, nutriční hodnoty masa a jeho sensorických vlastností. Zjištění biochemických parametrů krevní plasmy kuřecích brojlerů se zřetelem na předpokládaný hypocholesterolemický efekt.

Ověření v krmném srovnávacím pokusu na 30 ks výkrmových prasatech se zřetelem na vnitřní prostředí a zdravotní stav.

Provozní pokus na celkem 160 000 ks brojlerů se zkrmováním krmných směsí se zastoupením amarantu potvrdil srovnatelné výsledky v užitkovosti a zdrav. stavu jako při použití živočišné bílkoviny.

Dosažení požadovaných ukazatelů užitkovosti brojlerových kuřat a výkrmových prasat, jatečných parametrů, nutričních vlastností masa a lepších sensorických vlastností masa při zastoupení amarantových surovin v krmných směsích dokládá, že amarant je vhodnou alternativou živočišného proteinu ve vegetabilních krmných směsích pro brojlerová kuřata.

Tato skutečnost přispívá k obnovení důvěry spotřebitelů v bezpečnost potravin, zvláště produktů živočišné výroby.

12. Seznam literatury

- Acar N., Vohra P., Becker R., Hanners G.D., Saunders R.M. (1988): Nutritional evaluation of grain amaranth for growing chickens. *Poultry Sci.*, 67, 1166–1173.
- Afolabi A.D., Oke O.L., Umoh I.B. (1981): Preliminary studies on the nutritive value of some cereal grains. *Nutr. Rep. Int.*, 24, 389–394.
- Anderson N.E., Clydesdale F.M. (1980): Effect of processing on the dietary fiber content of wheat bran, pureed green beans, and carrots. *J. Food. Sci.*, 45, 11533-11537.
- Andrásófszky E., Szocs Z., Fekete S. Jelenitz K. (1998): Evaluation of the nutritional value of the amaranth plant. I. Raw a heat-treated grain tested in experiments on growing rats. *Acta Vet. Hung.*, 46, 47–59.
- Andrea Y.A., Plate J., Areas A.G. (2002): Cholesterol lowering effect of extruded amaranth (*Amaranthus caudatus* L.) in hypercholesterolemic rabbits. *Food Chemistry*, 76, 1-6.
- Anonym (1975): Underexploited tropical plants with promising economic value. National Academy of Sciences. BOSTID, Washington, DC.
- Anonym (1981): Underexploited tropical plants with promising economic value. *Nat. Acad. Sci. Rpt.* Washington, D.C.
- Anonym (1984): Amaranth: Modern Prospects for an Ancient Crop. National Research Council, Washington: national Academy Press, Pp. 1–53.
- Anonym (2000): Bílá kniha o zdravotní nezávadnosti potravin.
- Anonym (2002): USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release 15, www.nal.usda.gov.
- Archbold R.A., Timmis A.D. (1998): Cholesterol lowering a coronary artery disease: mechanism of risk reduction. *Heart*, 80, 543–547.
- Auguet C.A. (1988): A new source of Squalene. *Drug Cosmet. Ind.*, 82, 51–53.
- Ayorinde F.O., Ologunde M.O., Nana E.Y., Bernard B.N., Afolabi O.A., Oke O.L., Shepard R. L. (1989): Determination of fatty acid composition of *Amaranthus species*. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 66, 1812–1814.
- Babor K., Halássová G., Dodok L., Géciová R., Lokaj J. (1994): Characterization of starch from *Amaranthus cruentus* L. *Chem. Pap.*, 48, 58–63.
- Becker R. (1989): Preparation, composition, a nutritional implications of amaranth seed oil. *Cereal Foods World*, 34, 950–953.
- Becker R., Wheeler E.L., Lorenz K., Stafford A.E., Grosjean O.K., Betschart A.A., Saunders R.M. (1981): A compositional study of amaranth grain. *J. Food Science*, 46, 1175–1180.

Berger A., Gremaud R., Baumgartner M., Rein D., Monnard I., Kratky E., Geiger W., Burri J., Dionisi F., Allan M., Lambelet P. (2003b): Cholesterol-lowering properties of amaranth grain a oil in hamsters. *Int. J. Vitam. Nutr. Res.*, 73, 39–47.

Berger A., Monnard I., Bilat M. (2000b): Effects of highly palatable amaranth containing foods on cholesterol levels of hypocholesterolemic men: pilot study. *Faseb J.*, 14, A250-250.

Berger A., Monnard I., Dionisi F., Gumy D., German B., Lambelet P., Hayes K.C. (2001): Cholesterol lowering properties of amaranth grain, oils, a non-saponifiable fraction in hamsters. *Faseb J.*, 15, A290–A290.

Berger A., Monnard I., Dionisi F., Gumy D., Hayes K.C., Lambelet P. (2003a): Cholesterol-lowering properties of amaranth flakes, crude a refined oils in hamsters. *Food Chem.*, 81, 119–124.

Berger A., Rein D., Gremaud G., Monnard I., Kratky E., Geiger W., Gumy D., Lambelet P. (2000a): Cholesterol-lowering properties of amaranth in hamsters. *Faseb J.*, 14, A250–A250.

Betschart A.A., Irving D.W., Shepherd A.D., Saunders R.M. (1981): *Amaranthus cruentus*: Milling characteristics, distribution of nutrients within seed components, a the effects of temperature on nutritional quality. *J. Food Sci.* 46, 1181.

Beveridge J.M.R., Connell W.F., Mayer G.A., Haust H.L. (1958): Pant sterols, degree of unsaturation a hypocholesterolaemic action of certain fats. *Can. J. Biochem. Physiol.*, 36, 895–911.

Bondioli P., Mariani C., Lanzani A., Fedli E., Muller A. (1993): Squalene recovery from olive oil deodorized distillates. *J. Am. Oil. Chem. Soc.*, 70, 763–766.

Böswart J., Kostiuk P., Hrstka J., Hrstka I., Hrstka V. (1993): Cholesterol a its esters in hen's egg. *Živoč. Vyr.*, 38, 471–480.

Breene W.M. (1991): Food use of grain amaranth. *Cereal Food World*, 36, 426–430.

Bressani R., Demarteli E.C.M., Degonidez C.M. (1993): Protein quality evaluation of amaranth in adult humans. *Plant Food Hum. Nutr.*, 43, 123–134.

Bressani R., Elias L.G., Garciasoto A. (1989): Limiting amino-acids in raw a processed amaranth grain protein from biological tests. *Plant Foods Hum. Nutr.*, 39, 223–234.

Bressani R., Gonzales J. M., Zuniga J., Breuner M., Elias L. G. (1987): Yield, selected chemical-composition a nutritive-value of 14 selection of amaranth grain representing 4 species. *J. Sci. Food. Agr.*, 38, 347–356.

Bressani R., Kalinowski L.S., Ortiz M.A., Elías L.G. (1987b): Nutritional evaluation of roasted, flaked and popped *A. caudatus*. *Arch. Latioam. Nutr.*, 37, 525-531.

Bressani R., Sánchez-Marroquín A., Morales E. (1992): Chemical composition of grain amaranth cultivars a effects of processing on their nutritional quality. *Food Rev. Int.*, 8, 23–49.

- Budin J.T., Breene W.M., Putnam D.H. (1996): Some compositional properties of seeds a oils of eight *Amaranthus species*. J. Am. Oil Chem. Soc., 73, 475–481.
- Carlsson R. (1980): Quantity a quality of Amaranth grain from plants in temperate cold a hot, a subtropical climates – A review, 48. In: Proc. 2nd Amaranth Conf.
- Chairatanayuth P. (1992): Inclusion of amaranth crop residues in diet for cattle. Food Rev. Inter., 8, 159–164.
- Chaturvedi A., Sarijimi G., Devi N.L. (1993): Hypocholesterolemic effect of amaranth seeds (*Amaranthus esculantus*). Plant Foods Hum. Nutr., 44, 63–70.
- Cheeke P.R., Bronson J. (1980): Feeding trials with amaranthus grain, forage a leaf protein concentrates. In: Proc. 2nd Amaranth Conf., Rodale Press, Inc., Emmaus, PA. p. 5-11.
- Cheeke P.R., Carlsson R., Kohler G.O. (1981): Nutritive value of leaf protein concentrates prepared from *Amaranthus species*. Can. J. Anim. Sci., 61, 199–204.
- Ciganek M., Pisarikova B., Zraly Z. (2007): Analytical method for determination of volatile organic compounds in the crude and heat treated amaranth samples. Veterinární Medicína, 52 (3), 111-120.
- Cole J.N. (1979): Amaranth: from the past, for the future. Rodale Press, Emmaus, PA. 152 p.
- Connor J.K., Gartner R.J.W., Runge B.M., Amos R.N. (1980): *Amaranthus edulis*: An ancient food source re-examined. Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb., 20, 156–161.
- Correa A.D., Jokl L., Carlsson R. (1986): Amoni acid composition of some *Amaranthus sp.* grain proteins a of its fraction. Arch. Latinoam. Nutr, 36, 466–476.
- Cortella A.R., Pochettino M.L. (1990): South American grain chenopods a amaranths: a comparative morphology of starch. Starch/Stärke, 42, 251–255.
- Danz R.A., Lupton J.R. (1992): Physiological effects of dietary amaranth (*Amaranthus cruentus*) on rats. Cereal Foods World, 37, 489–494.
- Devadas R.P., Murthy N.K. (1978): Biological utilization of β -carotene from amaranth a leaf protein in preschool children. World. Rev. Nutr. Diet. (Vitamin Carrier Functional Polyprenoids), 31, 159–161.
- Devadas R.P., Saroja S. (1980): Availability of β -carotene from papaya fruit a amaranth in preschool children. Indian J. Nutr. Diet., 17, 41–44.
- Dodok L., Modhir A.A., Buchtova V., Halasova G., Polacek I. (1994b): Importance a utilization of amaranth in food industry. 2. Composition of amino acids a fatty acids. Nahrung-Food, 41, 108–110.
- Dodok L., Modhir A.A., Halasova G., Polacek I., Hozova B. (1994a): Importance a utilization of amaranth in food industry. 1. Characteristic of grain an average chemical constitution of whole amaranth flour. Nahrung-Food, 38, 378–381.

Dostálek P., Michalová A., Škeřík J., Hutař M., Mitáček T. (2000): Netradiční plodiny, bulletin ekologického zemědělství, PRO-BIO Šumperk.

Downton W.J.S. (1973): *Amaranthus edulis*: a high lysine grain amaranth. *World Crops*, 25, 20.

Early D.K. (1977): Cultivation a uses of amaranth in contemporary Mexico, 39. In "Proceedings of the First Amaranth Seminar". Rodale Press, Emmaus, PA.

Fernandez X., Monin G., Talmant A. (1999): Influence of intramuscular fat content on the quality of pig meat-2. Consumer acceptability on *m. longissimus lumborum*. *Meat Sci.*, 53, 67-72.

Fernando T., Bean G. (1984): Fatty-acids a sterols of *Amarantus Tricolor* L. *Food Chem.*, 15, 233-237.

Fernando T., Bean G. (1985): A comparison of the fatty acids a sterols of seed of weedy a vegetable species of *Amaranthus spp.* *J. Am. Oil. Chem. Soc.*, 62, 89-91.

Garcia L.A., Alfaro M.A. Bressani R. (1987a): Digestibility a nutritional value of crude-oil from three amaranth species. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 64, 371-375.

Garcia L.A., Alfaro M.A., Brassani R. (1987b): Digestibility a protein quality of raw a heat-processed defatted a nondefatted flours prepared with three amaranth species. *J. Aric. Food. Chem.*, 35, 604-607.

Gonor K.B., Pogoževa A.V., Kulakova, S.N., Medvedev F.A., Mirošničenko, L.A. (2006): Vlijanie masla amaranta na pokazateli lipidnovo obmena u bolnyh išemičeskoj boleni serdca i giperlipoproteidemiej. *Výprosny pitaniya* 3:17-21.

Grajeta H. (1997): Effects of amaranth (*Amaranthus cruentus*) seeds on lipid metabolism in rats. *Bromatol. Chem. Toksyk.*, 30, 25-30.

Grajeta H. (1999): Effect of amaranth a oat bran on blood serum a liver lipids in rats depending on the kind of dietary fats. *Nahrung food.*, 43, 114-117.

Grubben G.J.H., von Sloten D.H. (1981): Genetic resources of Amaranth: A global plan of action. *Int. Board of Plant Genet. Res.*, FAO, Rome, Italy. UN. AGP: 1BPRG/80/2.

Haughton C.S. (1978): "Green Immigrants: Plants that transformed America." Harcourt Brace Jovanovich, New York.

Hauptli H. (1977): Agronomic potential a breeding strategy for grain amaranthus, 71. In: *Proc. First Amaranthus Seminar*, July 29, 1977, Rodale Press, Inc., Emmaus, PA.

He H.P., Cai Y., Sun M., Corke H. (2002): Extraction and purification of squalene from amaranthus grain. *J. Agric. Food. Chem.*, 50, 2: 368-372.

Herranz J., Vidal-Valverde C., Rojas Hidalgo E. (1981): Cellulose, hemicellulose and lignin content of raw cooked Spanish vegetables. *J. Food Sci.*, 46, 1927-1933.

Herzig I. (2001): Možnosti náhrady živočišných mouček využitím amarantu. *Krmivářství*, 3, 37–38.

Herzig I., Písaříková B., Roučková J., Zralý Z., Suchý P. (2002): Nutriční hodnota amarantu a možnosti jeho využití ve výživě. In: Sborník z mezinárodní konference V. dni výživy a veterinární dietetiky. Hrádek 11.-12. září 2002. Štátna veterinárna správa SR v Bratislave. ISBN 80-88985-71-4, EAN – 9788088985716.

Herzig I., Suchý P., Písaříková B., Roučková J. (2003): Nutriční hodnota amarantu a možnosti jeho využití ve výživě monogastrů. In: Prokop V. et al.: Zaměnitelnost krmiv v návaznosti na zákaz krmného použití masokostní moučky. Vědecký výbor výživy zvířat, MZe a VÚŽV Praha: 23-31.

Hill R.M., Rawate P.D. (1982): Evaluation of food potential, some toxicological aspects, a preparation of protein isolate from the aerial part of amaranth (pigweed), *J. Agr. Food Chem.*, 30, 465–469.

Hunziker A.T. (1952): Los Pseudocereales de la agricultura indígena de America. Universidad Nacional de Cordoba (Museo botanico). Buenos Aires, Argentina.

Imeri A, Florez R., Elias L.G., Bressani R. (1987): Effect of processing a amino acids supplementation on the protein quality of amaranth. *Arch. Latinoam. Nutr.*, 37, 161–173.

Irving D.W., Betchart A.A., Saunders R.M. (1981): Morphological studies on *Amaranthus cruentus*. *J. Food Sci.*, 46, 1170–1174.

Jain S.K., Hauptli H. (1980): Grain amaranth: A new crop for California. *Agronomy Prog. Rept.* 107, Agric. Exp. Station, Univ. of California, Davis.

Jalč D., Baran M., Siroka P. (1999): Use of grain amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) for feed and its effect on rumen fermentation in vitro. *Czech J. Anim. Sci.*, 44: 163-167.

Jarošová J., Michalová A., Vavreimová S., Moudrý J. (1997): Pěstování a využití amarantu. *Metodiky pro zemědělskou praxi 13/1997*. ÚZPI Praha. ISBN 80-7271-042-7. 37 s.

Jathar V.S., Kulkarni P.R., Rege D.V. (1974): Vitamin B12 like activity in leafy vegetables. *Indian J. Biochem. Bio.*, 11, 71–73.

Jelínek M. (2001): Amarant: Co nám může přinést pro naše zdraví. *DMEV, Supplementum*, 2, 34–35.

Jonston D.E., Oliver W.T. (1982): The influence of cooking technique on dietary fiber of boiled potato. *J. Food Technol.*, 17, 99-107.

Jorgensen H., Zhao X.Q., Knudsen K.E., Eggum B.O. (1996): The influence of dietary fibre source and level on the development of the gastrointestinal tract, digestibility and energy metabolism in broiler chickens. *Br. J. Nutr.*, 75, 379-395.

- Jůzl M., Simeonovová J., Písaříková B. (2005): Senzorická analýza masa kohoutků a slepiček krmených krmnou směsí s přísadkou amarantu nebo rybí moučky. *Acta univ. agric. et silvic. Mendel. Brun.*, LIII, No. 5, 79-90.
- Kalač P., Moudrý J. (2000): Chemické složení a nutriční hodnota semen amarantu. *Czech J. Food Sci.*, 5, 201–206.
- Kauffman C.S. (1992): Realizing the potential of grain amaranth, *Food Rev. Int.*, 8, 5–21.
- Kauffman C.S., Haas P.W. (1983): Grain amaranth: A crop with low water requirements a high nutritional value, 299. In “Environmentally Sound Agriculture,” ed. W. Lockeretz, Praeger Press, New York.
- Kauffman C.S., Weber L.E. (1990): Grain amaranth 127–139. In: J. Janick a J. E. Simon (eds.), *Advances in new crops*, Timber Press, Portla, OR.
- Kim H.K., Kim M.J., Shin D.H. (2006): Improvement of lipid profile by amaranth (*A. esculantus*) supplementation in streptozotocin-induced diabetic rats. *Ann. Nutrition Metabolism*, 50, 277-281.
- Koeppel S.J., Rupno J.H., Walker C.E., Davis A. (1985): Isolation a heat stability of trypsin inhibitors in amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*). *J. Food Sci.*, 50, 1519–1521.
- Kulakova S.N., Pozdnjakov A.L., Korf I.I., Karagodina Z.V., Medvedev F.A., Viktorova E.V., Gonor K.B., Kamyševa I.M., Gadžieva Z.M. (2006): Maslo amaranta: osobnosti chemickeho sostava i vlijanie na pokazateli lipidnoho obměna u kryš. *Voprosy pitaniya* 3, 36-42.
- Lala V.R., Reddy V. (1970): Absorption of β -carotene from green leafy vegetables in undernourished children. *Am. J. Clin. Nutr.*, 23, 110–113.
- Lanta V., Havránek P. (2001): Mezidruhová hybridizace a tok genů v komplexu „crop-weed“ při pěstování amarantu, 76–82. In: *Pěstování a využití některých opomíjených a netradičních plodin v ČR*, VÚRV Praha - Ruzyně.
- Laovoravit N., Kratzer F.H., Becker R. (1986): The nutritional value of amaranth for feeding chickens. *Poult. Sci.*, 65, 1365–1370.
- László R. (1984): *The Chemistry of Cereal Proteins*, CRC Press, Boca Raton, FL.
- Lehmann J.W. (1988): Grain amaranth. Developing 21st century products from the legendary sister crop of maize. *Int. Food. Inged.*, July, 3, 26.
- Lehmann J.W. (1996): Case history of grain amaranth as an alternative crop. *Cereal Foods World*, 41, 399–411.
- Lehmann J., Putnam D.H., Qureshi A.A. (1994): Vitamin E isomers in grain amaranths (*Amaranthus spp.*). *Lipids*, 29, 177–181.

- Leon-Camacho M., Garcia-Gonzalez D.L., Aparicio R. (2001): A detailed a comprehensive study of amaranth (*Amaranthus cruentus* L.) oil fatty profile. *Eur. Food Res. Tech.*, 213, 349–355.
- Lorenz K., Dilsaver W., Bates L. (1980): Proso millets. Milling characteristics, proximate compositions nutritive value of flours. *Cereal Chem.*, 57, 16–20.
- Lorenz K., Hwang Y.S. (1985): Lipids in amaranths. *Nutr. Rep. Int.*, 31, 83–89.
- Lyon C.K., Becker R. (1987): Extraction a refining of oil from amaranth seed. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 64, 233–236.
- Maier S.M., Turner N.D., Lupton J.R. (2000): Serum lipids in hypocholesterolemic men a women consuming oat bran a amaranth products. *Cereal chemistry*, 77, 297–302.
- Mendoza M.C., Bressani R. (1987): Nutritional a functional characteristics of extrusion cooked amaranth flour. *Cereal Chem.*, 64, 218–222.
- Miettinen T.A., Kesäniemi Y.A. (1986): Cholesterol balance a lipoprotein metabolism in man, 113–115. In: Grundy, S. M. ed. *Bile acids a atherosclerosis*. New York: Raven Press.
- Miettinen T.A., Vanhanen H. (1994): Serum concentration a metabolism of cholesterol during rapeseed oil a squalene feeding. *Am. J. Clin. Nutr.*, 59, 356–363.
- Michalová A. (1998): Laskavec , Úroda 47, 17.
- Michalová A. (1999): Laskavec (*Amaranthus* L.) Výž. Potravn., 1, 13–14.
- Michalová A., Hermuth J., Dotlačil L., Stehno Z. (2001): Increasing diversity in agricultural systems a quality of production by utilization of alternative a neglected crops. In: Proceedings of the 50th Anniversary Conference "Crop Science on the Verge of the 21st Century - Opportunities a Challenges", Research Institute of Crop Production, Prague, 11-13 September, 2001. 122–125.
- Michalová A., Stehno Z., Hermuth J., Vala M. (2002): Opomíjené a alternativní druhy polních plodin a jejich využití pro zdravou výživu a podporu setrvalého rozvoje zemědělství, 28–35. In: Sborník referátů ze semináře "Genofond zemědělských plodin a jeho využití pro rozšíření agrobiodiversity", 4. června 2002, VÚRV Praha.
- Miles C.W., Kelsay J.L., Wong N.P. (1988): Effect of dietary fiber on the metabolizable energy of human diets. *J. Nutr.*, 118, 1075–1081.
- Misra P.S., Paey R.M., Pal M. (1983): Amino acids composition in *Amaranthus*. *Fitoterapia*, 54, 135.
- Moudrý J., Stražil Z. (1996): Alternativní plodiny. JU ZF České Budějovice.
- Moudrý J. (2001): Pěstování amarantu v České republice. Předneseno ma První národní konferenci Amaranth a jeho nutriční využití. 4. října 2001. Hradec Králové.

- Moudrý J., Pejcha J., Peterka J. (1999): Vliv genotypu a agrotechniky na výnos laskavce (*Amaranthus sp.*). Collection of Scientific Papers, Faculty of Agriculture in České Budějovice, Series for Crop Sciences, 2, 93–98.
- Naděje B., Koucký M., Ševčíková S., Adamec T., Laštovková J. (2000): Assessment of boar and barrow meat (in Czech). Czech J. Anim. Sci., 45, 539-544.
- Newman R.E., Bryden W.L., Fleck E., Ashes J.R., Buttermer W.A., Storlien L.H., Downing J.A. (2002): Dietary n-3 and n-6 fatty acids alter avian metabolism and abdominal fat deposition. Brit. J. Nutr., 88, 11-18.
- Newmark H.L. (1997): Squalene, olive oil, a cancer risk: A Review a Hypothesis. Cancer Epidem. Biomar., 6, 1101–1103.
- Oke O.L. (1983): Amaranth. In „Habook of Tropical Foods“, ed. H. T. Chan Jr., p- 1. Marcel-Dekker, Inc., New York.
- Oliver M.A., Gispert M., Diestre A. (1993): The effect of breed and halothane sensitivity on pig meat quality. Meat Sci., 35, 105-118.
- Ologunde M.O., Akinyemiju A.O., Adewusi S.R.A., Afolabi O.A., Shepard R.L., Oke O.L. (1992a): Chemical evaluation of exotic grain amaranth seed planted on the humid lowlas of west Africa. Trop. Agr., 69, 106–110.
- Ologunde M.O., Ayorinde F.O., Shepard R.L., Afolabi O.A., Oke O.L. (1992b): Sterols of seed oils of *Vernonia-galamensis*, *Amaranthus-cruentus*, *Amaranthus-caudatus*, *Amaranthus-hybridus* a *Amaranthus-hypochondriacus* grown in the humid tropics. J. Sci. Food Agr., 58, 221–225.
- Olusegum O.L. (1983): Habook of tropical foods, Chapter 1 (edited by H. T. Chan jr.), 1–28. Hawaii: Marcel Dekker.
- Opute F.I. (1979): Seed lipids of the grain amaranths. J. Exp. Botany, 30, 601–606.
- Pal M., Khoshoo T.N. (1974): Grain amaranths, 129. In „Evolutionary Studies in World Crops,“ ed. J. Hutchinson, Cambridge Univ. Press, Cambridge, Engla.
- Pant K.C. (1983): Studies on the nutritional quality of grain amaranths. Nutr. Rep. Int., 28, 1445–1456.
- Pant K.C. (1985): Effect of heat processing (popping) on protein nutritional quality of grain amaranth. Nutr. Rep. Int., 32, 1089–1098.
- Paredes-Lopez O., Schevenin M.L., Hernández-López D. Cárabez A. (1989): Amaranth starch – isolation a partial characterization, Starch/Stärke, 41, 205–207.
- Pedersen B., Kalinowski L.S., Eggum B.O. (1987): The nutritive value of amaranth (*Amaranthus caudatus*). Protein a minerals of raw a processed grain. Qual. Plant., 36, 309–324.

Pedersen B., Knudsen K.E., Eggum B.O. (1990): The nutritive value of amaranth grain (*Amaranthus caudatus*). 3. Energy and fibre of raw and processed grain. *Plant Foods Hum. Nutr.*, 40, 61 – 71.

Perez E., Bahnassey Y.A., Breene W.M. (1993): A simple laboratory scale method for isolation of amaranth starch. *Starch/Staerke*, 45, 211–214.

Písaříková B. (2006): Využití zrna amarantu a produktů jeho zpracování k náhradě živočišných mouček ve výživě kuřecích brojlerů. Závěrečná zpráva projektu QF 3112, MZe ČR, Národní agentura pro zemědělský výzkum.

Písaříková B., Herzig I., Trčková M. (2004): Obsah vlákniny a stravitelnost dusíkatých látek in vitro po tepelném ošetření zrna amarantu. In: *Sborník Aktuální problémy šlechtění, chovu, zdraví a produkce drůbeže. České Budějovice 2004*. ISBN 80-85645-48-5.

Písaříková B., Kráčmar S., Herzig I. (2004): Obsah aminokyselin ve vybraných odrůdách zrna amarantu. In: *Sborník Proteiny 2004*. Brno, 10.6. 2004, 21-26.

Písaříková B., Kráčmar S., Herzig, I. (2005): Amino acid contents and biological value of protein in various amaranth species. *Czech J. Anim. Sci.*, 50, 169-174.

Písaříková B., Peterka J., Trčková M., Moudrý J., Zralý Z., Herzig I. (2006): Chemical composition of the above-ground biomass of *Amaranthus cruentus* and *A. hypochondriacus*. *Acta Vet. Brno*, 75, 133-138.

Písaříková B., J. Peterka J., Trčková M., Moudrý J., Zralý Z., Herzig I. (2007): The contents of insoluble fibre and nutritive value of the above-ground biomass of *Amaranthus cruentus* and *A. hypochondriacus*. *Czech. J. Anim. Sci.* in press.

Písaříková B., Zralý Z., Kráčmar S., Trčková M., Herzig I. (2005): Nutritive value of amaranth grain (*Amaranthus L.*) in the diets for broiler chickens. *Czech J. Anim. Sci.*, 50, 568-573.

Písaříková B., Zralý Z., Kráčmar S., Trčková M., Herzig I. (2006): The use of amaranth (genus *Amaranthus L.*) in the diets for broiler chickens. *Veterinární Medicína*, 54, (7), 399-407.

Písaříková B., Zralý Z., Trčková M., Herzig I. (2006): Produkční účinnost krmných směsí se zastoupením amarantu. *Krmivářství*, 1, 2006, 39-42. ISSN 1212-9992 MK ČR E 7525.

Plate A.Y.A., Arêas J.A.G. (2002): Cholesterol-lowering effect of extruded amaranth (*Amaranthus caudatus L.*) in hypocholesterolemic rabbits. *Food Chem.*, 77, 297–302.

Pond W.G., Lehmann J.W., Elmore R., Husby F., Calvert C.C., Newman C.W., Lewis B., Harrold R.L. a Froseth J. (1991): Feeding value of raw a heated grain amaranth germplasm, *Anim. Feed. Sci. Technol.*, 33, 221–236.

Prakash D., Joshi B.D., Pal M. (1995): Vitamin-C in leaves a seed oil composition of the *Amaranthus species*. *Int. J. Food Sci. Nutr.*, 46, 47–51.

Prakash D., Pal M. (1991): Nutritional a antinutritional composition of grain amaranth leaves. *J. Sci. Food Agr.*, 57, 573–583.

Prakash D., Pal M. (1992): Seed protein, fat a fatty acid profile of *Amaranthus* species. *J. Sci. Food Agric.*, 58, 145–147.

Price P.B., Parsons J.G. (1975): Lipids of seven cereal grains. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 52, 490–493.

Prokop V., Herzig I., Opletal L., Suchý P. (2003): Zaměnitelnost krmiv v návaznosti na zákaz krmného použití masokostní moučky. Vědecký výbor výživy zvířat MZe. VÚŽV Uhřetěves. 76 s.

Prokopowicz D. (2001): Health promoting attributes of amaranthus (*Amaranthus cruentus*). *Medycyna Wet.*, 57, 559–561.

Punita A., Chaturvedi A. (2000): Effect of feeding crude red palm oil (*Elaeis guineensis*) a grain amaranth (*Amaranthus paniculatus*) to hens on total lipids, cholesterol, PUFA levels a acceptability of eggs. *Plant Food. Hum. Nutr.*, 55, 147–157.

Quereshi A.A., Lehmann J.W., Peterson D.M. (1996): Amaranth a its oil inhibit cholesterol biosynthesis in 6-week-old female chickens. *J. Nutr.*, 126, 1972–1978.

Quereshi A.A., Peterson D.M., Din Z.Z. , Clson C.E., Birg J., (1986): The independent roles of genetic a dietary factors in determining the cholesterol status of laying hens. *Nutr. Rep. Int.*, 34, 156–160.

Rao C.N., Rao B.S.N. (1970): Absorption of dietary carotenes in human subjects. *Am. J. Clin. Nutr.*, 23, 105–109.

Ravindran V., Hood R.L., Gill R.J., Kneale C.R., Bryden W.L. (1996): Nutritional evaluation of grain amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) in broiler diets. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 63, 323-331.

Reistad R., FrolichW. (1984): Content and composition of dietary fibre in some fresh and cooked Norwegian vegetables. *Food Chem.*, 13, 2209-2224.

Roučková J., Trčková M., Herzig I. (2004): The use of amarant grain in diets for broiler chickens and its effect on performance and selected biochemical indicators. *Czech J. Anim. Sci.*, 49, 532-541.

Sauer J.D. (1950): The grain amaranths: A survey of their history a classification. *Annals of The Missouri Botanical Garden*, 37, 561.

Saunders R.M., Becker R. (1984): *Amaranthus*: A potential food a feed resource. In: *Advances in Cereal Science a Technology*. Vol. VI. American Assoc. Of Cereal Chemists, St. Paul, Minn., pp. 357.

Senft J.P. (1980): Protein quality of amaranth grain, 43–47. In: *Second Amaranth Conf.* Rodale Press. Emmaus, PA.

Singhal R.S., Kulkarni P.R. (1988): Review: Amaranthus – An underutilized resource. *Int. J. Food. Sci. a Technol.*, 23, 125–139.

Singhal R.S., Kulkarni P.R. (1990): Effect of puffing on oil characteristics of amaranth (Rajgeera) seeds. *J. Am. Chem. Soc.* 67, 952–954.

Skrivan M., Skrivanova V., Marounek M., Tumova E., Wolf J. (2000): Influence of dietary fat source and copper supplementation on broiler performance, fatty acid profile of meat and depot fat, and on cholesterol content in meat. *Brit. Poultry Sci.*, 41, 608-614.

Smith T.J. (2000): Squalene: potential chemopreventive agent. *Expert Opinion on Investigational Drugs*, 9: 1841-1848.

Sokól J.L., Bobel B.K., Fabijańska M., Bekta M. (2001): Preliminary results on the influence of amaranth seeds on carcass and meat quality of fatteners. *J. Anim. Feed Sci.*, 10, 203-208.

Srikantia S.G. (1978): Prevention of vitamin A deficiency. *World. Rev. Nutr. Diet. (Vitamin Carrier Functional Polyprenoids)*, 31, 95–99.

Stoller E.W., Weber E.J. (1970): Lipid constituents of some common weed seeds. *J. Agric. Food. Chem.*, 18, 361.

Stone L.A., Lorenz K. (1984): The starch of amaranthus – physicochemical properties a functional-characteristic. *Starke*, 36, 232–237.

Suchý P., Herzig I., Straková E. (2003): Řešení problémů spojených se zákazem používání animálních proteinů v krmných směsích. In: Prokop V. et al. (2003) *Zaměnitelnost krmiv v návaznosti na zákaz krmného použití masokostní moučky*. Vědecký výbor výživy zvířat, MZe. VÚŽV Uhřetěves. 76 s.

Sulpice J.C., Ferexou J. (1984) Squalene isolation by HPLC a quantitative comparison by HP a GLC. *Lipids*, 19, 631–635.

Sun H., Wiesenborn D., Rayas-Duarte P., Mohamed A., Hagen K. (1995): Bench-scale processing of amaranth seed for oil. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 72, 1551–1555.

Sun H., Wiesenborn D., Tostenson K., Gillespie J., Rayas-Duarte P. (1997): Fractionation of squalene from amaranth seed oil. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 74, 413–418.

Škultéty M., Škultétyová N., Bencová E. (1991): Dry-matter intake a digestibility of nutrients of green, ensiled a granulated amaranth. *Ziv. Vyr.*, 36, 793–798.

Takeda H., Kiriyaama S. (1991): Difference between rats a chick in the protective effect of dietary fiber against amaranth toxicity. *Agr. Biol. Chem.*, 55, 1299–1305.

Teutonico R.A., Knorr D. (1985): Amaranth: Composition, properties, a applications of a rediscovered food crop. *Food. Technol.*, 39, 49–55.

Tillman P.B., Waldroup P.W. (1986): Processing grain amaranth for use in broiler diets. *Poult. Sci.*, 65, 1960–1964.

Tillman P.B., Waldroup P.W. (1987): Effects of feeding extruded grain amaranth to laying hens. *Poultry Sci.*, 66, 1697–1701.

Tillman P.B., Waldroup P.W. (1988a): Assessment of extruded grain amaranth as a feed ingredient for broilers. 1. Apparent metabolizable energy values. *Poultry Sci.*, 67, 641–646.

Tillman P.B., Waldroup P.W. (1988b): Performance and yield of broilers fed extruded grain amaranth a grown to market weight. *Poultry Sci.*, 67, 743–749.

Tosi E.A., Ré E., Lucero H., Masciarelli R. (2001): Dietary fiber obtained from amaranth (*Amaranthus cruentus*) grain by different milling. *Food. Chem.*, 73, 441–443.

Tovar L.R., Brito E., Takahashi T., Miyazawa T., Soriano J., Fujimoto K. (1989): Dry heat popping of amaranth seed might damage some of its essential amino acids. *Plant Food Hum. Nutr.*, 39, 299–309.

Tudor F., George B. (1985): Fatty acids and sterols of *Amaranthus tricolor* L. *Food Chemistry*, 15, 233–237.

Velíšek J. (1999): Doprovodné látky lipidů. 107–117. In: *Chemie potravin*. 328 pp.

Vetter J. (1994): Minerals and amino acids in the seeds of the new, cultivated „cereal-like“ species *Amaranthus hypochondriacus*. *Z. Lebensm. Unters. Forsch.*, 198, 284–286.

Vietmeyer N.D. (1982): Amaranth: Return of the Aztec mystery crop. Pages 189–195 in *Yearbook of Science and the Future*. 1983 ed. Encyklopedia Britannica, Inc. Chicago, ILL.

Voet D., Voet J.G. (1995): *Lipoproteiny in Biochemie*. Victoria Publishing, Praha. 1. vydání. 332–343.

Vohra P., Bersch S., Acar N., Becker R. (1989): Use of grain amaranth in diets of Japanese quail and chickens. *Nutr. Rep. Int.*, 39, 1227–1235.

Waldroup P.W., Hellwig H.M., Longer D.E., Endres C.S. (1985): The utilization of grain amaranth by broiler chickens. *Poult. Sci.*, 64, 759–762.

Weber L.E., Applegate W.W., Baltensperger D.D., Irwin M.D., Lehmann J.W., and Putnam D.H. (1990): *Amaranth Grain Production Guide*, Rodale Press, Emmaus, PA.

Wilhelm E., Themeier H.W., Lindhauer M.G. (1998): Small granule starches and hydrophilic polymers as components for novel biodegradable two-phase compounds for special applications. Part 1: Separation and refinement techniques for small granule starches from amaranth and quinoa. *Starch- Starke*, 50, 7–13.

Yanez E., Zacarias I., Ganger D., Vasquez M., Estevez A.M. (1994): Chemical and nutritional characterization of amaranth (*Amaranthus cruentus*). *Arch. Latinoam. Nutr.*, 44, 57–62.

Zadák Z., Hyšpler R., Žďánský P. (2001): Úloha sterolů a jejich prekurzorů – skvalen, fytoestrogeny, fytosteroly – v moderní dietologii. Diabetologie, metabolismus, endokrinologie, výživa, 4, 16–17.

Zeman L., Šimeček K., Krása A. et al. (1995): Tabulky výživné hodnoty krmiv. VÚZV Pohořelice. 465 s.

Zralý Z., Písaříková B., Herzig I. (2004): Amarant jako náhrada masokostní moučky. Farmář, 4, 43-44.

Zralý Z., Písaříková B., Hudcová H., Trčková M., Herzig I. (2004): Effect of feeding amaranth on growth efficiency and health of market pigs. Acta Veterinaria Brno, 73 (4), 437-444

Zralý Z., Písaříková B., Simeonová J., Jůzl M. (2006): Vliv diet s obsahem laskavce (*Amaranthus* L.) na jatečné ukazatele a kvalitu masa kuřecích brojlerů a prasat. In: Sborník souhrnů sdělení XXXIII. semináře o jakosti potravin a potravinářských surovin, 8.3.2006, MZLU Brno, s. 25. ISBN 80-7157-930-0

Zralý Z., Písaříková B., Trčková M., Herzig I. (2005): Využití lupiny a amarantu ve výživě výkrmových prasat. In: VI. Kábrtovy dietetické dny, O zdravotní nezávadnosti a produkční účinnosti krmiv, 5.5.2005, Ústav výživy, zootechniky a zoohygieny, VFU Brno, s. 95-100, ISBN 80-7305-521-X.

Zralý Z., Písaříková B., Trčková M., Herzig I., Jůzl M., Simeonová J. (2006): Effect of lupine and amaranth on growth efficiency, health, and carcass characteristics and meat quality of market pigs. Acta Veterinaria Brno, 75 (3), 363-372

Zralý Z., Písaříková B., Trčková M., Herzig I., Vítová E. (2005): Vliv amarantu na užitkovost, zdravotní stav a zastoupení mastných kyselin v tukové tkáni výkrmových prasat. In: Aktuální problémy k šlechtění, chovu, zdraví a produkce prasat, 9.-10.2.2005, České Budějovice, Scientific pedagogical publishing, 2005, s.159-162. ISBN 80-85645-50-5.

Zralý Z., Písaříková B., Trčková M., Kráčmar S., Herzig I. (2005): Využití laskavce (*Amaranthus* L.) ve výživě monogastričních zvířat. In: Dni výživy zvířat, 16.-17.6.2005, Západné Tatry, Račková Dolina, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, s. 62. ISBN 80-8069-529-6.