

Srovnání biologické hodnoty bílkovin u vybraných luštěnin.

Bc. Filip Kočař

Diplomová práce
2009

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav potravinářského inženýrství

akademický rok: 2008/2009

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Filip KOČAŘ**

Studijní program: **N 2901 Chemie a technologie potravin**

Studijní obor: **Technologie, hygiena a ekonomika výroby potravin**

Téma práce: **Srovnání biologické hodnoty bílkovin u vybraných luštěnin.**

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

- Charakterizujte luštěniny z nutričního hlediska.
- Pojednejte o faktorech ovlivňujících nutriční hodnotu luštěnin.

II. Praktická část

- Stanovte obsah aminokyselin u vybraných luštěnin v surovém stavu a po naklíčení.
- Stanovte in vitro stravitelnost dusíkatých látek u vybraných luštěnin.

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

[1] KLOUDA, P. **Moderní analytické metody**, druhé, upravené a doplněné vydání, Ostrava 2003.

[2] VELÍŠEK, J. **Chemie potravin 2**, OSSIS, Tábor 1999.

[3] Peková, A. **Luštěniny – hrášek a fazolky**, 1. vydání, 2004.

[4] http://www.coop.cz/magazin/3_2001/zdrave_lusteniny.html.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. František Buňka, Ph.D.

Ústav potravinářského inženýrství

Datum zadání diplomové práce:

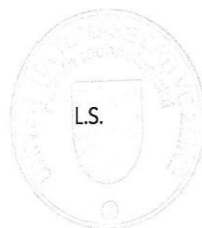
18. února 2009

Termín odevzdání diplomové práce:

31. května 2009

Ve Zlíně dne 31. května 2009

doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan



prof. Ing. Ignác Hoza, CSc.
vedoucí katedry

ABSTRAKT

Diplomová práce se v teoretické části zabývá charakteristikou a vlastnostmi luštěnin. Popsána je stavba a biologické vlastnosti jednotlivých částí rostliny. V druhé části je kladen důraz na charakterizaci a chemické složení hrachu. Uvedeny jsou i jeho nutriční hodnoty a stravitelnost. Praktická část se zabývá obsahem sušiny, popela a změnou dusíkatých látek a aminokyselin v syrovém stavu a po naklíčení. Analyzována je také *In vitro* stravitelnost dusíkatých látek.

Klíčová slova: luštěniny, hrách, dusíkaté látky, aminokyseliny, *In vitro* stravitelnost

ABSTRACT

The diploma thesis deals with the characteristic and features of legume in its theory part. It describes the structure and the features of the particular parts of the plant. The second part focuses on the characteristic of the pea and its chemical constitution. It also mentions nutritional quality of the pea and its digestibility. The practical part of the thesis focuses on the content of the dry matter, ash and it discusses the shift of the nitrogen substances and the amino acid in the raw condition and after the germination. It also analyses *In vitro* protein digestibility of the nitrogen substances.

Keywords: Legume, pea, nitrogen substances, amino acid, *In vitro* digestibility

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu mé diplomové práce doc. Ing. Františkovi Buňkovi, Ph.D. za poskytnuté informace, odborné rady a především za velkou ochotu a čas, který mi věnoval při jejím sestavování. Také bych chtěl poděkovat Mgr. Jitce Továryšové za slohové a gramatické korekce.

Prohlašuji, že jsem na diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků, je-li to uvedeno na základě licenční smlouvy, budu uveden jako spoluautor.

Ve Zlíně

.....

Podpis studenta

OBSAH

ÚVOD.....	8
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 OBECNÁ CHARAKTERISTIKA LUŠTĚNIN	11
1.1 STAVBA A BIOLOGICKÉ VLASTNOSTI JEDNOTLIVÝCH ČÁSTÍ LUSKOVIN.....	11
1.1.1 Semenó.....	11
1.1.2 Slupka.....	12
1.1.3 Klíček	12
1.1.4 Kořen.....	13
1.1.5 Lodyha.....	13
1.1.6 Listy.....	14
1.1.7 Květenství	14
1.1.8 Lusk.....	14
1.2 PŘEHLED VYBRANÝCH DRUHŮ LUŠTĚNIN	15
1.2.1 Hrách <i>Pisum</i> L.....	15
1.2.2 Cizrna (římský hrách) <i>Cicer</i> L.	15
1.2.3 Fazole <i>Phaseolus</i> L.	15
1.2.4 Čočka <i>Lens</i> A.	16
1.2.5 Sója <i>Glycine</i> L.	16
2 CHARAKTERIZACE HRACHU	17
2.1 STAVBA ROSTLINY	18
2.2 PĚSTOVÁNÍ HRACHU.....	19
2.2.1 Vliv prostředí	19
2.2.2 Požadavky na půdu	20
2.3 PĚSTITELSKÉ FORMY A VYBRANÉ ODRŮDY HRACHU	20
2.3.1 Hrách setý pravý:	21
2.3.2 Hrách rolní (peluška).....	22
2.3.3 Hrách dřeňový zahradní	22
2.3.4 Hrách cukrový.....	23
3 CHEMICKÉ SLOŽENÍ HRACHU	24
4 VÝŽIVA A STRAVITELNOST	28
4.1 SPOTŘEBA LUŠTĚNIN VE SVĚTĚ	28
4.2 HRÁCH V LIDSKÉ VÝŽIVĚ	28
4.2.1 Stravitelnost luštěnin.....	29
II PRAKTICKÁ ČÁST	31
5 METODIKA PRÁCE	32
5.1 POPIS PRÁCE.....	32
5.2 METODY ZPRACOVÁNÍ A PŘÍPRAVA VZORKŮ.....	32
5.2.1 Vzorky syrových semen.....	32
5.2.2 Vzorky naklíčených semen	32
5.3 METODY ANALÝZY	33
5.3.1 Základní chemická analýza.....	33
5.3.2 Stanovení dusíkatých látek.....	33
5.3.3 Analýza aminokyselin v luštěninách.....	33

5.3.4	<i>In vitro</i> stravitelnost bílkovin (IVPD) a sušiny	34
5.3.5	Izolace a frakcionace bílkovin	35
5.3.6	Statistická analýza	36
6	VÝSLEDKY A DISKUSE	37
6.1	ZÁKLADNÍ CHEMICKÉ SLOŽENÍ SYROVÉ LUŠTĚNINY	37
6.2	AMINOKYSELINOVÉ SLOŽENÍ V SEMENECH LUŠTĚNIN	39
6.3	FRAKCIONACE BÍLKOVIN V SEMENECH LUŠTĚNIN	43
6.4	HODNOCENÍ NUTRIČNÍ KVALITY NAKLÍČENÝCH LUŠTĚNIN	43
6.4.1	Aminokyselinové složení dělohy a klíčků po 48 hodinovém klíčení luštěnin	43
6.4.2	Dusíkaté látky obsažené v děloze a klíčcích po 48 hodinovém klíčení	56
6.4.3	<i>In vitro</i> stravitelnost bílkovin a sušiny z dělohy a klíčků	57
	ZÁVĚR	60
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	62
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	69
	SEZNAM OBRÁZKŮ	70
	SEZNAM TABULEK	71
	SEZNAM GRAFŮ	72
	SEZNAM PŘÍLOH	73

ÚVOD

Luskoviny mají ve srovnání s jinými kulturními rostlinami mnoho předností. Především vynikají vysokým obsahem bílkovin v semenech i rostlinách. Neobyčejnou vlastností luskovin je jejich vztah k hlízkovým bakteriím žijícím na kořenech luskovin. Bakterie rodu *Rhizobia* mají schopnost vázat vzdušný dusík, který využívá hostitelská rostlina. Tím si uhradí luskoviny převážnou část své potřeby dusíku. Velmi vysoko jsou luskoviny hodnoceny pro příznivý vliv na půdu. Svým hluboko sahajícím kúlovým kořenem vynášejí a využívají vyplavené živiny ze spodních vrstev ornice, příznivě působí na strukturu půdy a obohacují půdu o organickou hmotu. Proto také mají nejvyšší před plodinovou hodnotu zejména pro obilniny.

Také jejich využití je ve srovnání s jinými kulturními rostlinami velmi mnohostranné. Pěstují se na semeno, a to k potravinářským a krmným účelům. Jsou vhodné i jako zelené hnojení. Přesto však vidíme, že jejich pěstování, hlavně pokud jde o rozsah osevních ploch, je značně kolísavé a z původně širokého zastoupení jednotlivých druhů se zájem zemědělství soustřeďuje jen na některé. Ve světě vidíme značné rozšíření sóje a fazolu, v Evropě pak je patrná orientace na bob a hrách.

Přes oprávněné požadavky lékařů, aby podíl luštěnin v naší stravě byl vyšší (Ministerstvo zemědělství považuje za optimální roční spotřebu 3,4 – 3,7 kg luštěnin na 1 obyvatele), činí dosavadní spotřeba maximálně 1,5 kg na osobu.

V lidské výživě má nezastupitelný význam hrách, který je hlavní jedlou surovinou ve střední Evropě. Ke konzumním účelům se používají suchá semena nebo z nich připravené potravinářské polotovary (polévkové přípravky, hrachové pyré, předvařený hrách apod.).

Stále větší oblibu má hrách zahradní (dřeňový), pěstovaný pro konzervářský a mraziřský průmysl. Sterilovaný a zmrazený zelený hrášek stále patří k nejžádanějším konzervářským a mraziřským výrobkům. Výroba sterilovaného hrášku je zatím mnohonásobně větší než hrášku zmrazeného. Ke krmným účelům se šrotují suchá semena hrachu nevhodná k potravinářskému využití. Tento šrot je významným bílkovinným komponentem do krmných směsí. Odrůdy hrachu s dlouhou lodyhou jsou pak vhodné do luskovinoobilných směsí na zelené krmení, seno nebo siláž.

Luskoviny jsou neobyčejně významné a dosud nedoceněné plodiny. Jejich semena obsahují podle druhu 19 – 40 % bílkovin, mnoho minerálních látek a vitaminů a jsou proto

potřebné pro racionální výživu obyvatel a neopomenutelné v krmných dávkách hospodářských zvířat. Pro bohatost forem lez luskoviny pěstovat jednak ve všech oblastech, jednak podle různých užitkových směrů, na zrno, na lusky, zelenou hmotu, v čistých i smíšených kulturách jako hlavní a strniskové plodiny i meziplodiny, popřípadě také na zelené hnojení. Luskoviny v osevních sledech s velmi příznivými fyto-sanitárními účinky. V symbióze s hlízkovými baktériemi získávají vzdušný dusík jednak pro svoji potřebu, jednak obohacují půdy o dusík pro následující plodiny. Rozšiřují koloběh živin, neboť je odebírají z méně přístupných forem, které jsou nedostupné ostatním plodinám. Svým mohutným kořenovým systémem, který proniká do hlubších vrstev ornice, zlepšují fyzikální stav půdy. Z těchto důvodů se většina luskovin počítá k nejlepším předplodinám v osevním postupu. Luskoviny jsou velmi staré kulturní plodiny, avšak mladší než obiloviny. Hrách se pěstoval v Egyptě již v 5. století př. n. l. V Evropě byla semena hrachu a čočky nalezena v neolitických stavbách. Čočka byla nalezena v Sýrii v hrobech pocházejících z doby 3000 let př. n. l. Bob, lupinu a vikev pěstovali cílevědomě již staří Římané. Fazol patří mezi prastaré kulturní plodiny amerických Indiánů, ale v Evropě se začal pěstovat až po objevení Ameriky. Mezi nejmladší luskovinu počítáme v Evropě sóju, která se zde začala pěstovat teprve počátkem 19. století, ač je starou kulturní rostlinou Číny. Nejmladší luskovinou je vikev panonská, která se začala pěstovat jako kulturní plodina teprve počátkem druhé poloviny 19. století. Řada druhů luskovin pochází ze Středomoří (velkozrný hrách a čočka, vikev, bob, hrachor, lupina). Drobnozrný hrách pochází z přední Asie a Afghánistánu. Kulturní hrách je možno odvozovat od druhu *Pisum elatitus*, který se vyskytuje v Gruzii a středomoří.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 OBECNÁ CHARAKTERISTIKA LUŠTĚNIN

Luštěniny jsou zralá a z lusků vymláčená semena. Luskoviny jsou jednoleté druhy rostlin čeledi *Fabaceae* – bobovité, která je třetí největší čeleď mezi kvetoucími rostlinami a patří k ní 16 000 – 19 000 druhů, zařazených v cca 750 rodech. Pro potravinářské účely se používá téměř 60 domestikovaných druhů, ale pouze malá část z nich doznala většího rozšíření. Terminologie luskovin i jejich třídění jsou složité: existuje mnoho synonym (jak u botanických, tak anglických a samozřejmě i českých názvů), a proto často dochází k volbě nesprávných názvů. Vyluštěná zralá semena luskovin nazýváme luštěniny, které botanicky náleží do čeledi bobovitých. Mezi nejznámější luskoviny patří hrách, sója, vikev, bob, fazol a čočka, méně známé jsou pak hrachor, cizrna, podzemnice a vigna. Jejich nejdůležitější charakteristikou je vysoký obsah bílkovin v semenech, ale i v ostatních nadzemních orgánech. V Evropě a rovněž v ČR jsou pěstovány především pro krmné účely a jen v menší míře jako potravina. Za konzumní potravinu se považuje také čerstvé nezralé plody (lusky) a semena některých druhů, u nás pouze hrachu a fazolí, v cizině také sóji, čočky a některých dalších druhů. Čerstvé plody a semena luskovin se označují jako lusková zelenina. Jako krmivo se kromě suchých semen využívá i nadzemní biomasa a to především na zelené krmení. Uplatňuje se bob koňský, lupina bílá (vlčí bob), peluška a několik druhů vikve [1 – 3].

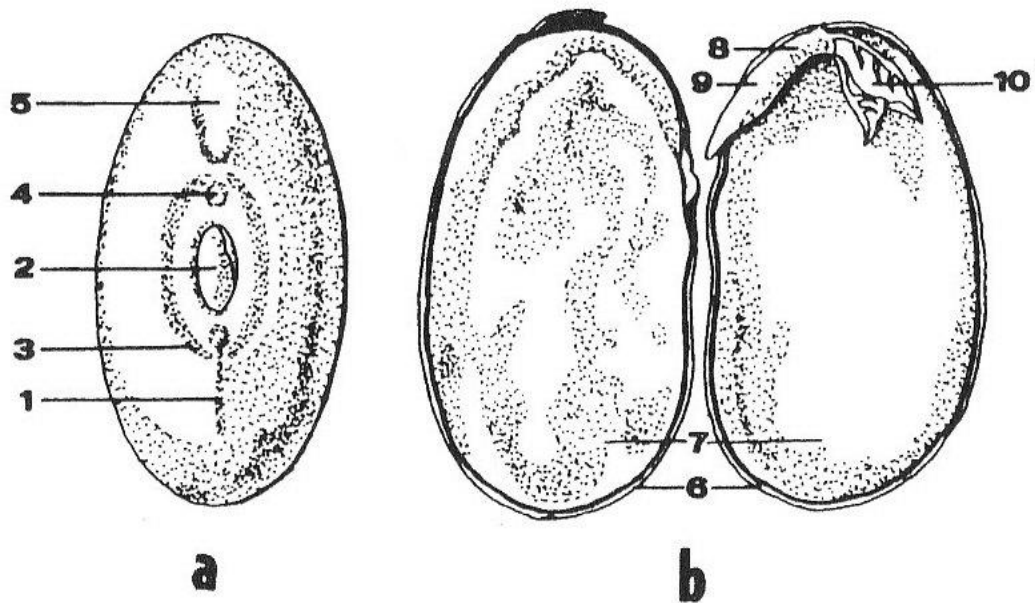
1.1 Stavba a biologické vlastnosti jednotlivých částí luskovin

Stavbu rostlin luskovin tvoří následující části: (budou uvedeny také jejich biologické vlastnosti)

1.1.1 Semeno

Semeno luskovin svým tvarem, velikostí a zbarvením je typické pro jednotlivé druhy a odrůdy. Skládá se z osemení a klíčků s velkými dělohami. Ondosperm většinou chybí, nebo je jen málo vyvinut. Zásobní látky pro výživu klíčící rostliny jsou uloženy ve dvou zárodečných lístcích klíčku, dělohách, které vyplňují převážnou část semene. Z celkové hmotnosti semene připadá na dělohy 89,6 – 93,0 %, na osemení 6,0 – 9,4 % a na klíček 0,8 – 1,3 %. Podle druhu obsahují semena různé množství sacharidů, tuků, buničiny a popelovin. K odlišení semen různých druhů a odrůd luskovin slouží i tvar a barva pupku

(hilum). Je to zbytek po poutku, kterým bylo semeno spojeno s hlavním cévním svazkem procházejícím hřbetem lusků.



Obr. 1. Složení semene luštěnin: a) pupková část: 1 – šev (raphe), 2 – pupek (hilum), 3 - chaláza, 4 – mikropyle, 5 – obrys kořínku, b) rozpůlené semeno: 6 – osemení (testa), 7 – dělohy (cotylenodes), 8 – klíček (embryo), 9 – kořínek (radix) [2]

1.1.2 Slupka

Skládá se z vnějšího a vnitřního osemení. Vnější osemení je tvořeno kutikulou. Pod ní se nachází vrstva palisádových buněk, ve které jsou uloženy pigmenty určující barvu semene. Pod palisádovými buňkami je vrstva silnostěnných zprohýbaných buněk. Na tuto vrstvu navazuje parenchymatické pletivo, které je zakončeno vnitřním osemením. Síla slupky určuje obsah vlákniny v semení. S anatomickým složením slupky souvisí výskyt tvrdých semen. Podíl tvrdých semen není určován jen druhem, ale je ovlivňován povětrnostními podmínkami v době dozrávání [2,4].

1.1.3 Klíček

Mezi dvěma dělohami je uložen klíček. V parenchymatických buňkách děloh jsou uloženy zásobní látky, v nichž převládají bílkoviny, které většinou patří ke globulinům.

Aminokyselinová skladba je rozdílná podle druhu luskovin. Nejvyváženější biologickou hodnotu aminokyselinové skladby obsahuje sója. K nabobtnání a klíčení vyžadují semena luskovin velké množství vody, které se pohybuje od 80 – 140 % hmotnosti semene. Klíček se skládá z vrcholového pupenu a zárodku kořínku. Luskoviny klíčí hypogeicky (dělohy zůstávají v půdě) nebo epigeicky (dělohy jsou vynášeny nad povrch půdy) [2,4].

1.1.4 Kořen

Většina luskovin má silný kulový kořen. Mohutnost, větvení a hloubka zakořenění je typická pro jednotlivé druhy. Nejmohutnější kulový kořen mají všechny druhy vlčího bobu. Stejně hluboko pronikající kulový kořen, avšak slabší a více rozvětvený, mají bob obecný, hrách setý, vikve, cizrna. Fazol, sója a čočka mají méně vyvinutý kulový kořen, ale s četnějším a bohatším větvením v orniční vrstvě než předcházející druhy. Pro kořenový systém luskovin je charakteristická tvorba hlízek způsobená infekcí baktériemi rodu *Rhizobium* [2,4].

1.1.5 Lodyha

Lodyha může mít různou stavbu, tvar a délku. Záleží to na druhu luskovin. Vzpřímenou nepoléhavou lodyhu mají vlčí bob, bob obecný, vikev karbonská, druhy keříčkovitého růstu fazolu obecného, sója, cizrna a čočka, která však vzhledem k malé pevnosti lodyhy za méně příznivých povětrnostních podmínek poléhají. Ovíjivou lodyhu mají některé genotypy fazolu obecného, např. fazol šarlatový. Většina odrůd hrachu setého, vikve a hrachoru má lodyhu poléhavou. Nové genotypy hrachu polovysokého vzrůstu mají lodyhu vystoupavou (lodyha v dolní třetině poklesne a další část zůstává vzpřímená). Na průřezu je lodyha luskovin okrouhlá (fazol, sója, vlčí bob), čtyřhranná (bob obecný, vikve, čočka, hrachor, cizrna). Nezřetelně hranatou lodyhu má hrách. V závislosti na druhu, výživě a povětrnostních podmínkách dochází k větvení lodyhy buď na bázi (bob, hrách, vikev setá, vikev karbonská, čočka, hrachor, vikev panonská), nebo po celé délce hlavní lodyhy (fazol, cizrna) anebo v horní části (vlčí bob, vikev huňatá). Větvení může být prvního až třetího řádu. Lodyha je rozdělena uzlinami (nody) na články. Během vývoje se délka internodií mění. Největší délky dosahuje zpravidla internodium pod 1. květním nodem [2,4].

1.1.6 Listy

Většina u nás pěstovaných kulturních druhů luskovin má rozložení listů sudozpeřené, zakončené víceméně aktivními úponky (hrách, hrachor, čočka, vikve, bob), lichozpeřené (cizrna, některé genotypy hrachu), trojčetné (fazol, sója), dlanitě dělené (vlčí bob). U složených listů se počet jařem na rostlině mění. Ve spodní části bývají listy jednoduché, s jedním jařmem lístků. Postupně se ve vyšších patrech diferencují, počet jařem se zvyšuje. Ke stejné proměnlivosti dochází ve tvaru lístků, které jsou buď celokrajné, nebo pilovité anebo zubaté. Povrch lístků je lysý, pokrytý voskovou vrstvou nebo v různé intenzitě a zbarvení ochlupený. Typické jsou pro luskoviny palisty objímající lodyhu na bázi listového řapíku. Jejich velikost je druhově rozdílná. Nejvíce jsou vyvinuté u hrachoru [2,4].

1.1.7 Květenství

Tvar květenství u luskovin je zpravidla hrozen, který vyrůstá na různě dlouhé stopce z úžlabí listového řapíku na lodyze (nodu). Jen vlčí bob má květenství sestavené do koncových hroznů. Květ je souměrný, pětičetný, slouží z kalicha a koruny. Kališní lístky jsou navzájem srostlé, různě hluboko rozeklané, lysé nebo ochlupené. Korunní plátky volné, nestejného tvaru a velikosti, rozčleněné v pavézu, dvě křídla a dva spodní plátky částečně srostlé v člunek, ve kterém jsou uloženy pohlavní orgány. Tyčinek je deset a jsou buď volné, nebo navzájem srostlé v trubku. Trubkou prochází čnělka s bliznou a svrchním semeníkem, jenž má různý počet vajíček. Většina luskovin je samosprašných (k opylení dochází před otevřením květu), nebo jsou cizosprašné (bob, vlčí bob žlutý, vikev huňatá). Kvetení je postupné odspodu k vrcholu, od hlavní lodyhy k vedlejším větvím. Plodem luskovin je lusk, který se po opylení rychle vyvíjí. Lusky jsou různě dlouhé a široké, rovné nebo šavlovitě zahnuté, s tupým nebo ostrým zakončením. Na průřezu bývá kruhovitý, oválný nebo zploštělý [2,4].

1.1.8 Lusk

Skládá se ze dvou chlopní, které mají vnější a vnitřní pokožku, mezi kterými je vícevrstevné parenchymatické pletivo (mezokarp). Na vnitřní straně je pergamenová blána (endokarp) z příčně uspořádaných buněk na směr pletiv chlopně. Nestejně sesychání parenchymatického pletiva a pergamenové blány v době dozrávání je příčinou pukání lusků a vypadávání semen nebo jejich vymršťování i do několika metrové vzdálenosti.

Záměrnou šlechtitelskou činností byla tato negativní vlastnost u kulturních druhů snížena nebo odstraněna. Poměrně pevným uzávěrem lusků se vyznačují čočka, sója, vlčí bob bílý, také hrách a bob. I u vlčího bobu žlutého a úzkolistého byly získány genotypy s nepukavými lusky. Lusk obsahuje 1 – 11 semen, které jsou ve hřbetní části ve dvou řadách přirostlá poutkem (funikulus). Semena se vyvíjejí mnohem pomaleji než lusk. Při zrání jsou do semen převáděny rezervní látky (včetně látek dusíkatých a bezdusíkatých) z listů a lodyh [2,4].

1.2 Přehled vybraných druhů luštěnin

V následujícím přehledu jsou uvedeny nejznámější druhy luštěnin a jejich krátký popis a možnosti využití. Obrázky vybraných druhů luštěnin jsou v příloze 1.

1.2.1 Hrách *Pisum L.*

je díky mnohostrannosti využití v evropských podmínkách nejdůležitější luštěninou. Jsou to zralá semena hrachu setého a je nejrozšířenější luštěninou mírného pásma. Na trhu je hrách zelený, žlutý, barevná směs – celý, půlený, loupaný, neloupaný. Loupaný hrách není nutné před vařením namáčet, je vhodný na kaše. Více o hrachu bude uvedeno v samostatné kapitole [2,5,6].

1.2.2 Cizrna (římský hrách) *Cicer L.*

se podobá velkému hrachu a má jemně oříškovou chuť. Pochází ze západní Asie, je na trhu celá nebo půlená. Má velkou výživnou hodnotu (30 % bílkovin, 8 % tuku, 44 % uhlohydrátů, řadu vitaminů a minerálních látek). Má delší dobu vaření, proto se doporučuje namočit do slané vody. Poté se slaná voda scedí, cizrna se zalije studenou vodou a uvaří. Používá se také na mouku [2,5,6].

1.2.3 Fazole *Phaseolus L.*

jsou odrůdou původní americké fazole. Mají různou velikost, barvu a tvar. U nás jsou v současné době na trhu fazole bílé, barevné, černé, červené, hnědé i strakaté.

- *fazole červené* (červená ledvina) – hodně se používají v Mexiku, jsou poměrně velké, mají červenou až hnědou barvu s jemně nasládlou chutí.
- *fazole Adzuki* – malá tmavě červená, hnědá nebo černá semena. Hodně používané v makrobiotické stravě. Mají léčivý účinek (na činnost ledvin).

- *fazole černé* – velké fazole s lesklým, černým povrchem. Pochází z Jižní Ameriky, hodně používané v mexické kuchyni.
- *fazole Mungo* (zelená sója) – oblíbené na celém Dálném východě. Hlavními producenty jsou Thajsko, Čína, Austrálie. Boby mají olivově zelenou barvu, jsou bohatá na vitaminy a železo. Jsou velmi vhodná ke klíčení [2,5,6].

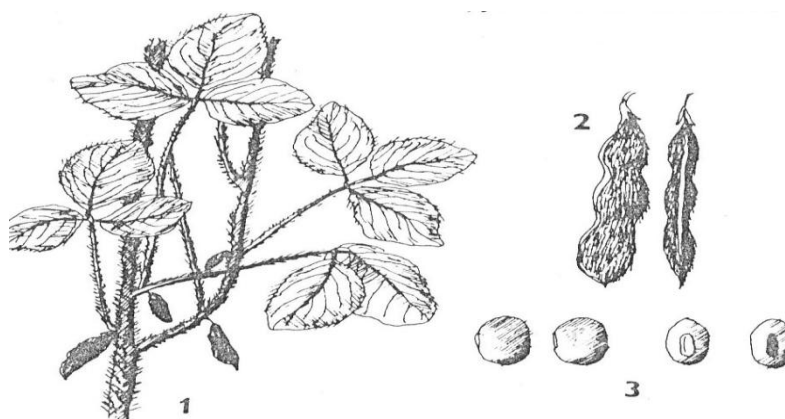
1.2.4 Čočka *Lens A.*

rozdělujeme podle velikosti zrn na velkozrnnou a drobnozrnnou. V prodeji je čočka zelená, hnědá a různě barevná, dále loupaná a neloupaná. Má vysoký podíl železa a mědi, vyšší podíl purinových látek. Různé odrůdy čočky se obvykle nazývají podle barvy.

- *Puy čočka* – tato francouzská čočka patří k nejkvalitnějším, nerozvaňuje se.
- *indická hnědá čočka* – nemusí se namáčet, při vaření se rozvaňuje.
- *oranžová čočka* – nemusí se namáčet, rychle se rozvaří na kaši, oblíbená v Indii.
- *žlutá čočka* – používá se hlavně v indické kuchyni [2,5,6].

1.2.5 Sója *Glycine L.*

jsou semena jednoleté keříčkovité rostliny, která pochází z Číny. Semena jsou různě veliká, mají různý tvar i barvu. K přípravě jídel je nejvhodnější sója žlutá. Po uvaření se kombinuje s rýží a různými druhy zeleniny. Má vysoký podíl bílkovin, tuku, z minerálních látek převládají draslík, fosfor a hořčík. Bílkoviny sójových bobů mají vyšší biologickou hodnotu než ostatní luštěniny. Sojové klíčky jsou bohaté na vitaminy B a přidávají se do salátů [2,5,6].



Obr. 2. Sója: 1 – část rostliny, 2 – lusk, 3 – semeno [2]

2 CHARAKTERIZACE HRACHU

Hrách patří mezi naše nejrozšířenější luštěniny z čeledi bobovitých (*Fabaceae*) podčeledi motýlokvětých (*Papilionoedae*) kmene vikvovitých (*Viciaeae*). Hrách je jednoletý, popínavý, se sbíhavými a prorostlými listy. Jeho původ není zcela jasný, nejčastěji ale bývá odvozen od druhu *Pisum elativ*. V Evropě je znám z období neolitu. Původem je z východního Středomoří. Nejdříve se pěstoval hrách s drobným zrnem a až později velkozrný. V době kolem počátku našeho letopočtu byl hrách významnou luštěninou v Itálii a Římané ho rozšiřovali v průběhu jejich vojenských výprav i do krajů severně od Alp. Jíst nezralá a sladká semena začali jako první Holanďané, a to se pak rozšířilo po celé Evropě. Zejména v 17. a 18. století byl hrách dostupný pouze vyšším vrstvám obyvatel. V 19. století již byl dostupný pro všechny vrstvy obyvatel. Potravinářské využití hrachu je mnohostranné [4,8 - 10].

Hrách setý je rostlinou pěstovanou obvykle na polích, jež v přírodě planě neroste, pouze občas zplaňuje. Plody jsou lusky, obsahují dužnatá semena zvaná hrášky. Pěstuje se v celém mírném pásmu až do 67 rovnoběžky severní šířky. Směrem na jih není omezován a v pásmech s mírnou zimou je vyséván na podzim. Hrách patří ve střední Evropě mezi hlavní jedlou luskovinu. Ke konzumním účelům se používají suchá semena nebo z nich připravené potravinářské polotovary (polévkové přípravky, hrachové pyré, předvařený hrách apod.). Suchá semena se používají na přípravu pokrmů přímo v domácnostech nebo jsou zpracovávána na polévkové pasty a různé jiné produkty. Jako zelenina se s oblibou konzumují i různě upravená nezralá semena hrachu (zelený hrášek). Stále větší oblibu má hrách zahradní, pěstovaný pro konzervářský a mrazírenský průmysl. Ke krmným účelům se šrotují suchá semena hrachu nevhodná k potravinářskému využití. Tento šrot je významným bílkovinným komponentem do krmných směsí. Odrůdy hrachu s dlouhou lodyhou jsou pak vhodné do luskovino obilních směsek na zelené krmení, seno nebo siláž [1,4,7 - 10].



Obr. 3. Hrách zahradní [10]

2.1 Stavba rostliny

Hrách je jednoletá, 15 – 200 cm dlouhá bylina, která se skládá ze stonku, což je lodyha a je poléhavý. Lodyha může být přímá nebo vystoupavá nebo popínavá, dutá, lysá, nezřetelně hranatá. Stonek je dělen uzlinami (nody) na články (internodia). Kořen je silný, kulový a větvený a je dlouhý až 1 metr. List je sudozpeřený s 1 – 3 páry lístků, zakončený úponky a zubatými palisty na bázi řapíků (odrůdy jsou i lichozpeřené, mnoho lístkové a často i bez lístkové = lístky přeměněné v úponky). Lístky jsou přisedlé nebo krátce řapíkaté, vejčité podlouhlé a palisty velké, objímavé, srdčité. Barva listů a palistů je od žlutozelené přes šedozelelou až tmavě zelenomodrou, s voskovým povlakem nebo bez něj. Květenství s 1 – 4 květy je hrozen v úžlabí řapíků. Zpravidla párové květenství vyrůstá na různě dlouhé květní stopce z úžlabí listů. Květ je pětičetný (srostlý zelený kalich, bílá koruna = pavéza), dvě křídla, člunek (srostlý ze dvou lístků), deset tyčinek, semeník svrchní. Květy jsou bílé, světloune modré, narůžovělé nebo vícebarevné. Dlouhé postupné kvetení způsobuje nerovnoměrné dozrávání. Plodem je lusk, který je 40 – 90 mm dlouhý, 11 – 18 mm široký a má dvě chlopně. Chlopně lusku mají dobře vyvinutou pergamenovou vrstvu. Tvar lusku je rovný nebo prohnutý, s tupým nebo ostrým zakončením. Lusk je podlouhle válcovitý a obsahuje většinou 3 – 11 kulovitých semen. Ta jsou na povrchu buď hladká,

nebo s dolíčky a přirůstají k hřbetní straně lusku ve dvou řadách poutkem (pupek). Semeno má průsvitné osemení, bělavé nebo nazelenalé. Dělohy jsou žluté nebo zelené a obsahují zásobní látky (22 % dusíkatých látek, 50 % škrobu) [2,4,12,].

2.2 Pěstování hrachu

Z pěstovaných luskovin, které zaujímají ve světě plochu asi 160 mil. ha, tj. přes 10 % obhospodařované půdy, je hrách čtvrtou nejrozšířenější luskovinou, po sóji, fazolích a cizrně. Největší koncentrace ploch jsou v Indii, Číně a Brazílii (70 % světové produkce). V ČR patří hrách mezi nejrozšířenější luskovinu. Přesto plochy, na kterých je pěstován, za několik posledních let významně poklesly. Důvodem snižování ploch pro pěstování jsou některé jejich nepříznivé hospodářské a biologické vlastnosti. Hlavně výnosová nestabilita a kolísání ceny na trhu, ale také nízká ekonomická konkurenceschopnost vůči obilovinám a olejninám. Významným faktorem žádoucího rozšíření osevních ploch luskovin v ČR se stává podpora jejich pěstování formou státní dotace. Ve dvacátých letech minulého století se hrách pěstoval na ploše asi 115 tis. hektarů, výměra posledních let je zpravidla pod 30 tis. hektarů, v roce 2008 dokonce nižší než 20 tis. hektarů. Podle odhadů to bylo asi na pouhých 17 tis. hektarech. Jedním z důležitých faktorů pro zvýšení rentability pěstování je výběr odpovídající odrůdy s hospodářskými vlastnostmi vhodnými pro půdně-klimatické podmínky daného zemědělského podniku. Průměrný výnos se v ČR pohybuje na úrovni 2,5 t/ha což je asi 60 % výnosů dosahovaných ve významných pěstitelských zemích EU. Nejvyšších průměrných výnosů na úrovni 3 t/ha bylo dosaženo na území hlavního města Prahy, v krajích Ústeckém, Olomouckém, Zlínském a Královéhradeckém. [14,15,16].

2.2.1 Vliv prostředí

Hrách je poměrně velmi plastická plodina. Na vysoké výnosové schopnosti se podílí jednak genetický předpoklad, ale také podmínky, ve kterém je hrách pěstován. Hrách má sice široký areál pěstování, ale můžeme říci, že je plodinou spíše mírného pásma s vhodně rozdělenými srážkami. V teplých oblastech mohou být výnosy rovněž vysoké, ale hrozí zde velké nebezpečí napadení zrnokazem. Požadavky na vláhu jsou v určitých vývojových fázích vyšší než u obilovin. Kritickým obdobím v požadavcích na vláhu je počátek tvorby generativních orgánů, tj. kvetení a zrání. Na základě dlouhodobých pokusů a pozorování bylo toho období zpřesněno na dobu 20 dní před květem a až 10 dní po ukončení květu. V tomto období hrách nejvíce reaguje zvýšeným výnosem na závlahu. Nejvhodnější

podmínky jsou při 60 % plné vodní kapacity půdy. Při suchém počasí v tomto období dochází ke zvýšenému opadu květů i nižšímu počtu vyvinutých semen.

Minimální teplota pro klíčení je u hrachu v rozmezí 3 – 4 °C. Citlivost hrachu na nižší teploty závisí na odrůdě. Běžně pěstované odrůdy zamrzají až při teplotách mezi -4 až -6 °C. Některé odrůdy snesou však i teploty pod -6 °C. Pro maximální růst hrachu byly nejvhodnější teploty 20 °C ve dne a 10 °C nebo 12 °C v noci. Požadavky na teplotu se během vegetačního období mění. Nejcitlivěji hrách reaguje na změny teplot v období kvetení a zrání, kdy vysoké teploty nejsou příliš vhodné. Jde o teplotu na 25 °C [2,4,15,16].

2.2.2 Požadavky na půdu

Hrách je plodina, která se může pěstovat na různých druzích a typech půd. Na půdu nemá tedy příliš vyhraněné nároky. Ovšem nejlépe se mu daří na půdách hlinitých, hlinitopísčitých a písčitohlinitých. Také by měli být dobře provzdušněné. Půdy by měli být dostatečně zásobeny vápnem a fosforem. Půdní reakce má být neutrální (pH 6,5). Střední a lehčí půdy nezaplevelené. Nevhodné jsou tedy půdy kyselé, příliš těžké, zamokřené a naopak půdy příliš lehké písčité [4,15 – 17].

Z hlediska reakce odrůd na klimatické a půdní podmínky lze pěstování a zkoušení hrachu rozdělit do dvou oblastí:

- Oblast zkoušení I. – teplejší a sušší oblast zahrnující zkušební lokality umístěné v zemědělské výrobní oblasti kukuřičné a řepařské. (Chrlice, Čáslav, Věrovany, Uherský Ostroh, Chlumeck nad Cidlinou, Žatec)
- Oblast zkoušení II. – chladnější a vlhčí oblast zahrnující zkušební lokality umístěné ve vyšších polohách zemědělské výrobní oblasti řepařské a zemědělské výrobní oblasti obilnářské. (Jaroměřice, Libějovice, Pusté Jakartice, Staňkov, Lužany, Šumperk) [18,19,20].

2.3 Pěstitelské formy a vybrané odrůdy hrachu

Z praktického hlediska rozlišujeme hrách podle významných hospodářských vlastností a morfologických znaků (např. barvy květů, tvaru a barvy semene aj.).

2.3.1 Hrách setý pravý:

Je známo velké množství genotypů, lišících se zejména typem, postavením a uspořádáním listů, formou květenství i semen v lusku, výškou rostlin. Důležitým dělicím znakem je také kulatosemenný tvar a barva, která je žlutá (žlutotemenné odrůdy) nebo zelená (zelenosemenné odrůdy). Patří sem např. odrůdy:

- Baryton – středně raná žlutotemenná semi-leafless odrůda, semeno vejčitého tvaru.
- Concorde – středně raná žlutotemenná semi-leafless odrůda, semeno kosočtverečného tvaru. Mezi přednosti patří vysoký výnos semene.
- Hardy – středně raná žlutotemenná semi-leafless odrůda, semeno kulovitého tvaru. Předností je vysoký výnos semene. Mezi pěstitelská rizika patří menší odolnost proti napadení komplexem kořenových chorob.
- Herold – polopozdní žlutotemenná semi-leafless odrůda, semeno kulovitého tvaru. Předností je středně vysoký až vysoký obsah dusíkatých látek. Pěstitelská rizika jsou nízký výnos semene ve druhém zkušební oblasti.
- Sponsor – středně raná žlutotemenná semi-leafless odrůda, semeno vejčitého tvaru.
- Terno – středně raná žlutotemenná semi-leafless odrůda, semeno kosočtverečného tvaru. Mezi přednosti patří vysoký výnos semene, středně vysoká odolnost proti napadení komplexem kořenových chorob, středně vysoký až vysoký obsah dusíkatých látek.
- Tudor – pozdní žlutotemenná semi-leafless odrůda, semeno kosočtverečného tvaru. Mezi přednosti patří středně vysoká odolnost proti polehání před sklizní, vhodnost ke kombajnové sklizni, velmi dobrý zdravotní stav – odolnost proti napadení plísní hrachu, plísní šedou a komplexem kořenových chorob. Mezi pěstitelská rizika patří vzhledem k nízkému výnosu semene odrůda nedoporučená pro pěstování ve druhé zkušební oblasti.
- Zekon – středně raná zelenosemenná semi-leafless odrůda, semeno kulovitého tvaru. Předností je středně vysoká odolnost proti napadení komplexem kořenových chorob, velmi nízká aktivita trypsin-inhibitoru. Pěstitelská rizika jsou nízký výnos semene [2,17 – 23].

2.3.2 Hrách rolní (peluška)

Používá se jen pro krmné účely a to převážně ve formě zelené hmoty. Pro krmivářské použití až na výjimky je tepelně nebo jinak ošetřeno. Její odrůdy mají charakteristickou fialovou až růžovou barvu květu a semeno mívá také odlišnou barvu osemení. Pěstuje se i ve vyšších polohách. Patří sem např. odrůdy:

- Andrea – jedná se o polopozdní odrůdu. Vyznačuje se rychlým počátečním růstem. Předností je vysoký výnos v pícní zralosti a jedná se o velmi výkonnou semenářskou i pícninářskou odrůdu.
- Arvika – jde o pozdní odrůdu. Poskytuje vysoký výnos semene. Je vhodná pro všechny výrobní oblasti.
- Lucie – je to polopozdní odrůda. Barva květů je světle růžová až bílá. Barva semene je růžová. Vyznačuje se vysokým výnosem zelené hmoty.
- Mely – je to poloraná odrůda. Vyznačuje se velmi rychlým počátečním vývojem a vysokou odolností proti polehání [2,17 – 23].

2.3.3 Hrách dřevňový zahradní

Je znám také jako „zelený hrášek“. V ČR se využívá pro konzervářenské a mrazírenské účely. Je charakterizován na rozdíl od hrachu setého odlišným tvarem semen, která jsou hranatá resp. svařtělá. Existují desítky typů a stovky odrůd, lišících se vzrůstem, typem a tvarem lusků, velikostí a tvarem lusků i semen, barvou a zejména raností. Patří sem např. odrůdy:

- Oskar – oblíbená velmi raná odrůda s dlouhými lusky, velkým zrnem a vysokým výnosem zeleného zrna. Ideální pro sběr celých lusků i kombajnovou sklizeň zrna.
- Kasal – výnosná poloraná odrůda s drobným zrnem určená pro kombajnovou sklizeň a následné průmyslové zpracování. Kasal je odolný k fusáriovému vadnutí.
- Dalila – pozdní velkozrná odrůda vhodná na ruční sklizeň i průmyslové zpracování. K jejím přednostem patří vysoký výnos a dobrý zdravotní stav.
- Radovan – osvědčená a velmi výnosná odrůda poloraného hrášku. Má pevnou, rozvětvenou lodyhu se středně velkým listem a menším palistem. Vyznačuje se vysokou odolností proti polehání a je vhodný k průmyslovému zpracování.

- Cetrís (Sm 56/96) – tato připravovaná novinka patří do kategorie pozdních hrášků se střední velikostí zrna. Mezi její přednosti patří především vysoký výnos, který je dán i častým výskytem trojlusků. Má rovněž perfektní zdravotní stav včetně odolnosti k fusáriovému vadnutí [2,17 – 23].

2.3.4 Hrách cukrový

Jde o speciální formu hrachu, kde na rozdíl od hrachu dřevného jsou sklízeny a konzumovány celé lusky v zelené zralosti, u nichž není vytvářena nejedlá pergamenová vrstva [2,17 – 23].

3 CHEMICKÉ SLOŽENÍ HRACHU

Hrách obsahuje mnoho důležitých látek pro naše tělo, zejména rostlinné bílkoviny. Celkový obsah bílkovin hrachu je nižší než v sójové mouce a vyšší než v obilovinách. Naše odrůdy hrachu obsahují asi 21 – 25 % bílkovin, sója může obsahovat až 40 %. Toto číslo se udává pro bílkoviny hrubého charakteru, tedy bílkoviny, které obsahují i látky nebílkovinné povahy. Čistých neboli stravitelných bílkovin obsahuje asi 18 %, ze kterých může lidský organismus využít 83,0 – 87,4 %. V bílkovinách jsou zastoupeny především globuliny: legumin, fazeolin, vicinin, konglutin, glycinin. Bakterie rodu *Rhizobium*, žijící na kořenovém systému luštěnin, potřebují pro syntézu svých bílkovin vzdušný dusík, který fixují z půdy. Po odumření těchto jednobuněčných organismů se v půdě rozloží až na amoniak. Ten zpracuje jiná skupina bakterií až na dusičnany a dusitany, a proto bobovité rostliny obsahují v půdě kolem kořenového systému mnoho látek bohatých na dusík. To je důvod, proč jsou luštěniny tak bohaté na bílkoviny. Bílkoviny hrachu nejsou z biologického hlediska plnohodnotné, protože sирné aminokyseliny a tryptofan jsou obsaženy jen v nepatrném množství, proto se řadí svou kvalitou až za bílkoviny živočišného původu. Velkou předností sójových bílkovin přitom je, že jejich příjem není spojen s příjmem nasycených tuků, jako je tomu zpravidla u bílkovin živočišného původu. Pro srovnání je v následující Tab. znázorněno rozmezí, ve kterém se může pohybovat obsah bílkovin u jednotlivých druhů luskovin [1,2,4,9,10,24 – 26].

Tab. 1. Obsah bílkovin v luskovinách [6]

Druh luštěniny	[%] zastoupení bílkovin
Hrách	22,0 – 28,0
Fazole	21,0 – 28,0
Čočka	25,0 – 30,0
Cizrna	17,5
Hrachor setý	25,0
lupina	32,0 – 39,0
sója	34,0 – 40,0

Hrách je také důležitým zdrojem aminokyselin. Počet známých druhů v přírodě existujících aminokyselin je v různých literárních zdrojích odlišný. Uvedeno je 140 – 300, ale z nich známe v současné době 21 aminokyselin, které jsou tzv. základní. Dospělý

organismus potřebuje ke svému správnému fungování všechny tyto aminokyseliny. 13 aminokyselin si dokáže sám v těle vytvořit, ostatní musí přijímat ve stravě. Jsou to valin, leucin, izoleucin, fenylalanin, metionin, treonin, lysin a tryptofan. Jsou to esenciální, tedy nepostradatelné AMK a hrách je obsahuje všechny. Kojenci a malé děti, u kterých se organismus ještě vyvíjí, potřebují navíc arginin a histidin. V následující Tab. je uveden obsah esenciálních aminokyselin u vybraných luštěnin v mg na 100 g [1,25 – 28,32].

Tab. 2. Obsah esenciálních aminokyselin v mg na 100g. [6]

Druh luštěnin	Hrách	Sója	Čočka
Val	252	552	221
Ile	961	1267	1045
Leu	1530	3232	1846
Lys	1692	2653	1738
Met	205	525	194
Phe	1033	2055	1265
Tyr	616	1303	789
Thr	914	1603	960

Největší podíl ve složení semene hrachu tvoří škrob a to 512 g/kg v sušině. Z monosacharidů jsou přítomny glukosa a fruktosa, ve větším množství sacharosa. Z oligosacharidů je obsažena rafinosa, verbaskosa, stachyosa a ajugosa, které můžeme považovat za deriváty sacharosy nebo melibiosy. Obsah oligosacharidů je nízký a pohybuje se v rozmezí 63 – 75 g/kg sušiny. Jedním z hlavních cukrů je sacharóza, která představuje 30 – 40 % celkových rozpustných sacharidů hrachu [1,2,4,25,29].

Také obsah vitaminů je značný a to zejména vitamin A (retinol), B₁ (thiamin), B₂ (riboflavin), B₆ (pyridoxin) a C (kyselina L – askorbová). V klíčku je dále obsažen vitamin E (tokoferol). Uvádí se, že 100 g dužniny hrachu obsahuje až 940 miligramů provitaminu A, a 50 miligramů vitaminů skupiny B [1,2,4,10,30].

Hrách je významným zdrojem vlákniny (5 – 6 %) a popelovin (2 – 4 %). Z pestré škály minerálních látek bych uvedl především draslík (ve 100g sušiny je obsaženo 985 mg), fosfor (388 mg), hořčík (116 mg), síra (129 mg), vápník (57 mg) a železo (4,7 mg). Dále pak molybden a lecitin, který je obsažen zejména v hrachu dřeňovém. Bohužel využitelnost vápníku a železa je nízká, protože luštěniny obsahují tzv. fytáty, které zhoršují

vstřebatelnost vápníku i železa. Hrách obsahuje méně než 2 % tuku. Luštěniny obsahují hodnotný tuk s vysokým obsahem polynenasycených mastných kyselin (55 – 85 %) a minimum nasycených mastných kyselin. Tuk luštěnin působí proti arteroskleróze (zvláště u sóji a fazolí) [1,2,4,9,25,31].

Stejně jako ostatní druhy luskovin obsahuje i hrách antinutriční látky typu inhibitorů trypsinu (TIA), lektiny, taniny a hemaglutininy. Obsah TIA je do značné míry odrůdovou záležitostí, ačkoliv půdní, klimatické a agrotechnické podmínky se rovněž významně podílejí na jeho obsahu. Obsah inhibitorů trypsinu se u hrachu pohybuje okolo 3 – 5 TIA/mg sušiny (jednotek inhibitoru trypsinu), u sójových bobů zpravidla okolo 50 TIA/mg sušiny. Vařením však může být jejich účinek eliminován [2,29].

Pro přehlednost a srovnání průměrného složení luštěnin, uvedu hodnoty nutričních látek v Tab. 3. Obsah vitaminů v Tab. 4 a obsah stopových prvků v Tab. 5.

Tab. 3. Průměrné složení semen luštěnin (%).[1]

	HRÁCH	ČOČKA	FAZOLE	BOBY	CIZRNA	MUNGO
Voda	10,4	10,5	11,4	10,6	10,7	9,7
Energie*	346	346	345	350	368	345
Bílkoviny	24,5	24,7	21,5	24,8	19,5	23,6
Tuk	1,0	1,0	1,3	1,4	5,7	1,4
Sacharidy	62,1	61,2	62,7	60,4	61,7	61,6
Vláknina**	6,3	10,4	10,6	14,9	6,1	9,2
popel	2,5	2,6	3,5	3,3	2,7	3,3

* kcal/100 g, 1 kcal = 4,185 kJ

** vláknina stanovená metodou s detergentem

Tab. 4. Průměrný obsah vitaminů v semenech luštěnin (mg/100 g) [1]

	HRÁCH	ČOČKA	FAZOLE	BOBY	CIZRNA	MUNGO
Thiamin	0,8	0,5	0,7	0,5	0,5	0,6
Riboflavin	0,3	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2
Niacin	2,7	2,3	2,2	2,5	1,7	2,5
Vitamin B ₆	0,2	0,5	0,4	0,4	0,6	0,4
Folacin	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5
Pantotenová kyselina	1,7	1,8	0,8	1,0	1,3	1,7
B-karoten	90,8	34,9	11,3	47,4	29,1	54,1

Tab. 5. Průměrný obsah minerálních látek a stopových prvků v semenech luštěnin (mg/100g) [1]

	HRÁCH	ČOČKA	FAZOLE	BOBY	CIZRNA	MUNGO
Fosfor	348,4	408,5	427,2	373,3	365,7	348,8
Draslík	991,9	970	1475,7	1503,1	1044,2	1192,2
Sodík	24,0	16,6	19,2	11,6	22,7	5,6
Vápník	38,3	59,3	117,3	97,8	165,0	124,8
Hořčík	135,6	180,7	152,3	214,7	202,7	243,6
Zinek	2,9	3,5	2,8	3,4	3,5	2,6
Mangan	1,1	1,3	1,3	4,6	2,1	1,1
Železo	5,2	8,1	7,5	6,7	6,2	8,8

4 VÝŽIVA A STRAVITELNOST

4.1 Spotřeba luštěnin ve světě

Luskoviny jsou důležitým zdrojem rostlinných bílkovin. Dospělý člověk potřebuje denně na kilogram své hmotnosti 0,8 – 0,9 g bílkovin. Poměr rostlinných a živočišných bílkovin se udává 1:1 nebo také, že by dvě třetiny měli pocházet z rostlinných produktů. V literatuře lze najít obě tyto hodnoty. I když se luskoviny nevyznačují tak vysokou biologickou hodnotou bílkovin jako bílkoviny masa, mléka nebo vejce, přesto vysokým podílem lyzinu vhodně doplňují bílkoviny obilnin. Ve většině zemí, kde mají luštěniny svůj původ a v řadě afrických zemí je spotřeba luštěnin i v současné době velmi vysoká a v některých dosahuje až 50 kg na osobu a rok. Odtud plyne i přívlastek, který je luštěninám přiřazen a jsou proto nazývány potravou chudých. Naproti tomu ve vyspělých zemích jsou luštěniny, až na malé výjimky (především u vegetariánů), jednou z nejméně oblíbených potravinových komodit. S výjimkou jižní Evropy, kde se konzumuje téměř 6 kg na obyvatele a rok, se roční spotřeba v ostatních evropských zemích na jednoho obyvatele pohybuje od 1 do 2 kg. V České republice, po nárůstu začátkem devadesátých let, stagnuje roční spotřeba luštěnin již několik let na hodnotě mírně nad 2 kg na jednoho obyvatele. Nejvíce se konzumuje hrách a to přibližně 1,1 kg, dále pak čočka 0,6 kg a fazole 0,5 kg. U hrachu zůstává tato hodnota zhruba na stejné úrovni již po několik desetiletí. Z nutričního hlediska je pro lidskou výživu nejvhodnější sója, která obsahuje asi 20 % oleje a přibližně 40 % bílkovin s vysokou biologickou hodnotou. Pravidelnou konzumací sójových produktů může snížit obsah cholesterolu, zejména typu LDL [1,2,4,7,28,32].

Luskoviny se pro lidskou výživu využívají v různých formách, jako zralá suchá semena, nezralé lusky, nezralá zelená semena, naklíčená semena, extrahovaný protein aj. Ve světovém měřítku se nejvíce využívají suché fazole (*Phaseolus*), v Evropě poměrně hodně hrachu a čočky [1,2,4,7,28,32].

4.2 Hrách v lidské výživě

Hrách je luštěninou s vynikajícími vlastnostmi pro lidskou výživu. A to především díky vysokému obsahu dusíkatých látek v zrnech, takže slouží jako zásobárna rostlinných bílkovin. Hrách má dále vysoký obsah vlákniny, příznivý obsah škrobu, vysoký obsah vitamínu B a minerálních látek. Pro jeho výživnou hodnotu by ho do svého jídelníčku měli pravidelně zařadit nejen vegetariáni, ale i sportovci a děti v době vývinu. Je ideálním

zdrojem bílkovin i pro ty, co se kvůli zdravotním potížím musí vyvarovat produktům obsahující tuk. V tomto ohledu je jednou z rostlinných alternativ masa.

Hrách má navíc vynikající skladovatelnost, proto se o něm říká, že je ideální plodinou pro válečné období [13].

K lidské výživě se používají dvě formy hrachu, s kulatými hladkými semeny (zrnový hrách) a se svrasklými semeny (dřeňový, zeleninový hrách). Zrnový obsahuje ve srovnání s dřeňovým více proteinů i škrobu, ale značně méně sacharidů, jak v nezralém, tak i ve zralém stavu, a menší obsah amylozy ve škrobu. Naopak dřeňový se využívá k získávání amylozy. Semena dřeňových odrůd se nehodí k vaření, protože těžko bobtnají a obtížně se vaří [28,32].

4.2.1 Stravitelnost luštěnin

Luštěniny se obecně považují za hůře stravitelné. Stravitelnost je snížena v důsledku vazeb polyfenolových látek na bílkoviny, omezenou proteolýzou a nevyváženým složením aminokyselin. Dále pak přítomností rezistentního škrobu, který se omezeně nebo vůbec nedegraduje amylasami. Častým problémem, spojeným s konzumací hrachu a luštěnin obecně, je přítomnost flatulentních látek, které způsobují nadýmání. Obsah těchto látek je v luštěninách ve srovnání s jinými potravinami vysoký. Nestravitelné oligosacharidy (zejména rafinosa, stachyosa, verbaskosa, ajugosa aj.) nejsou tráveny v tenkém střevě z důvodu nepřítomnosti enzymu α -g alaktosidasy v lidském organismu a přecházejí do tlustého střeva. Tam jsou fermentovány přítomnou mikroflórou za vzniku mastných kyselin s krátkým řetězcem a plynů (vodíku, oxidu uhličitého a malých množství methanu), které způsobují problémy při trávení. Také vláknina a rezistentní škrob jsou částečně odbourávány v tlustém střevě za vzniku plynů [1,25,26,28,32,33].

Při sociologickém průzkumu označilo trávicí problémy za důvod neoblíbenosti 34 % spotřebitelů nakupujících v obchodech a 41 % odborníků v oblasti výživy a potravin. Vzhledem k vysoké nutriční hodnotě luštěnin a jejich možnému příspěvku k prevenci řady civilizačních chorob včetně obezity by bylo ovšem žádoucí spotřebu zvýšit. Možností je hned několik: zvýšení sensorické hodnoty luštěninových pokrmů tak, aby se staly oblíbenější; výroba polotovarů, které zkrátí čas nutný pro přípravu; snížení obsahu nestravitelných oligosacharidů vhodnou technologickou úpravou [1,25,26,28,32,33].

V praxi se používá namáčení a vaření. Nestravitelné oligosacharidy je možno zčásti odstranit dostatečně dlouhým namáčením, poté slitím namáčecí vody, do které se rozpustné oligosacharidy vyluhují a následným uvařením v nové vodě. Při namáčení dochází rovněž k rozkladu nestravitelných oligosacharidů na složky, které již nadýmání nezpůsobují. Podle experimentálních výsledků je tak možno až 40 % snížení jejich obsahu [1,25,26,28,32,33].

Ovšem nejúčinnější technologický postup pro snížení obsahu oligosacharidů je klíčení. Při něm vzrůstá aktivita α -galaktosidasy, čímž se snižuje obsah α -galaktosidů, zvyšuje se obsah sacharosy a uvolněná galaktosa je velmi rychle spotřebována při metabolických pochodech v rostlině. Klíčením lze snížit obsah α -galaktosidů až na 20 % původní hodnoty, někdy i menší. Naklíčené zrno se má sklízet od třetího dne, kdy jsou klíčky 2,5 – 5,0 cm dlouhé. U nás se však vesměs prodávají klíčky kratší, tzn., že bylo klíčení příliš krátké a není tudíž zaručen rozklad dalších antinutričních látek v syrových luštěninách obsažených [1,25,26,28,32,33].

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 METODIKA PRÁCE

5.1 Popis práce

Pro stanovení bylo použito 8 vzorků luštěnin. Všechny analyzované odrůdy byly získány ze Slovenského centra poľnohospodárskeho výskumu v Nitře. Jedná se o vzorky: *Pisum sativum* (odrůdy: Xantos, Achat, Svit, Terno), *Pisum sativum* var. *arvense* (Arkta), *Lupinus albus* (Amiga), *Glycine max*, *Faba vulgaris* (Piešťanský). Obrázky jsou přiloženy v příloze 2. Semena luštěnin výše uvedených odrůd, byla uložena před vlastním stanovením na suchém místě v chladném prostředí.

Všechny zkoumané vzorky luštěnin byly analyzovány na obsah sušiny, popela, dusíkatých látek a aminokyselin. Dále byla zkoumána stravitelnost sušiny, organických látek a bílkovin, abychom byly schopni lépe charakterizovat nutriční hodnoty luštěnin.

Práce se také zabývá změnou nutričních hodnot u syrových semen a u semen v naklíčeném stavu. Semena luštěnin se nechala klíčit po dobu 48 hodin. Analýza byla provedena u naklíčených semen a u klíčů. Získané hodnoty se porovnávaly s hodnotami syrových semen.

5.2 Metody zpracování a příprava vzorků

5.2.1 Vzorky syrových semen

Semena byla před stanovením namleta na kuchyňském mlýnku (Braun, Německo). Vzorky byly prosety přes síto s póry o velikosti 1 mm. Takto získané vzorky byly uchovány ve vzduchotěsné lahvi v ledničce.

5.2.2 Vzorky naklíčených semen

Semena byla nejdříve sterilizována za použití 70 % etanolu po dobu 1 minuty. Dále se vzorky umístily na vat, která byla napuštěna destilovanou vodou po dobu 16 hodin. Nasáklé vzorky byly uchovány na sterilní Petriho misce, která obsahovala filtrační papír. Semena se nechaly klíčit ve tmě 48 hodin. Klíčky byly opláchnuty destilovanou vodou dvakrát denně během klíčení, a to v 6 hodin ráno a v 18 hodin odpoledne. Takto naklíčené vzorky byly použity již v čisté formě pro další analýzu. Pracovalo se podle metody Khalila a kol. [33].

5.3 Metody analýzy

5.3.1 Základní chemická analýza

Sušina mletých vzorků byla vysušena v sušárně při teplotě 105 ± 1 °C do konstantního úbytku hmotnosti po dobu 3 hodin [34].

Vzorky luštěnin byly uchovány v muflové peci při teplotě 550 ± 5 °C po dobu 6 hodin. Z konečné hmotnosti byl vyjádřen v procentech (% w/w) obsah popela [34].

5.3.2 Stanovení dusíkatých látek

Extrakce dusíku pomocí mineralizace. Použité chemikálie pro mineralizaci: H_2SO_4 (98% w/w), H_2O_2 (30% w/w), katalyzátor CuSO_4 .

Cílem bylo vyextrahování dusíku a určení dusíkatých látek. Mineralizace byla provedena v mineralizačním zařízení.

Dusíkaté látky se stanovovaly za pomoci dusíkového autoanalyzáru (Automatický-titrační Kjeldahlův destilátor, Pro-Nitro 1430) a dusík byl přepočítán na bílkovinu podle koeficientu 6,25. Obsah dusíkatých látek byl stanoven podle metody micro-Kjeldahl po mineralizaci v mineralizačním zařízení [34,35].

Použité chemikálie pro stanovení v přístroji Pro-Nitro 1430: H_2SO_4 (98 % w/w), HCl ($0,102 \text{ mol.l}^{-1}$), H_2O_2 (30 % w/w), H_3BO_3 (2 % w/w), 30 % NaOH , Tashirův indikátor

5.3.3 Analýza aminokyselin v luštěninách

Všechny rozemleté vzorky luštěnin byly vystaveny kyselé hydrolyze, ke které se používá kyselina chlorovodíková (HCl) o koncentraci 6 mol/l. Hydrolyzační baňky byly vloženy na 23 hodin do olejové lázně při teplotě 115 °C. Aminokyseliny obsahující síru byly hydrolyzovány za použití 6 mol/l kyseliny HCl až po oxidaci. Připravená oxidační směs se skládala z kyseliny mravenčí a peroxidu vodíku v poměru 9:1. Směs byla ponechána v klidu po dobu 20 hodin při teplotě 4 ± 1 °C. Aminokyseliny byly stanoveny za použití přístroje (automatický analyzátor aminokyselin) AAA 400 (Ingos Praha, ČR), který pracuje na principu s ninhydrinovou detekcí. Základní ninhydrinová detekce byla provedena za pomoci sodnocitrátového pufru. Nynhydrin je silné oxidační činidlo, které reaguje s α – aminoskupinou, uvolňuje amoniak, oxid uhličitý, aldehyd a redukovanou formu ninhydrinu hydrindantin. Aminokyseliny dokážeme rozeznat díky chromatografii,

založené na výměně iontů, tzv. iontoměničová chromatografie aminokyselin. Chromatografická kolona (sloupec o rozměru 370x3.7mm) je naplněna pryskyřicí s negativním nábojem a aminokyseliny jsou na kolonu zaváděny při nízkém pH. Při zvýšeném pH, teplotě, nebo vyšší iontové síle elučního roztoku dojde k dosažení izoelektrického bodu. Aminokyseliny nenesou žádný náboj a jsou z kolony eluovány ven. Deriváty primárních aminokyselin byly zjištěny při 570 nm a sekundární při 440 nm. Obsah aminokyselin byl vypočítán z retenčních časů z chromatografu podle manuálu Ingos [36 – 41].

5.3.4 *In vitro* stravitelnost bílkovin (IVPD) a sušiny

Vzorky syrových a naklíčených luštěnin byly sušeny v sušárně při teplotě 105±1 °C po dobu 24 hodin. Konečná hmotnost byla vyjádřena v procentech (% w/w) jako obsah sušiny analyzující IVPD a stravitelnost sušiny.

In vitro stravitelnost rozemletých semen luštěnin byla stanovena za použití pepsinu (3 g/1.5 l v 0.1 mol/l HCl v jedné lahvi). Pepsin EC 3.4.23.1. byl získán z vepřové žaludeční sliznice. Vzorek o hmotnosti 0,25 – 0,40 g byl navážen do každého sáčku. Ten tepelně uzavřeme a umístíme do (DaisyII Incubator) reakční lahve (až 25 vzorků do jedné lahve). Digesce je nastavena na teplotu 39±1 °C po dobu 24 hodin. Poté udržujeme lahve při teplotě 80±1 °C po dobu 30 minut než se rozpustí škrob a sáčky pak třikrát promyjeme destilovanou vodou. Následuje uložení do pece s teplotou 105±1 °C na 24 hodin. Zaznamenáváme si hmotnost sušiny a nestrávené proteiny se měří na základě micro-Kjeldahlovi metody a vypočítávají se jako IVPD. Stejnou metodou se provádí analýza stravitelnosti organické hmoty, která se nachází ve všech sáčcích v mufflové peci a zaznamenává se hmotnost popela po sušení.

Hodnoty stravitelnosti sušiny (HSS) a organické hmoty (SOH) byly vypočítány podle následujících rovnic: [42, 43]

$$\text{DMD} = 100 - \frac{100 \cdot \text{DMR}}{m_2 \cdot \text{DM}} \qquad \text{OMD} = 100 - \frac{100 \cdot (\text{DMR} - \text{AR})}{m_2 \cdot \text{DM} \cdot \text{OM}}$$

$$\text{DMR} = m_3 - m_1 c_1 \qquad \text{AR} = m_4 - m_1 c_2$$

$$\text{DM} = \frac{\text{DM}\% \cdot m_S}{100} \qquad \text{OM} = \frac{\text{DM}\% - A\%}{100}$$

DMD: stravitelnost suchého luskového materiálu v (%)

OMD: stravitelnost organické hmoty v (%)

DMR: hmotnost vzorku po inkubaci a sušení (g)

DM: sušina (g);

DM%: sušina (%)

AR: hmotnost popela ve vzorku (g);

OM: organická hmota v sušině (g);

A%: obsah popela po spálení vzorku (%)

m1: hmotnost sáčku (g);

m2: hmotnost vzorku (g);

m3: hmotnost sušeného sáčku po inkubaci (g);

m4: hmotnost popela ze sáčku a po inkubaci vzorku (g);

MS: hmotnost vzorku pro stanovení sušiny (g);

Opravy: c_1 a c_2 byly vypočítány podle následujících rovnic:

c_1 je oprava hmotnosti sáčku po inkubaci

c_2 je oprava hmotnosti sáčku po spálení

$$c_1 = m_s / m_1$$

$$c_2 = m_p / m_1$$

(m_s ...hmotnost usušeného sáčku po inkubaci, m_p ...hmotnost popela ze sáčku).

5.3.5 Izolace a frakcionace bílkovin

Namletá semena luštěnin byla odvážena do 50 ml odstředivé zkumavky a pro frakcionaci byly přidány roztoky. Do každé zkumavky bylo přidáno 25 ml extrakčního činidla a následně se nechaly protřepat po dobu 1 hodiny v třepačce. Poté byl obsah odstředován po dobu 10 min při 4000rpm o teplotě 20 ± 1 °C (Hermle z300k, Německo). Supernatant byl oddělen do 50 ml odměrné baňky a zbytek byl re-extrahován s 25 ml stejného rozpouštědla a znovuzískané kaly byly spojeny a doplněny do 50 ml.

Usazenina byla poté extrahována, aby se oddělil celek proteinů na jednotlivé frakce. Jako extrahovadla byla použita voda, 5 % NaCl, 70 % etanol a 0,1 mol/l NaOH. Jednotlivé frakce byly získány postupně v tomto pořadí. Albumin byl získán pomocí H_2O . Globulin byl extrahován pomocí 5 % NaCl. Na extrahování frakce prolamin byl použit 70 % (v / v) ethanol při 65 ± 1 °C po dobu 1 hodiny v protřepávací vodní lázni. Dále byl použit 0,1 mol/l roztok hydroxidu sodného, aby se oddělily frakce glutelinu. Usazenina byla ponechána v

sušárně při teplotě 105 ± 1 °C po dobu 3 hodin a uložena až do doby, než jsme prováděli stanovení dusíkatých látek [34,44].

5.3.6 Statistická analýza

Všechny výsledky byly stanovovány několikrát a poté byly vypočteny standardní odchylky (SD). Data byla vyhodnocena vytvořením souhrnných statistik a analýzou rozptylů pomocí ANOVA [45,46].

6 VÝSLEDKY A DISKUSE

6.1 Základní chemické složení syrové luštěniny

Souhrn údajů o základním chemickém složení některých luštěnin je uveden v Tab. 6 a 7. Obsah sušiny byl u všech luštěninových semen stejný a to nad 90 %. Nejvyšší množství byl zaznamenán u vzorku *G. max* (93.5 %). Obsah popela se u všech semen pohyboval mezi 2,7 – 5,3 %. Nejnižší množství bylo u odrůdy *P. sativum* (Xantos) a největší množství u odrůdy *G. max*. Obsah popela, který je obsažen v potravinách, je významný z různých důvodů, např. jako ukazatel kvality krmných komponentů používaných pro krmení zvířat.

Obsah dusíkatých látek v semenech je poměrně vysoký a to v rozmezí 21,5 – 31,4 %, což se shoduje s posledními výzkumy [47,48]. Odrůda *G. max* měla nejvyšší hodnotu dusíkatých látek a *L. albus* měla podobné hodnoty, jako *G. max*. Nejnižší hodnoty vykazoval vzorek *P. sativum* var. *arvense*. Mezi odrůdami *P. sativum* byl nejvyšší obsah dusíkatých látek zjištěn u odrůdy *P. sativum* (Terno). V některých případech byla hodnota dusíkatých látek vyšší, než ty, které jsou popisovány u stejných semen v jiných výzkumných pracích. Podle Costa a kol. [49] se hodnoty bílkovin u luštěnin pohybovaly mezi 18,5 – 21,9 g/100 g u hrachu, čočky a fazolí a 21,3 – 23,7 g/100 g u lyofilizovaných vařených luštěnin.

Z nutričního hlediska, měly studované luštěniny dobré výživové hodnoty, a proto jsou pro využití vhodné odrůdy hrachu (*P. sativum*) a bobu (*F. vulgaris*). Semena včelího bobu (*L. albus*) jsou přijatelnou náhražkou sojových bobů, které jsou efektivním zdrojem bílkovin.

Tab. 6. Nutriční složení semen *P. sativum* (v % w/w)

Testované parametry	<i>Pisum sativum</i>			
	Terno	Xantos	Svit	Achat
Sušina	90,68 ± 0,019	91,52 ± 0,087	91,36 ± 0,091	91,52 ± 0,104
Popel	2,80 ± 0,051	2,74 ± 0,068	3,03 ± 0,109	2,93 ± 0,093
Dusíkaté látky	24,21 ± 0,218	21,98 ± 0,179	23,16 ± 0,358	22,44 ± 0,508

Údaje jsou uvedeny v průměru ± SD; n = 10

Tab. 7. Nutriční složení semen vybraných odrůd *G. max*, *L. albus*, *P. sativum* var. *arvense* a *F. vulgaris* (v % w/w)

Testované parametry	<i>Glycine max</i>	<i>Lupinus albus</i>	<i>Pisum sativum</i> var. <i>arvense</i>	<i>Faba vulgaris</i>
		Amiga	Arkta	Piestansky
Sušina	93,52 ± 0,111	92,13 ± 0,079	90,43 ± 0,091	91,72 ± 0,168
Popel	5,33 ± 0,049	4,42 ± 0,198	4,31 ± 0,251	3,49 ± 0,139
Dusíkaté látky v sušině	34,39 ± 0,401	33,97 ± 0,528	21,53 ± 0,395	29,26 ± 1,581

Údaje jsou uvedeny v průměru ± SD; n = 10

6.2 Aminokyselinové složení v semenech luštěnin

Výsledky aminokyselinového profilu (v g/16g N) v Tab. 8 a 9 studovaných odrůd luštěnin ukázaly, že bílkoviny z těchto semen obsahují obdobnou hodnotu esenciálních aminokyselin (EA), které jsou srovnatelné s výsledky FAO/WHO [50], s výjimkou fenylalaninu. Dále jsou výsledky srovnatelné s *P. sativum* od Iqbal a kol. [36], *G. max* od Vasconcelos a kol. [51] a *L. albus* od Sujak a kol. [52].

Aminokyselin, které obsahují síru, bylo ve všech luštěninách omezené množství. I přesto nejvíce metioninu bylo nalezeno v syrových semenech *P. sativum* (Terno) 5,0; *G. max* 5,5; *L. albus* (Amiga) 5,2 a *P. sativum* var. *arvenes* (Arkta) 5,4 g/16g N. Tento obsah může být způsoben změnou živin v půdě, ve kterých byly odrůdy pěstovány. Proto se často uvádí požadavek, aby semena rostlin obsahovaly bílkoviny, které mají vyšší počet sirných aminokyselin. Tento požadavek je kladen z důvodů, aby tyto luštěniny splnily požadavky doporučených výživových hodnot [53 – 55].

U esenciálních aminokyselin existují značné rozdíly. Zejména nejvyšší množství a obsah argininu je různý podle odrůdy. Největší množství je u *F. vulgaris* 11,7 g/16g N a nejmenší množství je u *G. max* 7,7g/16gN. Všechny testované varianty *P. sativum* měli vyšší množství argininu než testovaná varianta Pakistan ze studie Iqbal a kol. [36]. U všech testovaných luštěnin bylo nalezeno bohaté množství lysinu, leucinu a argininu. Kyselina glutamová a asparagová byly nalezeny jako hlavní neesenciální kyseliny v testovaných vzorcích. Relativně nízké koncentrace cysteinu byly pozorovány u všech luštěnin a pohybovaly se v rozmezí od 1,7 g/16g N u *P. sativum* (Achat) do 2,5 g/16gN v *L. albus*.

Sója je označována jako jedna z nejdůležitějších luštěnin z hlediska výživové hodnoty [56]. Nicméně nejvyšší celkový obsah EA byl zjištěn v *P. sativum* var. *arvense*, zatímco nejnižší obsah EA a nejvyšší obsah neesenciálních aminokyselin byl ve vzorku *F. vulgaris*. Většina hodnot analyzovaných aminokyselin byly podobné v obou vzorcích *G. max* i *L. albus* a bylo zjištěno že je vyšší ve srovnání s jinými luštěninami kromě *P. sativum* (Terno) a *P. sativum* var. *arvense*. Nejvyšší množství a zároveň nejvýznamnější aminokyseliny ze všech testovaných luštěnin byly kyselina asparagová, kyselina glutamová, arginin a alanin.

Tab. 8. Srovnání aminokyselin vybraných odrůd *P. sativum* pěstovaných ve střední Evropě s odrůdami z Asie a FAO referenčním vzorem (g/16g N)

Aminokyseliny	<i>Pisum sativum</i>								Zelený hrách**	FAO/WHO 1991 *	
	Terno		Xantos		Svit		Achat				
Arg	9,4	± 0,22	8,6	± 0,45	9,7	± 0,22	8,3	± 0,45	7,2	± 0,04	
His	2,2	± 0,12	2,2	± 0,11	2,2	± 0,01	2,2	± 0,08	2,4	± 0,05	1,9
Ile	4,2	± 0,09	3,9	± 0,20	3,8	± 0,02	3,9	± 0,09	4,5	± 0,06	2,8
Leu	7,1	± 0,16	6,5	± 0,29	6,3	± 0,07	6,6	± 0,21	7,4	± 0,05	6,6
Lys	6,9	± 0,20	6,6	± 0,26	6,4	± 0,03	6,6	± 0,21	8,1	± 0,07	5,8
Met	5,0	± 0,06	1,1	± 0,01	1,1	± 0,06	1,0	± 0,05	1,1	± 0,03	2,5(+Cys)
Phe	4,9	± 0,27	4,6	± 0,20	4,3	± 0,04	4,6	± 0,13	5,2	± 0,04	6,3
Thr	3,5	± 0,03	3,6	± 0,16	3,3	± 0,14	3,5	± 0,12	3,8	± 0,05	3,4
Val	4,7	± 0,07	4,3	± 0,19	4,3	± 0,05	4,3	± 0,17	5,0	± 0,09	3,5
TEAA	47,9		41,4		41,4		41,0		45,5		33,9
Ala	4,2	± 0,16	3,9	± 0,17	3,8	± 0,04	3,8	± 0,24	5,2	± 0,04	
Asp	10,9	± 0,13	10,6	± 0,34	10,7	± 0,09	10,6	± 0,43	11,0	± 0,06	
Cys	2,0	± 0,02	2,0	± 0,06	1,9	± 0,08	1,7	± 0,14	1,8	± 0,03	
Glu	15,1	± 0,26	16,2	± 0,67	16,0	± 0,85	16,2	± 0,68	17,5	± 0,06	
Gly	4,1	± 0,05	4,0	± 0,14	4,0	± 0,03	3,9	± 0,21	4,5	± 0,01	
Pro	3,8	± 0,12	3,6	± 0,15	3,6	± 0,12	3,6	± 0,14	3,8	± 0,03	
Ser	4,3	± 0,06	4,2	± 0,18	4,2	± 0,06	4,3	± 0,22	5,1	± 0,54	
Tyr	2,8	± 0,10	3,2	± 0,23	2,9	± 0,11	3,2	± 0,24	3,7	± 0,03	
TNEAA	47,2		47,7		47,1		47,3		52,6		
TAA	95,1		89,1		88,5		88,3		98,1		

Data jsou zobrazena v průměru ± SD; n=10

*Data z FAO/WHO (1991) referenční model esenciálních aminokyselin požadovaných u předškolních dětí (ve věku 2 – 5 let) [52].

** Iqbal a kol. 2006 [57] TEAA (celkové množství esenciálních aminokyselin), TNEAA (celkové množství neesenciálních AK.), TAA (celkové množství AK.)

Tab. 9. Srovnání aminokyselinového složení vybraných odrůd luštěnin pěstovaných ve střední Evropě s odrůdou *G. max* z jiných výzkumných pracích (g/16g of N)

Aminokyseliny	<i>Glycine max</i>	<i>Lupinus albus</i>	<i>P. sativum</i>	<i>Faba vulgaris</i>	<i>Glycine max</i> *
		Amiga	var. <i>arvense</i> Arkta	Piastansky	
Arg	7,7 ± 0,33	11,0 ± 0,53	9,1 ± 0,69	11,7 ± 0,19	7,13
His	2,4 ± 0,13	2,3 ± 0,05	2,4 ± 0,13	2,4 ± 0,02	2,50
Ile	4,2 ± 0,17	4,3 ± 0,13	4,2 ± 0,23	3,7 ± 0,09	4,62
Leu	6,9 ± 0,25	7,3 ± 0,18	6,9 ± 0,36	6,5 ± 0,17	7,72
Lys	5,8 ± 0,30	4,7 ± 0,09	7,0 ± 0,29	5,6 ± 0,15	6,08
Met	5,5 ± 0,10	5,2 ± 0,02	5,4 ± 0,28	0,9 ± 0,06	1,22
Phe	4,7 ± 0,19	4,0 ± 0,08	4,8 ± 0,19	3,8 ± 0,11	4,84
Thr	3,6 ± 0,20	3,6 ± 0,12	3,6 ± 0,15	3,5 ± 0,25	3,76
Val	4,7 ± 0,23	4,3 ± 0,10	4,8 ± 0,23	4,3 ± 0,10	4,59
TEAA	45,5	46,7	48,2	42,4	42,46
Ala	4,0 ± 0,20	3,4 ± 0,29	4,2 ± 0,15	3,8 ± 0,10	4,23
Asp	10,3 ± 0,41	10,1 ± 0,22	10,7 ± 0,49	10,1 ± 0,27	11,30
Cys	2,4 ± 0,03	2,5 ± 0,02	2,4 ± 0,10	1,7 ± 0,08	1,70
Glu	15,6 ± 0,73	18,5 ± 0,60	15,2 ± 0,84	16,0 ± 0,95	16,90
Gly	4,3 ± 0,19	4,0 ± 0,15	4,4 ± 0,17	3,9 ± 0,09	4,01
Pro	4,6 ± 0,41	3,8 ± 0,19	3,9 ± 0,24	4,0 ± 0,22	4,86
Ser	4,3 ± 0,17	4,6 ± 0,11	4,3 ± 0,20	4,3 ± 0,22	5,67
Tyr	2,9 ± 0,11	3,8 ± 0,08	2,5 ± 0,18	3,1 ± 0,07	3,39
TNEAA	48,4	50,7	47,6	46,9	52,06
TAA	93,9	97,4	95,8	89,3	94,52

Data jsou zobrazena v průměru ± SD; n = 10* Vasconcelos a kol. (1997) [58] and Siddhuraju & Becker (2005) [59]

Tab. 10. Procentuální zastoupení bílkovinných frakcí (%) v některých luštěninách pěstovaných ve střední Evropě

Luštěniny	Odrůda	Albumin	Globulin	Prolamin	Glutamin	zbytek
<i>Pisum sativum</i>	Terno	44,1 ± 0,96	40,5 ± 0,09	4,5 ± 0,13	5,8 ± 0,01	4,3 ± 0,01
	Xantos	41,3 ± 1,50	42,0 ± 2,28	4,5 ± 0,07	6,2 ± 0,11	4,7 ± 0,21
	Svit	44,1 ± 0,48	40,3 ± 0,83	5,1 ± 0,01	5,1 ± 0,13	4,6 ± 0,01
	Achat	45,0 ± 0,35	41,6 ± 0,24	4,5 ± 0,11	4,1 ± 0,11	3,6 ± 0,06
<i>Glycine max</i>		48,5 ± 0,25	38,6 ± 0,65	3,6 ± 0,11	5,8 ± 0,07	2,8 ± 0,14
<i>Lupinus albus</i>	Amiga	40,3 ± 0,84	40,1 ± 1,23	5,3 ± 0,17	6,4 ± 0,10	7,2 ± 0,09
<i>P. sativum</i> var. <i>arvenes</i>	Arkta	45,9 ± 0,29	40,4 ± 0,58	4,3 ± 0,11	3,4 ± 0,09	5,4 ± 0,19
<i>Faba vulgaris</i>	Piestansky	45,3 ± 0,31	41,9 ± 0,36	3,5 ± 0,16	4,0 ± 0,14	3,6 ± 0,02

Data jsou zobrazena v průměru ± SD; n=10

6.3 Frakcionace bílkovin v semenech luštěnin

Podle výsledků frakcionace bílkovin z tabulky 10, bylo zjištěno, že albumin je hlavní součástí bílkovin u většiny ze studovaných luštěnin. Stejně výsledky deklaruje i studie Martinez-Villaluenga a kol. [60]. Frakce globulinu byly mírně vyšší než frakce albuminu ve vzorku *P. sativum* (Xantos) a *L. albus* (Amiga). Prolamin a glutelin byly nejméně zastoupené frakce u všech studovaných luštěnin. Stejně výsledky byly zjištěny také u témat, zabývajících se stejnou studií, a platí pro všechny analyzované luštěniny v této práci [61]. Rozsah hodnot získaných pro albumin, globulin, prolamin a glutelin respektive v testovaných luštěninách byl 40,3 – 48,5 %, 38,6 – 42,0 %, 3,5 – 5,3 % a 3,4 – 6,4 % z celkových extrahovaných bílkovin. Nejvyšší obsah prolaminu a glutelinu byl zjištěn u odrůdy *L. albus* (Amiga), příslušné hodnoty se pohybují v mezích 5,3 – 6,4 %. Rozdíly mezi jednotlivými odrůdami byly patrné u všech studovaných luštěnin.

Nejvyšší úroveň proteinu albumin byl zjištěn v odrůdě *G. max*, následovala *P. sativum* var. *arvenes*, *F. vulgaris* (Piestansky), *P. sativum* (Achat, Terno, Svit, Xantos) a nejnižší byla u odrůdy *L. albus* (Amiga) (Tab. 10).

6.4 Hodnocení nutriční kvality naklíčených luštěnin

6.4.1 Aminokyselinové složení dělohy a klíčků po 48 hodinovém klíčení luštěnin

Tab. 11 a 12 se skládá z aminokyselinových hodnot dělohy a klíčků po 48 hodinovém klíčení v přepočtu na 16g/N. Výsledky v tabulkách ukazují, že syrová semena obsahují vyšší podíl aminokyselin ve srovnání se stejnými odrůdami v naklíčeném stavu (po 48 hodinách). Výjimkou je odrůda *P. sativum* (Xantos). Je potřeba poznamenat, že EA u odrůdy *P. sativum* (Xantos) po 48 hodinovém klíčení jsou obsaženy ve větším množství, než udává FAO/WHO [50]. Zatímco odrůdy *G. max*, *F. vulgaris* (Piešťanský) a *P. sativum* (Achat) mají srovnatelné hodnoty u většiny aminokyselin jak uvádí i FAO/WHO [50]. Úbytek EA u déle klíčících semen může být způsobem díky aminokyselinám, které jsou produkovány hydrolýzou proteinových rezerv. Mohou být využívána také jako zdroj energie, zvláště v prvních stupních klíčení. Dále určité aminokyseliny snadno a rychleji podléhají rozkladu než ostatní, mění své uspořádání, mobilizují proteinové zásoby v dělohách k syntéze nových proteinů pro klíčící plod a zvyšují obsah biogenních aminů

s dobou klíčení. Delší doba klíčení také způsobuje enzymatickou dekarboxylaci aminokyselin. Zvýšení nebílkovinných aminokyselin může být způsobený díky změnám v aminokyselinách během klíčení. Tyto nebílkovinné dusíkaté látky se skládají z volných aminokyselin, nukleových kyselin, purinových a pyrimidinových bází. Dále pak z polyamidů, alkaloidů a malých peptidů [54].

V této předkládané studii, byl zaznamenán nejvyšší celkový obsah esenciálních aminokyselin (TEAA) u vzorku *P. sativum* (Xantos). Hodnota v děloze činila (43.7 %) a v klíčku (41.1 %). U syrových semene to bylo (41.4 %) u vzorku *P. sativum* var. *arvense* (Arkta) i přesto, že se sója uvádí jako nejvýznamnější luštěnina z hlediska výživové hodnoty [56].

Na obrázcích 6-14 jsou ukázány všechny variace aminokyselin v dělohách a klíčcích po 48 hodinovém klíčení ve srovnání se syrovými semeny luštěnin. Bylo prokázáno že vysoký obsah histidinu, fenylalaninu a alanin byl nalezen v klíčcích *P. sativum* (Xantos, Achat) a jen u histidinu a alaninu bylo zjištěno, že jsou vyšší v klíčcích odrůdy *G. max* ve srovnání s jejich syrovými semeny.

Množství alaninu u neesenciální aminokyselin se významně zvyšuje v klíčcích *P. sativum* (Xantos, Achat) a *G. max* ve srovnání s příslušnými syrovými semeny. Avšak pokud jde o *L. albus*, *P. sativum* var. *arvense* (Arkta) a *F. vulgaris* (Piešťanský) množství alaninu v klíčcích byl srovnatelný se syrovými semeny. Snížení lysinu s delší klíčivostí může být způsobeno kadaverinem, který vzniká z enzymatické dekarboxylace lysinu. Ten je koncentrovaný hlavně podél embryonální osy semene. Někteří autoři naznačují, že by mohl hrát roli při klíčení a při buněčném dělení. U lysinu, leucinu a argininu bylo zjištěno, že jsou nejvýznamnější EA ve všech dělohách a klíčcích ačkoli byly o něco nižší než v syrovém semeni. Zatímco kyselina glutamová a asparagová dosahuje vyššího množství v naklíčených dělohách a klíčcích, než v surových semenech. Obsah EA v naklíčených semenech (po 48 hodinách) *G. max* a *L. albus*. cv. Multolupa pocházejících z Brazílie je vyšší, než odrůdy *G. max* a *L. albus* pěstovaných ve střední Evropě. Nicméně, obsah metioninu je relativně nižší u vybraných luštěnin z Brazílie. Hodnoty jsou 1,34 g/16g N u odrůdy *G. max* a 0,67 g/16g N u *L. albus*. cv. Multolupa [65,74,75].

Téměř všechny aminokyseliny zůstaly nezměněny v dělohách a klíčcích po 48 hodinovém klíčení u odrůdy *F. vulgaris* (Piešťanský) kromě argininu, asparagové a glutamové kyseliny. Methionin a cystein se mírně zvýšily v naklíčených odrůdách *P. sativum* (Xantos,

Achat) a *F. vulgaris*, v porovnání s jejich syrovými semeny. Mohou to být způsobeno jejich syntézou. Po klíčícím období se obsah histidinu, glutamové kyseliny, glycinu, argininu a tyrosinu snížil, zatímco obsah asparagové kyseliny, valinu, izoleucinu a fenylalaninu se měnil různými způsoby v závislosti na klíčících podmínkách.

Tab. 11. Aminokyseliny obsažené v dělohách a klíčcích ve vybraných odrůdách *P. sativum* po 48 hodinovém klíčení (g/16g N)

Aminokyseliny	<i>Pisum sativum</i>									
	Terno		Xantos		Svit		Achat			
	děloha	klíček	děloha	klíček	děloha	klíček	děloha	klíček	děloha	klíček
Arg	7,7 ± 0,44	3,0 ± 0,24	8,5 ± 0,83	6,3 ± 0,63	6,7 ± 0,74	4,9 ± 0,00	8,2 ± 1,45	4,8 ± 0,54		
His	1,6 ± 0,10	1,6 ± 0,13	2,2 ± 0,20	2,9 ± 0,24	1,4 ± 0,13	1,5 ± 0,11	2,0 ± 0,20	2,6 ± 0,19		
Ile	3,3 ± 0,15	2,5 ± 0,12	4,2 ± 0,39	3,7 ± 0,22	2,7 ± 0,27	2,3 ± 0,03	3,9 ± 0,35	3,2 ± 0,22		
Leu	5,6 ± 0,24	2,9 ± 0,22	7,1 ± 0,71	5,6 ± 0,64	4,5 ± 0,44	4,0 ± 0,02	6,4 ± 0,60	4,9 ± 0,02		
Lys	5,4 ± 0,25	3,3 ± 0,22	6,9 ± 0,57	6,1 ± 0,65	4,5 ± 0,35	4,0 ± 0,05	6,3 ± 0,67	5,3 ± 0,37		
Met	1,2 ± 0,02	1,3 ± 0,10	1,3 ± 0,22	1,3 ± 0,03	1,1 ± 0,02	1,0 ± 0,05	1,1 ± 0,03	1,7 ± 0,14		
Phe	4,9 ± 0,23	1,9 ± 0,12	5,5 ± 0,41	7,4 ± 0,91	3,6 ± 0,39	1,3 ± 0,04	5,6 ± 0,20	5,6 ± 0,79		
Thr	2,6 ± 0,20	1,9 ± 0,04	3,4 ± 0,30	4,2 ± 0,53	2,1 ± 0,11	2,4 ± 0,03	3,1 ± 0,46	3,7 ± 0,33		
Val	3,7 ± 0,16	2,7 ± 0,19	4,6 ± 0,22	3,6 ± 0,60	3,1 ± 0,32	3,0 ± 0,02	4,4 ± 0,38	4,3 ± 0,37		
TEAA	36,0	21,1	43,7	41,1	29,7	24,4	41,0	36,1		
Ala	3,1 ± 0,16	4,2 ± 0,25	3,9 ± 0,33	6,1 ± 0,63	2,7 ± 0,12	3,4 ± 0,03	3,6 ± 0,42	5,7 ± 0,34		
Asp	8,6 ± 0,44	7,0 ± 0,50	10,6 ± 0,60	9,8 ± 0,90	7,0 ± 0,68	6,7 ± 0,02	9,9 ± 1,09	8,6 ± 0,99		
Cys	1,9 ± 0,05	1,4 ± 0,05	2,2 ± 0,31	2,4 ± 0,29	1,5 ± 0,14	1,6 ± 0,13	1,5 ± 0,05	1,8 ± 0,13		
Glu	12,2 ± 0,66	8,2 ± 0,47	14,3 ± 1,04	11,4 ± 1,02	9,7 ± 1,12	6,5 ± 0,02	14,7 ± 1,53	11,4 ± 0,09		
Gly	3,0 ± 0,16	2,6 ± 0,21	3,7 ± 0,27	3,9 ± 0,44	2,5 ± 0,13	2,4 ± 0,01	2,6 ± 0,40	3,5 ± 0,29		
Pro	3,1 ± 0,18	2,7 ± 0,24	4,0 ± 0,15	2,8 ± 0,55	2,5 ± 0,27	2,5 ± 0,01	3,8 ± 0,42	3,2 ± 0,24		
Ser	3,5 ± 0,15	2,7 ± 0,18	4,3 ± 1,18	4,2 ± 0,27	2,6 ± 0,15	2,5 ± 0,08	4,2 ± 0,48	3,6 ± 0,27		
Tyr	2,8 ± 0,19	1,9 ± 0,06	3,4 ± 0,29	2,5 ± 0,30	2,2 ± 0,28	2,4 ± 0,07	3,1 ± 0,26	2,5 ± 0,29		
TNEAA	38,2	30,7	46,4	43,1	30,7	28,0	43,4	40,3		
TAA	74,2	51,8	90,1	84,2	60,4	52,4	84,4	76,4		

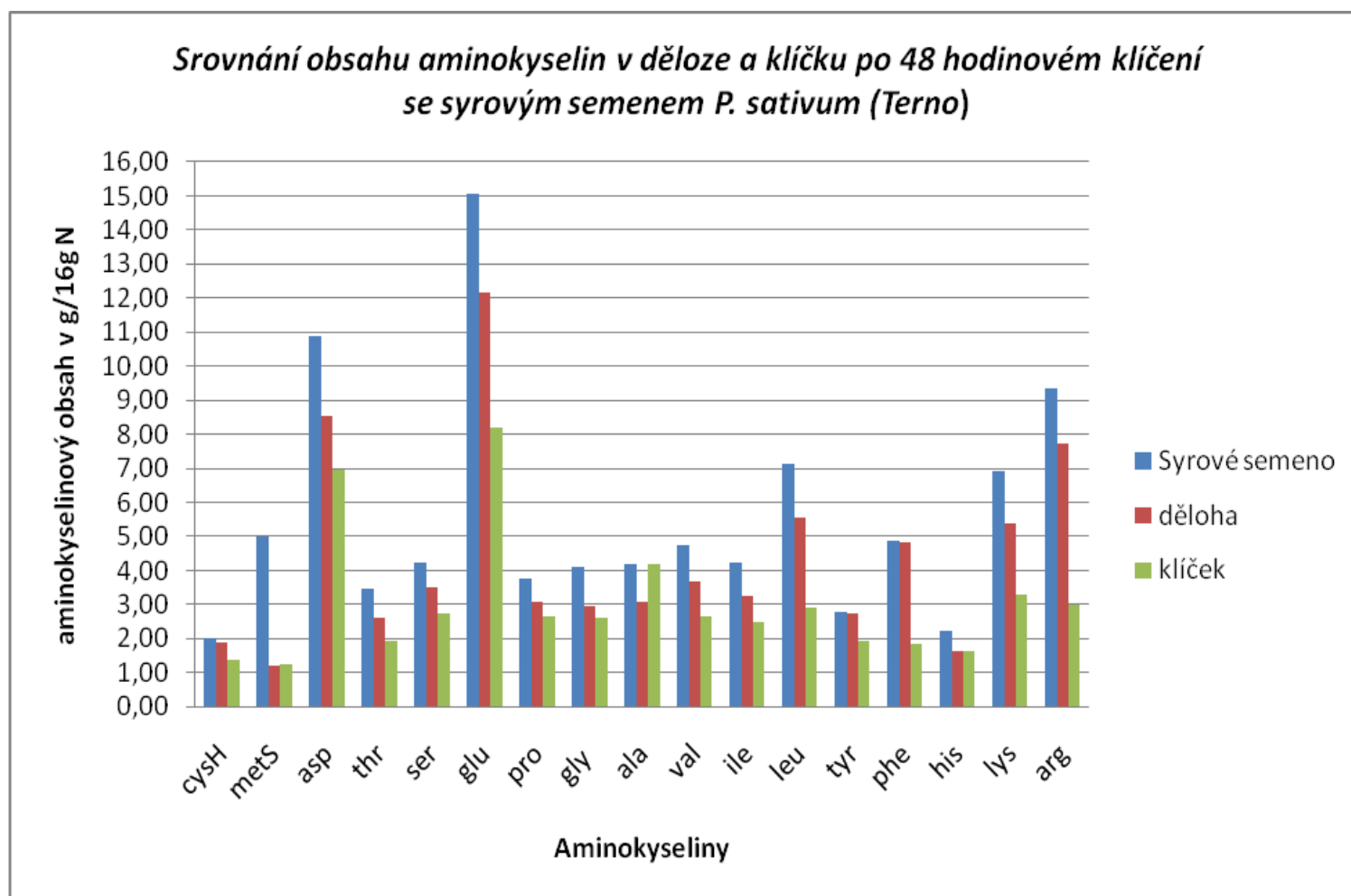
Data jsou zobrazena v průměru ± SD; n=10; TEAA (celkové množství esenciálních aminokyselin), TNEAA (celkové množství neesenciálních AK), TAA (celkové množství AK)

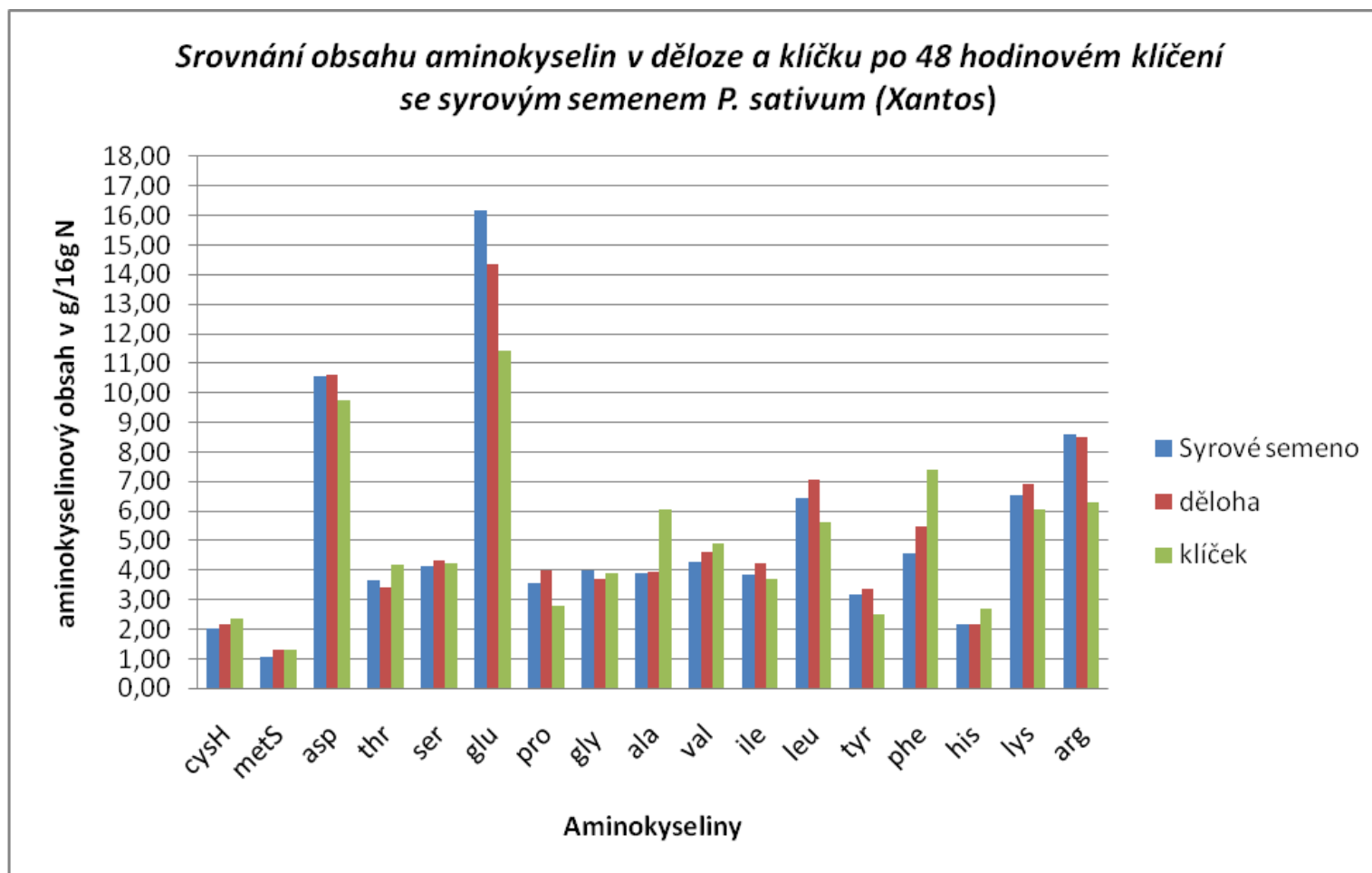
Tab. 12. Aminokyselinová skladba v dělohách a klíčcích vybraných druhů luštěnin po 48 hodinovém klíčení (g/16g N)

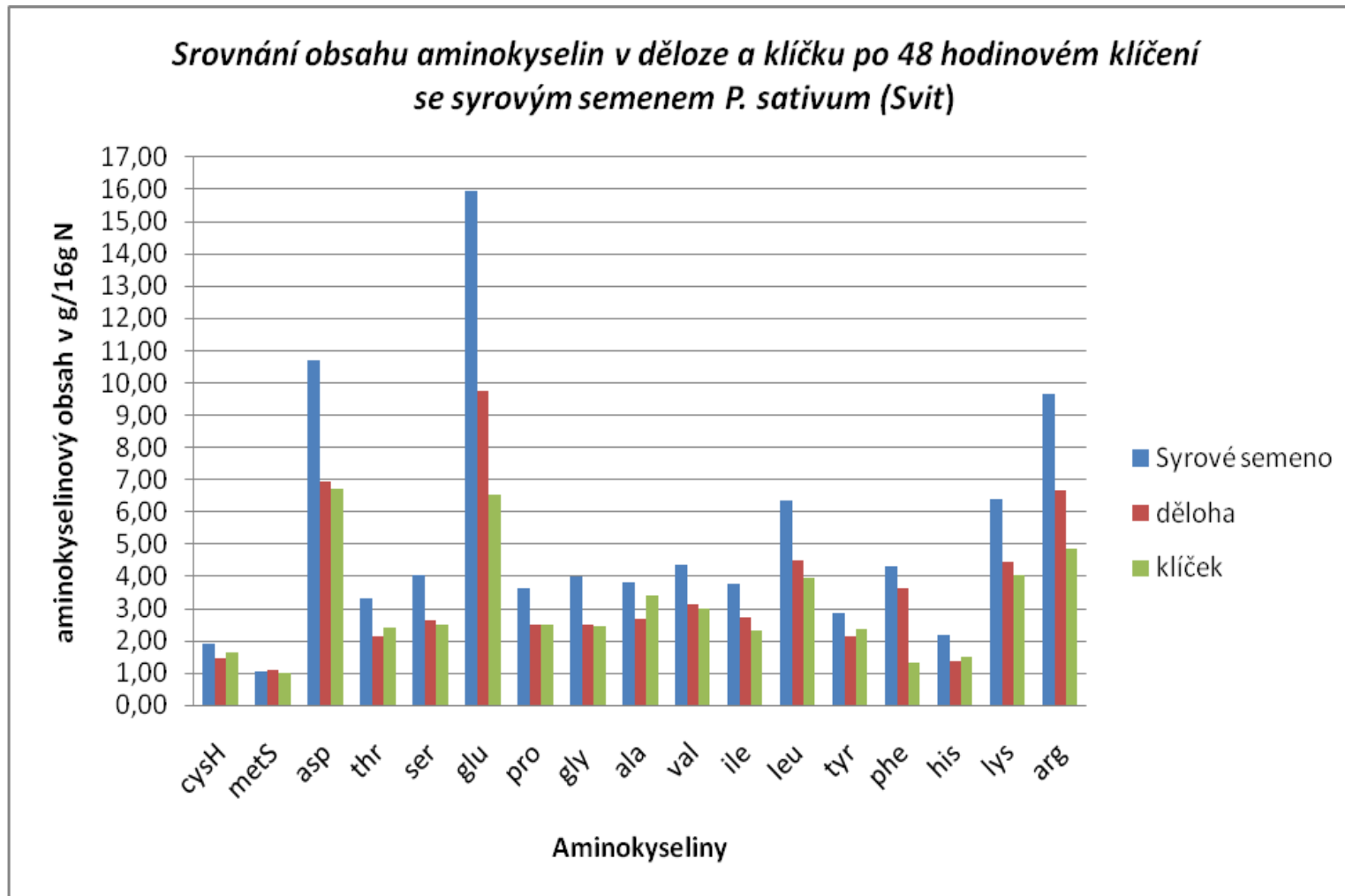
AMK	<i>Glycine max</i>		<i>Lupinus albus</i>		<i>Pisum sativum</i> var. <i>arvense</i>		<i>Faba vulgaris</i>	
			Amiga		Arkta		Piestansky	
	děloha	klíček	děloha	klíček	děloha	klíček	děloha	klíček
Arg	7,1 ± 0,63	4,0 ± 0,11	8,3 ± 0,35	6,4 ± 0,69	7,3 ± 0,39	3,2 ± 0,25	8,3 ± 0,22	8,2 ± 0,41
His	1,9 ± 0,13	2,6 ± 0,11	1,5 ± 0,05	1,1 ± 0,10	1,8 ± 0,11	2,2 ± 0,09	2,4 ± 0,09	2,0 ± 0,18
Ile	3,5 ± 0,21	1,9 ± 0,08	3,0 ± 0,06	2,7 ± 0,14	3,5 ± 0,17	2,7 ± 0,18	3,7 ± 0,16	3,4 ± 0,26
Leu	5,9 ± 0,38	2,7 ± 0,14	5,0 ± 0,11	4,2 ± 0,06	5,8 ± 0,24	4,1 ± 0,20	6,3 ± 0,27	5,8 ± 0,32
Lys	4,9 ± 0,32	3,2 ± 0,14	3,1 ± 0,09	3,8 ± 0,07	6,0 ± 0,23	4,5 ± 0,18	5,5 ± 0,20	5,8 ± 0,49
Met	1,5 ± 0,01	1,2 ± 0,04	1,3 ± 0,04	1,3 ± 0,10	1,2 ± 0,04	1,5 ± 0,11	0,9 ± 0,02	1,2 ± 0,07
Phe	4,5 ± 0,30	2,8 ± 0,26	1,5 ± 0,10	3,2 ± 0,07	2,5 ± 0,25	4,3 ± 0,33	3,7 ± 0,26	4,1 ± 0,21
Thr	3,2 ± 0,23	2,5 ± 0,12	2,6 ± 0,08	2,9 ± 0,12	3,0 ± 0,21	3,3 ± 0,09	3,3 ± 0,13	3,3 ± 0,15
Val	3,9 ± 0,24	2,7 ± 0,14	2,9 ± 0,10	2,9 ± 0,26	4,0 ± 0,12	3,8 ± 0,26	4,3 ± 0,11	4,1 ± 0,31
TEAA	36,4	23,6	29,2	28,5	35,1	29,6	38,4	37,9
Ala	3,2 ± 0,17	5,8 ± 0,35	2,3 ± 0,06	3,3 ± 0,21	3,4 ± 0,15	4,1 ± 0,10	3,7 ± 0,09	3,7 ± 0,18
Asp	8,8 ± 0,59	9,1 ± 0,35	6,9 ± 0,13	6,0 ± 0,55	8,9 ± 0,37	7,1 ± 0,21	9,3 ± 0,24	8,2 ± 0,54
Cys	1,9 ± 0,07	1,5 ± 0,12	2,0 ± 0,05	1,7 ± 0,14	2,2 ± 0,03	1,6 ± 0,13	1,6 ± 0,03	1,8 ± 0,10
Glu	16,7 ± 1,00	8,3 ± 0,71	12,7 ± 0,39	8,8 ± 0,47	12,7 ± 0,74	7,9 ± 0,36	13,7 ± 1,07	11,6 ± 1,01
Gly	3,2 ± 0,18	2,2 ± 0,09	2,7 ± 0,06	3,0 ± 0,12	3,4 ± 0,15	2,9 ± 0,14	3,7 ± 0,08	3,5 ± 0,14
Pro	4,2 ± 0,33	2,0 ± 0,19	2,9 ± 0,10	2,7 ± 0,15	3,5 ± 0,30	2,7 ± 0,04	3,9 ± 0,15	3,7 ± 0,21
Ser	3,7 ± 0,28	2,9 ± 0,21	3,3 ± 0,10	2,7 ± 0,20	3,9 ± 0,25	3,1 ± 0,14	3,9 ± 0,14	3,6 ± 0,26
Tyr	3,0 ± 0,17	1,2 ± 0,04	3,3 ± 0,06	2,4 ± 0,16	3,4 ± 0,35	2,5 ± 0,11	3,0 ± 0,11	2,9 ± 0,12
TNEAA	44,7	33,0	36,1	30,6	41,4	31,9	42,8	39,0
TAA	81,1	56,6	65,3	59,1	76,5	61,5	81,2	76,9

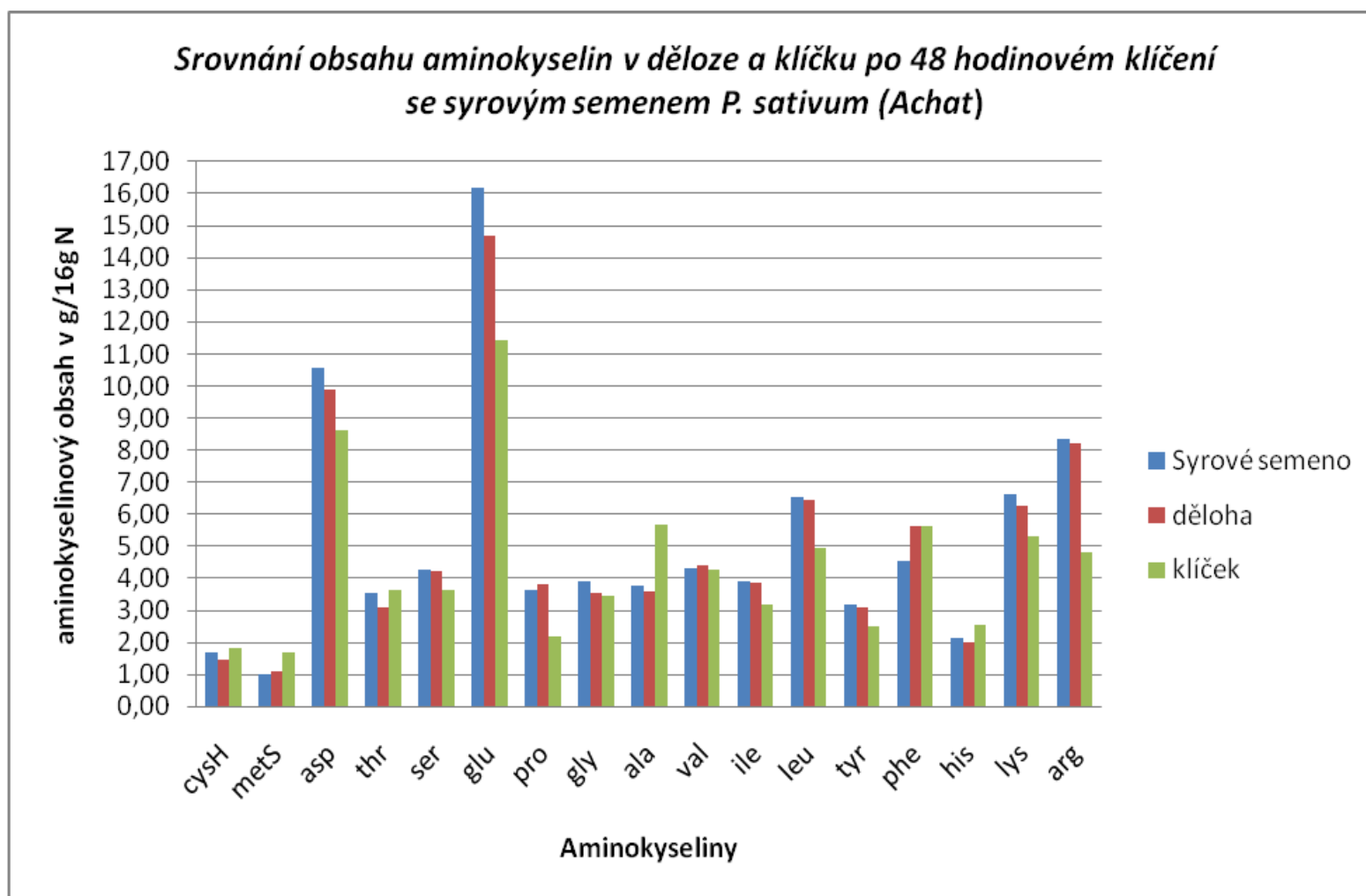
Data jsou zobrazena v průměru ± SD; n=10

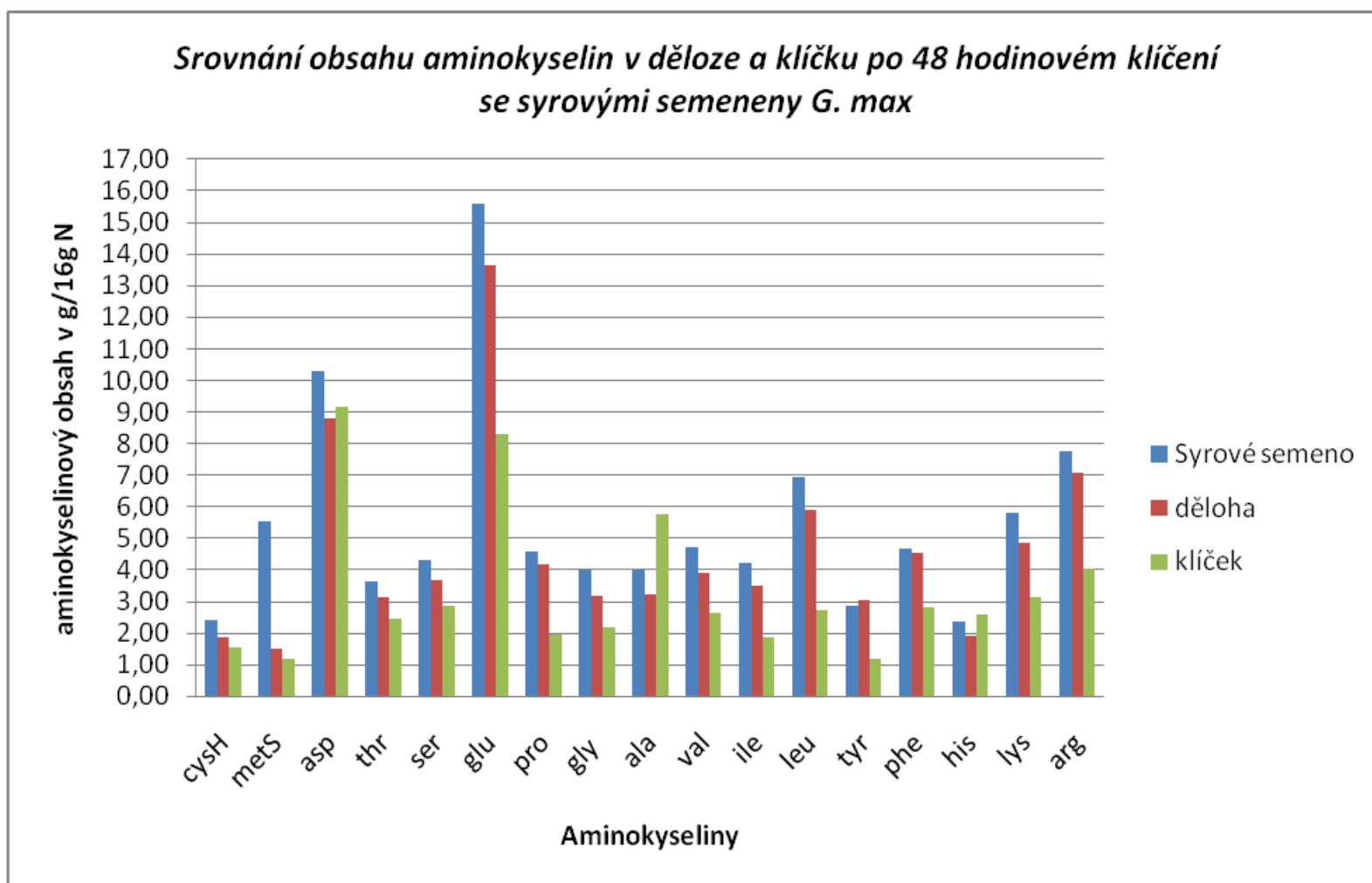
TEAA (celkové esenciální aminokyseliny), TNEAA (celkové neesenciální aminokyseliny), TAA (celkové aminokyseliny)

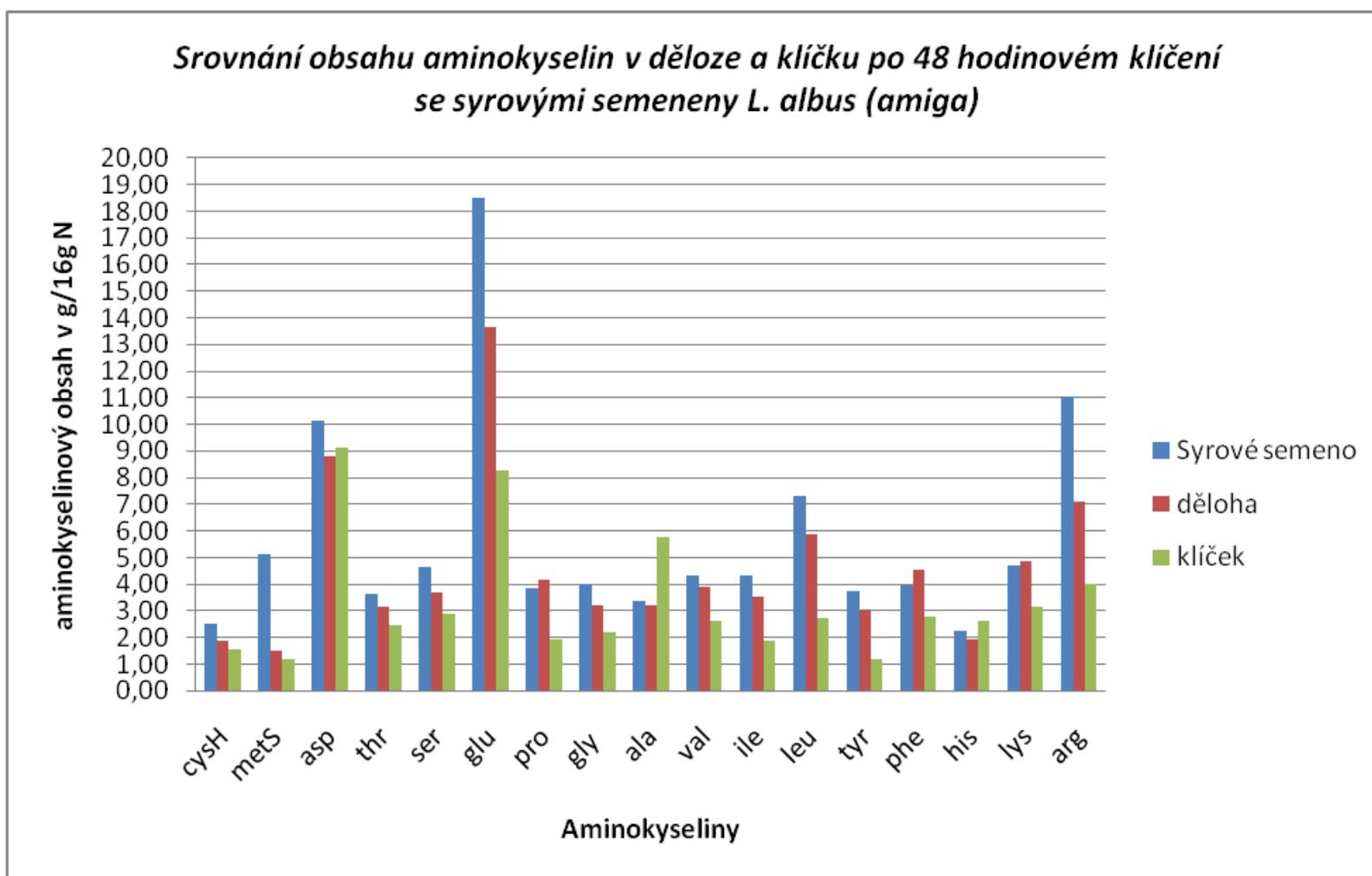
Graf 1. Srovnání aminokyselin u vzorku *P. sativum* (Terno)

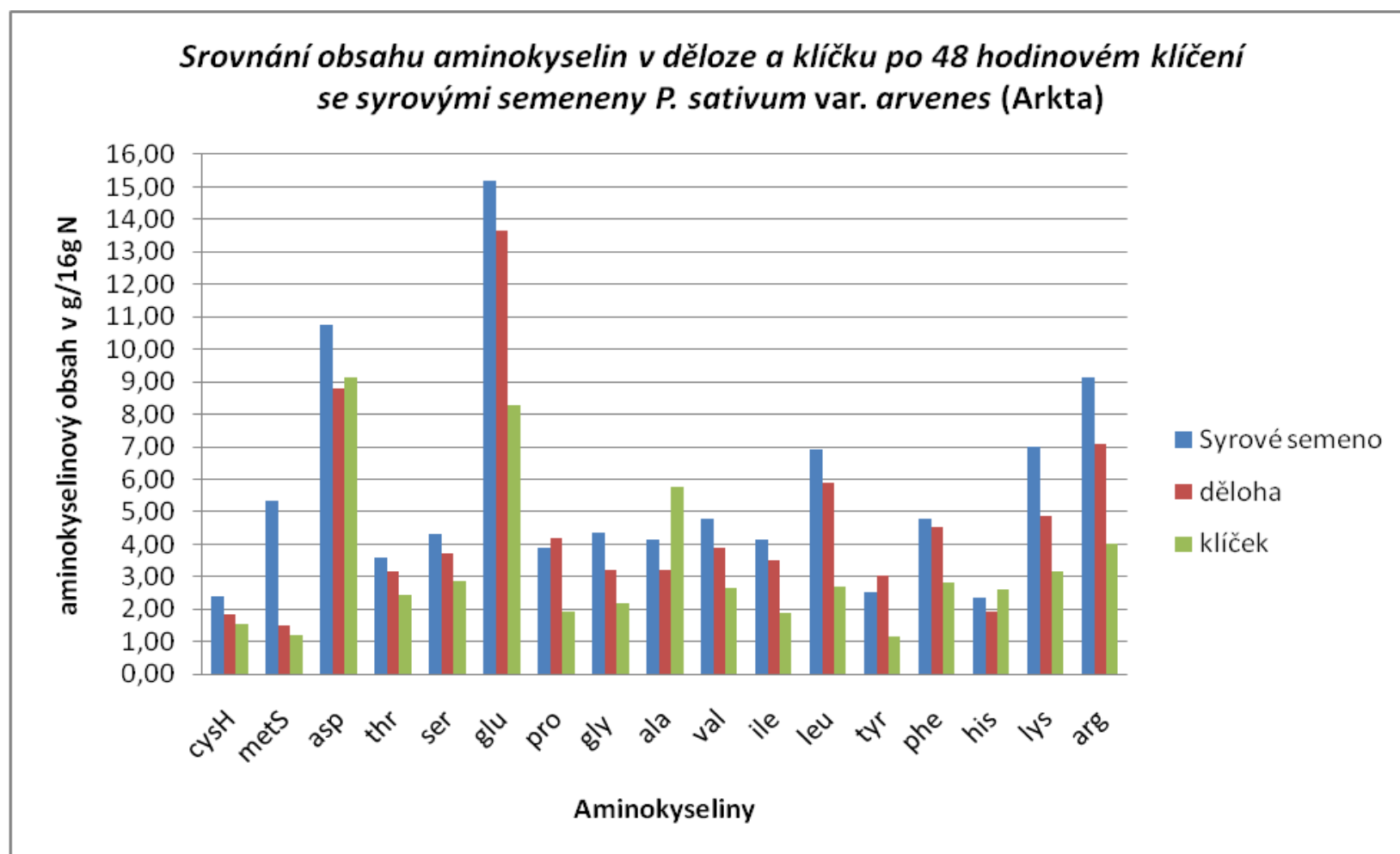
Graf 2. Srovnání aminokyselin u vzorku *P. sativum* (Xantos)

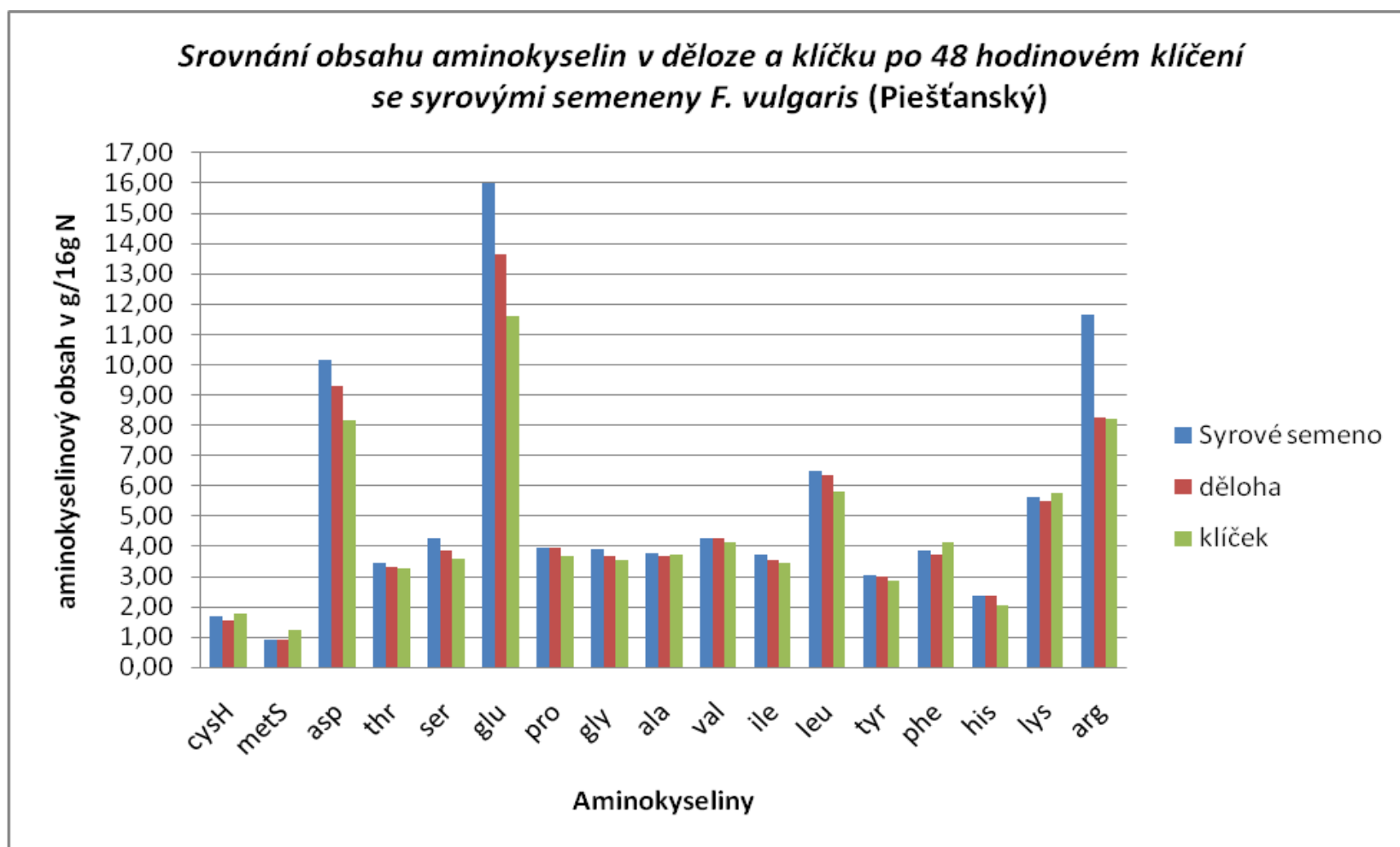
Graf 3. Srovnání aminokyselin u vzorku *P. sativum* (Svit)

Graf 4. Srovnání aminokyselin u vzorku *P. sativum* (Achat)

Graf 5. Srovnání aminokyselin u vzorku *G. max*

Graf 6. Srovnání aminokyselin u vzorku *L. albus* (Amiga)

Graf 7. Srovnání aminokyselin u vzorku *P. sativum* var. *arvenes* (Svit)

Graf 8. Srovnání aminokyselin u vzorku *F. vulgaris* (Piešťanský)

6.4.2 Dusíkaté látky obsažené v děloze a klíčcích po 48 hodinovém klíčení

Tab. 13 popisuje koncentrace dusíkatých látek zjištěných ve 100g sušiny luštěnin ze syrových semen a také po klíčení z časového období dvou dnů, a to pro dělohy a klíčky samostatně.

Výsledky dusíkatých látek v syrových semenech z testovaných luštěnin byly v rozmezí 21,5 – 34,9 % sušiny. To odpovídá předchozím výsledkům. Tyto hodnoty byly v rozmezí 20 – 40 % [47,62].

Jak je vidět v Tab. 13, nejvyšší % dusíkatých látek v syrovém semeni bylo zjištěno u odrůdy *G. max* (34,9 %) následuje *L. albus*, *F. vulgaris*, *P. sativum* (Terno, Svit, Achat, Xantos) a u odrůdy *P. sativum* var. *arvenes* (Arkta) byla hodnota nejnižší.

Jak je uvedeno v Tab. 13, obsah se zvýšil ve všech dělohách, zároveň výrazně vzrostl také u většiny klíčků, ačkoli se snížil obsah sušiny v obou dělohách i klíčcích. Tento nárůst souvisí se zvýšenou aktivitou vody v průběhu klíčení a to kvůli hydrolytickým enzymům. Podobné výsledky byly zaznamenány u odrůd fazole Tepary a Winged [63,64].

Po 48 hodinovém klíčení se obsah dusíkatých látek zvýšil u většiny děloh v rozmezí od 23,1 do 48,0 %. Podle Trugo a kol.[65] bílkoviny klíčcích semen odrůd *G. max* a *L. albus* Multolupa z Brazílie po 48 hodinovém klíčení byly v rozmezí 41,5 a 34,9 %. U vzorků pěstovaných ve střední Evropě byl obsah dusíkatých látek v děloze nižší u odrůdy *G. max* (36,3 %) a vyšší u odrůdy *L. albus* (Amiga) (48,0 %). Nicméně, nastal významný nárůst dusíkatých látek u klíčků všech luštěnin ve srovnání se syrovými semeny, kromě odrůd *L. albus* (Amiga) a *G. max*. Nejvyšší zvýšení dusíkatých látek byl v klíčcích odrůdy *F. vulgaris* (Piešťanský) a to 64,9 % a nejnižší u odrůdy *G. max*, 32,9 %. Toto zvýšení dusíkatých látek v klíčcích může být způsobeno díky aktivitě proteolytických enzymů vyskytujících se v dělohách.

Přestože byla zaznamenána výrazná ztráta bílkovin a škrobu z dělohy při postupujícím klíčení, zdála se tato ztráta být rychlejší u bílkovin než škrobu. Výsledky této studie ukázaly na zvýšení dusíkatých látek v dělohách po 48 hodinovém klíčení, což může být způsobeno zvýšením přístupnosti bílkovin, po namáčení a klíčení v krátkém časovém období. Dále se ukazuje, že klíčení v krátkém časovém období může být výhodou, pokud

chceme zachovat bílkoviny v dělohách. Protože bylo zjištěno, že klíčivost po dobu 2, 4 nebo 6 dní (s nebo bez světla) způsobilo zvýšení nebílkovinného dusíku a přineslo podstatné snížení bílkovinného dusíku. To vše kvůli hydrolyze uložených bílkovin, která uvolňuje bílkoviny a volné aminokyseliny [66 – 69].

6.4.3 *In vitro* stravitelnost bílkovin a sušiny z dělohy a klíčků

Tab. 13 ukázala, že nejnižší *In vitro* stravitelnost bílkovin u syrového semene byla u odrůdy *P. sativum* var. *arvenes* (Arkta) a to 54,1 %. Nejvyšší byla u odrůdy *P. sativum* (Svit) a to 75,0 %, což je více než hodnota odrůdy *G. max*, která byla 74,9 %. Podobně, na základě hodnot, které jsou v Tab. 13, byla nejnižší *In vitro* stravitelnost sušiny zaznamenána u odrůdy *P. sativum* var. *arvense* (Arkta) a to 51,1 % a nejvyšší byla zaznamenána u odrůdy *G. max* a to 71,5 %.

Je zřejmé, že *In vitro* stravitelnost bílkovin (IVPD) v dělohách a klíčcích výrazně vzrostly ($P < 0,05$) po 48 hodinovém klíčení ve srovnání s naměřenými výsledky hodnot IVPD u syrových semen všech zkoumaných luštěnin. U IVPD se hodnoty klíčků všech studovaných luštěnin pohybovaly v rozmezí 86,7 – 93,4 %. U IVPD dělohy luštěnin se hodnoty pohybovaly v rozmezí od 79,1 % do 86,4 %, a toto patrné zvýšení v počátečním stadiu klíčení se shoduje s Indickým bobem v syrovém stavu. Zlepšení IVPD lze připsat rozsáhlé denaturaci bílkovin a destrukci trypsin inhibitoru. Dále pak také redukcí taninu a kyseliny fytové během klíčení. Hodnoty IVPD u studovaných děloh luštěnin, byly vyšší v porovnání s některými naklíčenými luštěninami. Např.: (green gram 72,4 %, Bengal gram 73,9 %, horse gram 73,8 %). Hodnoty IVPD jsou rozdílné u každého druhu luštěnin a značně se zlepšily s klíčivostí. Naměřené hodnoty jsou vyšší, než hodnoty naměřené u stravitelné sušiny ve všech testovaných luštěninách. Nízké IVPD v syrovém semeni, které se pohybovalo v rozmezí (54,0 – 75,0 %) ve srovnání s dělohami a klíčky může být způsobeno uzavřenou strukturou polysacharidů v semenech. Tyto struktury polysacharidů nemusí usnadnit pronikání trávicích proteolytických enzymů k trávicím proteinům. Dále je omezena náchylnost k hydrolyze trávicích proteáz, které mohou být způsobeny strukturální charakteristikou bílkovin. Přítomnost antinutričních složek obsažených v semenech, jako jsou trypsin inhibitor, lektiny, polyfenolické látky a přítomnost inter a intramolekulárních disulfidických látek může být důvodem pro nízkou stravitelnost syrových semen. IVPD

u syrových semen není závislá na množství dusíkatých látek nebo na obsahu aminokyselin a to může být dáno strukturou přítomných bílkovin [33,43,54,70 – 73].

Hodnoty *In vitro* stravitelnosti sušiny (IVDDM) se významně zvýšily v dělohách ($P < 0.05$), ve srovnání s příslušnými syrovými semeny u všech studovaných luštěnin, kromě odrůdy *F. vulgaris*, u které IVDDM v děloze nebyly významně odlišné ($P \geq 0,5$) od svých surových semen. Dále bylo zaznamenáno, že zvýšení IVDDM u klíčků se výrazně neliší ($P \geq 0,05$) s příslušnými dělohami odrůd *P. sativum* (Xantos a Svit) a *F. vulgaris*. Podobný nárůst IVDDM u klíčků odrůdy *P. sativum* (Achat) se výrazně neliší od svých surových semen. Z toho lze vyvodit závěr, že klíčivost může působit na uzavřené struktury polysacharidů v buněčné stěně semen, poškodit tyto struktury a tím usnadnit pohyb složek z buněčné stěny.

Tab. 13. Hodnoty stravitelnosti sušiny a dusíkatých látek v semenech, děloze a klíčku luštěnin po 48 hodinovém klíčení

Luštěniny	Odrůda		Sušina (% w/w)		Stravitelnost sušiny (%) *		Dusíkaté látky v sušině (% w/w)		Stravitelnost dusíkatých látek (%) *	
<i>Pisum sativum</i>	Terno	syř. seme.	90,7	± 0,01	58,3	± 2,51 ^a A	24,2	± 0,51	64,9	± 4,41 ^a A
		děloha	41,9	± 0,71	66,2	± 2,22 ^b A	25,5	± 0,54	83,7	± 4,18 ^b A,B
		klíček	12,3	± 1,49	75,3	± 1,88 ^c A	44,7	± 0,61	91,7	± 1,84 ^c A
	Xantos	syř. seme.	91,5	± 0,08	60,8	± 1,81 ^a A	21,9	± 0,47	62,6	± 4,40 ^a A
		děloha	38,6	± 0,50	70,6	± 2,40 ^b B	23,4	± 0,48	79,1	± 4,56 ^b A
		klíček	12,1	± 0,05	74,9	± 1,11 ^b A	47,4	± 0,52	88,2	± 2,81 ^c A
	Svit	syř. seme.	91,3	± 0,09	69,5	± 4,71 ^a B	23,1	± 0,35	75,0	± 3,55 ^a B
		děloha	39,6	± 0,49	79,2	± 5,36 ^b C	28,8	± 0,38	82,9	± 0,81 ^b A
		klíček	11,3	± 0,63	74,7	± 1,65 ^{a,b} A	62,5	± 0,39	91,4	± 1,71 ^c A
Achat	syř. seme.	91,5	± 0,10	69,5	± 3,71 ^a B	22,4	± 0,50	73,7	± 2,21 ^a B	
	děloha	40,1	± 0,55	79,3	± 4,14 ^b C	23,1	± 0,52	83,1	± 1,39 ^b A	
	klíček	10,4	± 0,66	71,1	± 1,37 ^a B	41,6	± 0,57	88,3	± 3,08 ^c A	
<i>Glycine max</i>		syř. seme.	93,5	± 0,11	71,5	± 2,31 ^a B	34,9	± 0,40	74,9	± 3,95 ^a B
		děloha	45,8	± 0,73	76,7	± 2,49 ^b C	36,2	± 0,41	86,4	± 0,48 ^b B
		klíček	20,3	± 1,07	82,9	± 1,98 ^c C	32,9	± 0,46	93,4	± 4,43 ^c A
<i>Lupinus albus</i>	Amiga	syř. seme.	92,1	± 0,07	69,6	± 0,47 ^a B	33,9	± 0,52	66,0	± 1,16 ^a A
		děloha	38,4	± 2,84	77,6	± 4,36 ^b C	48,0	± 0,60	80,3	± 1,04 ^b B
		klíček	26,8	± 1,05	85,2	± 2,49 ^c C	46,6	± 0,56	86,7	± 0,42 ^c B
<i>Pisum sativum</i> var. <i>arvense</i>	Arkta	syř. seme.	90,4	± 0,09	51,1	± 2,24 ^a C	21,5	± 0,39	54,1	± 3,84 ^a C
		děloha	49,8	± 1,36	56,5	± 2,84 ^b D	19,0	± 0,35	64,5	± 3,13 ^b C
		klíček	13,0	± 0,06	74,0	± 5,08 ^c B	20,2	± 0,40	90,3	± 2,19 ^c A
<i>Faba vulgaris</i>	Piešťanský	syř. seme.	91,7	± 0,16	67,8	± 3,88 ^a B	29,0	± 0,26	65,6	± 1,86 ^a A
		děloha	44,0	± 2,45	70,8	± 3,04 ^{a,b} B	34,7	± 0,30	82,4	± 4,74 ^b A
		klíček	20,3	± 0,96	76,7	± 4,10 ^b B	64,9	± 0,38	92,6	± 3,90 ^c A

Data jsou zobrazena v průměru ± SD; n=10

* Znaménka ve sloupci (odrůdy luštěnin) se stejnými horními indexem se příliš neliší ($P \geq 0.05$); znaménka ve sloupci (jednotlivé srovnání syrových semen, dělohy a klíčků vzorků luštěnin) se stejným velkým písmenem se také významně neliší ($P \geq 0.05$)

ZÁVĚR

Všechny luštěniny, které byly v práci analyzovány, vykazovaly vysokou nutriční hodnotu. Bylo zjištěno, že se nutriční hodnoty zlepšují, když se luštěniny nechají naklíčit. Jsou proto vhodnější jak pro výživu lidí, tak pro využití na krmné účely.

Nejvýznamnější zjištěné hodnoty v syrových semenech luštěnin:

- Obsah dusíkatých látek se pohyboval v rozmezí 21,5 – 34,4 %. Nejvíce zastoupenou frakcí byl albumin s obsahem 40,3 – 48,5 %. Následoval globulin 38,6 – 42,0 %, prolamin 3,5 – 5,3 % a glutelin 3,4 – 6,4 % z celkových extrahovaných dusíkatých látek. Ostatní frakce byly v rozmezí 2,8 – 7,2 %.
- Množství všech esenciálních aminokyselin, obsažených v syrových semenech luštěnin, byly srovnatelné s požadavky FAO/WHO. Jen obsah fenylalaninu se snížil u všech odrůd luštěnin. Odrůda *P. sativum* (Terno) obsahovala nejvyšší množství celkového obsahu esenciálních aminokyselin (95,1 g/16g N) ze všech testovaných luštěnin. Mezi odrůdami *P. sativum* byl nejvyšší obsah metioninu u odrůdy Terno a to 5 g/16g N.

Nejvýznamnější zjištěné hodnoty naklíčených semen luštěnin:

Klíčení po dobu 48 hodin způsobilo, v různém množství, zvýšení obsahu dusíkatých látek ve všech semenech v rozmezí 23,0 – 48,0 %. Jedinou výjimkou byla odrůda *P. sativum* var. *arvenes*, u které bylo zaznamenáno snížení na 19,5 %.

- Výrazný nárůst dusíkatých látek bych zaznamenán u klíčků všech luštěnin v porovnání se syrovými semeny. Největší nárůst byl zaznamenán u klíčků odrůdy *F. vulgaris* a to 64,94 %. Následovaly odrůdy *P. sativum* (Svit, Xantos, Achat), *L. albus*, *P. sativum* var. *arvenes* a nejnižší změna byla v odrůdě *G. max* 32,9 %.
- Nejvyšší obsah aminokyselin v děloze a klíčcích byl zaznamenán v odrůdě *P. sativum* (Xantos)
- Nejvyšší zvýšení fenylalaninu a alaninu byl pozorován v klíčcích *P. sativum* (Xantos) ve srovnání se syrovými semeny. Obsah alaninu se dále zvyšoval v koříncích odrůdy *P. sativum* (Achat) a *G. max*.
- Po 48 hodinovém klíčení došlo k výraznému zvýšení *In vitro* stravitelnosti bílkovin v rozmezí od 86,7 % do 93,4 % v klíčcích všech luštěnin. Stravitelnost byla u všech

odrůd po klíčení nad 80 % oproti syrovým semenům, kde se hodnoty pohybovaly v rozmezí od 54,1 % do 75 %.

Klíčení je nejlepší a nejlevnější způsob jak výrazně modifikovat kvalitu bílkovin syrových semen luštěnin. Po 48 hodinovém klíčení, byly rozdíly v obsahu bílkovin v dělohách a klíčcích znatelně vyšší, než u semen v syrovém stavu.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] PRUGAR, J. a kol. *Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí*. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, a. s. Praha: 2008. 327s. ISBN 978-80-86576-28-2.
- [2] LAHOLA, J. a kol. *Luskoviny, pěstování a využití*. Státní zemědělské nakladatelství, Praha: 1990. 223s. ISBN 80-209-0127-2.
- [3] HEROLDOVÁ, L. *Luštěniny*. [online]. Dostupný z WWW: <http://recepty.centrum.cz/varime/2003/11/25/clanky/lusteniny/> 26.4.2009
- [4] PETR, J. a kol. *Hrách a bob*. Státní zemědělské nakladatelství, Praha: 1973. 169s.
- [5] ŠLAISOVÁ, J. *Luštěniny*. [online]. Dostupný z WWW: <http://vladahadrava.xf.cz/lusteniny.html> 26.4.2009
- [6] MAYER, M. *Luštěniny od A do Z*. 1. vyd. Praha: Víkend, 2000, 117s. ISBN 80-7222-140-X.
- [7] DUDÍK, I. a kol. *Rostlinná výroba II*. 1. vyd. Praha: SZN, 1966, 494s. ISBN 07-061-66.
- [8] BERANOVÁ, M. *O luštěninách*. [online]. Dostupný z WWW: <http://dadala.hyperlinx.cz/lust/lusth.html> 26.4.2009
- [9] Hrách. [online]. Dostupný z WWW: <http://vfwww.vfu.cz/fvhe/vegetabilie/plodiny/czech/hrach.htm> 27.4.2009
- [10] Hrách setý. [online]. Dostupný z WWW: http://cernabizule.chytrak.cz/soubory/hrach_sety.htm 27.4.2009
- [11] VORLOVÁ, M. Hrách setý – *luštěnina jako přírodní anabolikum*. [online]. Dostupný z WWW: http://www.enviweb.cz/?env=puda_archiv_haddg/Hrach_sety_lustenina_jako_prirodni_anabolikum.html 28.4.2009
- [12] *Pisum Sativum*. [online]. Dostupný z WWW: <http://botanika.wendys.cz/kytky/K488.php> 3.5.2009
- [13] ADAMEC, J. *Situační a výhledová zpráva luskoviny*. Ministerstvo zemědělství České republiky, Praha: 2007. 27s. ISBN 978-80-7084-609-4

- [14] ASOCIACE PĚSTITELŮ A ZPRACOVATELŮ LUSKOVIN. *Metodiky pro pěstitelskou praxi, Hrách*. Ministerstvo zemědělství České republiky, Praha: 2007. 28s. ISBN 978-80-7084-666-7
- [15] Časopis Farmář. Hrách setý. Praha: prosinec 2008. 62s.
- [16] MEZLÍK, T. *Přehled odrůd, luskoviny*. ÚKZÚZ Brno: 2002. 60s. ISBN 80-86548-14-7
- [17] HORÁKOVÁ, V. BENEŠ, F. MEZLÍK, T. *Přehledy odrůd 2005, obilniny a hrách*. ÚKZÚZ Brno: 2005. 214s. ISBN 80-86548-65-1
- [18] HORÁKOVÁ, V. BENEŠ, F. MEZLÍK, T. *Seznam doporučených odrůd 2006, Přehled odrůd 2006*. ÚKZÚZ Brno: 2006. 224s. ISBN 80-86548-77-5
- [19] HORÁKOVÁ, V. KOPŘIVA, R. MEZLÍK, T. *Seznam doporučených odrůd 2006, Přehled odrůd 2008*. ÚKZÚZ Brno: 2008. 213s. ISBN 978-80-7401-004-0
- [20] Časopis Farmář. Odrůdová skladba hrachu polního, sóji, lupiny a bobu polního. Praha: září 2008. 86s.
- [21] OHANKA, R. *Hrách setý dřeňový*. 2006. [online]. Dostupný z WWW: <http://www.semo.cz/proficz/index.php?s=&druh=9&Hrach-sety-drenovy-5.5.2009>
- [22] SKLÁDANKA, J. VRZALOVÁ, J. *Multimediální výukové texty pícninářství*. Brno: 2006. [online]. Dostupný z WWW: <http://old.mendelu.cz/~agro/af/picniny1/uctext/sklady.php?odkaz=hrach.html> 5.5.2009
- [23] JANÍČEK, G., HALAČKA, K. *Základy výživy*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1985, 174s. ISBN 05003-85.
- [24] STUPKA, P. FIŠEROVÁ, H. ŠPAČKOVÁ, K. *Fitblog, luštěniny*. 2007. [online]. Dostupný z WWW: <http://www.fitblog.cz/lusteniny/> 7.5.2009
- [25] HRABĚ, J., ROP, O., HOZA, I. *Technologie výroby potravin rostlinného původu*. 1. vyd. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Academia Centrum, 2006. 178s. ISBN 80-7318-372-2.
- [26] VELÍŠEK, J. *Chemie potravin* 1. vyd. Tábor: Nakladatelství OSSIS, 1999, 352s. ISBN 80-902391-3-7.

- [27] CHLOUPEK, O., PROCHÁZKOVÁ, B., HRUDOVÁ, E. *Pěstování a kvalita rostlin*. MZLU v Brně: 2005. 178s. ISBN 80-7157-897-5
- [28] Luštěniny, šlechtění, hospodářské vlastnosti. [online]. Dostupný z WWW: http://www.agritec.cz/slechteni01_04.htm 29.4.2009
- [29] Hrách. [online]. Dostupný z WWW: <http://www.zeny.cz/magazin/ovoce-a-zelenina/hrach.aspx> 29.4.2009
- [30] Luštěniny. [online]. Dostupný z WWW: <http://recepty.centrum.cz/varime/2003/11/25/clanky/lusteniny/> 1.5.2009
- [31] JABLONSKÝ, I. *Pěstujeme klíčící osivo a výhonky*. Granda Publishing, a.s., Praha: 2005. 104s. ISBN 80-247-1114-1
- [32] PETROVÁ, Z. *Luštěniny, popelka v kuchyni*. [online]. Dostupný z WWW: <http://www.epuls.cz/vyziva/273-lusteniny-popelka-v-kuchyni> 3.5.2009
- [33] KHALIL, A. W., ZEB, A., MAHMOOD, F., TARIQ, S., KHATTAK, A. B., SHAH, H. Comparison of sprout quality characteristics of desi and kabuli type chickpea cultivars (*Cicer arietinum* L.) *LWT - Food Science and Technology*, 2007, vol. 40, 6, p. 937–945.
- [34] AOAC (1990). Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists (15th ed.) Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists
- [35] Manual for Auto-titration Kjeldahl distiller, Pro-Nitro 1430
- [36] IQBAL, A., KHALIL, A. I., ATEEQ, N., KHAN, S. M. Nutritional quality of important food legumes. *Food Chemistry*, 2006, vol. 97, p. 331–335.
- [37] VIJAYAKUMARI, K., SIDDHURAJU, P., JANARDHANAN. K. Nutritional assessment and chemical composition of the lesser known tree legume, *Acacia leucophloea* (Roxb.) Willd. *Food Chemistry*, 1994, vol. 50, p. 285–288.
- [38] APATA, D. F., OIOGHOBO, A. D. Biochemical evaluation of some Nigerian legume seeds. *Food Chemistry*, 1994, vol. 49, p. 333-338.
- [39] CHAU, C. F., CHEUNG, P.C.K., WONG, Y. S. (1998). Chemical composition of three under utilized legume seeds grown in China. *Food Chemistry*, vol. 61, p. 505–509.
- [40] Users's Manual, INGOS, Amino Acid Analyzer AAA 400, 2007.

- [41] BUNKA, F., HRABE, J., KRACMAR, S. The effect of sterilization on amino acid contents in processed cheese. *International Dairy Journal*, 2004, 14, 829–831.
- [42] TAIWO, K. A., AKANBI, O. C., AJIBOLA, O. O. The Effects of Soaking and Cooking Time on the Cooking Properties of Itvo Cowpea Varieties. *Jourml of Food Engineering*, 1997, vol. 33, 337–346.
- [43] CLEMENTE, A., VIOQUE, J., SA ´NCHEZ-VIOQUE, R., PEDROCHE, J., BAUTISTA, J., MILLA ´N, F. Factors affecting the in vitro protein digestibility of chickpea albumins. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2000, vol. 80, p. 79–84.
- [44] CHAVAN, U. D., MCKENZIE, D. B., SHAHIDI, F. Protein classification of beach pea (*Lathyrus maritimus* L.). *Food Chemistry*, 2001, 75, 145–153.
- [45] AGRESTI, A. (1984) Analysis of ordinal categorical data. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- [46] SNEDECOR, G. W. COCHRAN, W. G. Statistical methods applied to experiments in agriculture and biology Iowa, The Iowa State University Press. 1967.
- [47] BAUDOIN, J., MAQUET, A. Improvement of protein and amino acid contents in seeds of food legumes. A case study in Phaseolus. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 1999, vol. 3, p. 220–224.
- [48] DURANTI, M. Review Grain legume proteins and nutraceutical properties. *Fitoterapia*, 2006, vol. 77, 2, p. 67–82.
- [49] MUBARAK, A. E. Nutritional composition and antinutritional factors of mung bean seeds (*Phaseolus aureus*) as affected by some home traditional processes. *Food Chemistry*, 2005, vol. 89, 4, p 489–495.
- [50] FAO/WHO. (1991). Protein quality evaluation. In Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- [51] VASCONCELOS, I. M., SIEBRA, E. A., MAIA, A. A. B., MOREIRA, R. A., NETO, A. F., CAMPELO, G. J. A., & OLIVEIRA, J. T. A. Composition, toxic

- and antinutritional factors of newly developed cultivars of Brazilian soybean (*Glycine max*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 1997, vol. 75, 4, p. 419–426.
- [52] SUJAK, A., KOTLARZ, A., STROBEL, W. Compositional and nutritional evaluation of several lupin seeds. *Food Chemistry*, 2006, 98, 711–719.
- [53] UMOREN, U. E., ESSIEN, A. I., UKOREBI, B. A., ESSIEN, E. B. Chemical evaluation of the seeds of *Milletia obanensis*. *Food Chemistry*, 2005, vol. 91, p. 195–201.
- [54] ROZAN, P., KUO, Y. H., LAMBEIN, F. Amino acids in seeds and seedlings of the genus *Lens*. *Phytochemistry*, 2001, vol. 58, p. 281–289.
- [55] TAI, H. H., BUSH, R. S. Analysis of lupin seed protein digestibility using gel electrophoresis and immunoblots. *J Anim Sci*, 1997, 75, 1934–1940.
- [56] FRIAS, J., SONG, Y. S., VILLALUENGA, C. M., DE MEJIA, E. G. L., VALVADE, C. V. Immunoreactivity and amino acid content of fermented Soybean products. *Journal of Agriculture Food Chemistry*, 2008, vol. 56, p. 99–105.
- [57] SALO-VAANANEN, P. P., KOIVISTOINEN, P. E. Determination of protein in foods: comparison of net protein and crude protein (N x 6.25) values. *Food Chemistry*, 1996, vol. 57, p. 27–31.
- [58] COSTA, G. E. D. A., QUEIROZ-MONICI, K. D. S., REIS, S. M. P. M., OLIVERA, C. D. Chemical composition, dietary fibre and resistant starch contents of raw and cooked pea, common bean, chickpea and lentil legumes. *Food Chemistry*, 2006, vol. 94, 3, p. 327–330.
- [59] AGRETI, A. (1984) Analysis of ordinal categorical data. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- [60] MARTÍNEZ-VILLALUENGA, C., GULEWICZ, P., FRIAS, J., GULEWICZ, K., VIDAL-VALVERDE, C. Assessment of protein fractions of three cultivars of *Pisum sativum* L.: effect of germination. *Eur Food Res Technol*, 2008, vol. 226, p. 1465–1478.

- [61] ADEBOWALE, Y. A., ADEYEMI, I., OSHODI, A. A., NIRANJAN, K. Isolation, fractionation and characterisation of proteins from Mucuna bean. *Food Chemistry*, 2007, vol. 104, p. 287–299.
- [62] WATHELET, B. Nutritional analyses for proteins and amino acids in beans (Phaseolus sp.). *Env Biotechnol. Agron. Soc. iron*, 1999, 3, 197–200.
- [63] KING, R. D., PUWASTIEN, P. Effects of Germination on the Proximate Composition and Nutritional Quality of Winged Bean (*Psophocarpus tetragonolobus*) Seeds. *Journal of Food Science*. 1987, vol. 52, 1, p. 106–108.
- [64] OSMAN, M. A. Effect of Different Processing Methods, on Nutrient Composition, Antinutritional Factors, and in vitro Protein Digestibility of *Dolichos Lablab* Bean *Lablab purpureus* (L) Sweet], *Pakistan Journal of Nutrition*, 2007, vol. 6, 4, p. 299–303.
- [65] TRUGO, L.C., DONANGELO, C. M., TRUGO, N. M. F. BACH KNUDSEN, K.E. Effect of heat treatment on nutritional quality of heat-treated germinated legumes *J. Agric. Food Chem.* 2000, vol. 48, p. 2082–2086.
- [66] SHALABY, A. R. Changes in biogenic amines in raw and germinating legume seeds and their behavior during cooking. *Nahrung*, 2000, vol. 44, p. 23–27.
- [67] MINANIKAWA, T. Hydrolytic Enzyme Activities and Degradation of Storage Components in Cotyledons of Germinating *Phaseolus mungo* Seeds. *Bet. Mag. Tokyo*, 1979, vol. 92, p. 1–12.
- [68] OLOYO, R. A. Chemical and nutritional quality changes in germinating seeds of *Cajanus cajan* L. *Food Chemistry*, 2004, 85, p. 497–502.
- [69] URBANO, G., ARANDA, P., VILCHEZ, A., ARANDA, C., CABRERA, L., PORRES, J. S. M. Effects of germination on the composition and nutritive value of proteins in *Pisum sativum*, L. *Food Chemistry*, 2005a, vol. 93, p. 671–679.
- [70] EL-ADAWY, T. A. Nutritional composition and antinutritional factors of chickpeas (*Cicer arietinum* L.) undergoing different cooking methods and germination. *Plant Foods for Human Nutrition*, 2002, vol. 57, p. 83–97.

- [71] KHATOON, N., PRAKASH, J. Nutrient retention in microwave cooked germinated legumes. *Food Chemistry*, 2006, vol. 97, p. 115–121.
- [72] KUO, Y., ROZAN, P., LAMBEIN, F., FRIAS, J., VIDAL-VALVERDE, C. Effects of different germination conditions on the contents of free protein and non-protein amino acids of commercial legumes. *Food Chemistry*, 2004, vol. 86, p. 537–545.
- [73] RAMAKRISHNA, V., RANI, P. J., RAO, P. R. Nutritional quality of storage proteins during germination of Indian bean (*Dolichos lablab* var. *lignosus*) seeds. *International Journal of Food Science and Technology*, 2008, vol. 43, p. 944–949.
- [74] GAMARNIK, A., FRYDMAN, R. B. Cadaverine, an essential diamine for the normal root development of germinating soybean (*Glycine max*) seeds. *Plant Physiology*, 1991, vol. 97, p. 778–785.
- [75] TRUGO, L.C., DONANGELO, C. M., TRUGO, N. M. F. BACH KNUDSEN, K.E. Effect of heat treatment on nutritional quality of heat-treated germinated legumes *J. Agric. Food Chem.* 2000, vol. 48, p. 2082–2086.
- [76] AMARAKOON, R., The effect of cooking on nutritive quality of selected legumes, doctoral thesis 2009, p. 103

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ČR	Česká republika
EU	Evropská unie
AMK	Aminokyseliny
TIA	Trypsin inhibitor
LDL	Low-density lipoprotein
AAA	automatický analyzátor aminokyselin
IVPD	<i>In vitro</i> protein digestibility
DMD	Dry matter digestibility
OMD	Organic matter digestibility
DM	Dry matter
OM	Organic matter
rpm	Revolutions per minute
SD	Směrodatná odchylka
EA	Esenciální aminokyseliny
FAO	Food and Agriculture Organization
WHO	World Health Organisation
TEAA	Total esencial amino acid
TNEAA	Total nonesencial amino acid
TAA	Total amino acid
IVDDM	In vitro digestibility of dry matter

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Složení semene luštěnin.....	12
Obr. 2. Sója.....	16
Obr. 3. Hrách zahradní.....	18

SEZNAM TABULEK

Tab. 1. Obsah bílkovin v luskovinách.....	24
Tab. 2. Obsah esenciálních aminokyselin.....	25
Tab. 3. Průměrné složení semen luštěnin.....	26
Tab. 4. Průměrný obsah vitaminů v semenech luštěnin.....	27
Tab. 5. Průměrný obsah minerálních látek a stopových prvků v semenech luštěnin.....	27
Tab. 6. Základní složení syrových semen (v % w/w) některých druhů <i>P. sativum</i>	38
Tab. 7. Základní složení syrových semen (v % w/w) vybraných druhů.....	38
Tab. 8. Srovnání aminokyselin některých druhů <i>P. sativum</i>	40
Tab. 9. Srovnání aminokyselinového složení některých odrůd luštěnin.....	41
Tab. 10. Procentuální zastoupení bílkovinných frakcí.....	42
Tab. 11. Aminokyseliny obsažené v dělohách a klíčcích.....	46
Tab. 12. Aminokyselinová skladba v dělohách a klíčcích.....	47
Tab. 13. Hodnoty stravitelnosti sušiny a dusíkatých látek.....	59

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1. Srovnání aminokyselin u vzorku <i>P. sativum</i> (Terno).....	48
Graf 2. Srovnání aminokyselin u vzorku <i>P. sativum</i> (Xantos).....	49
Graf 3. Srovnání aminokyselin u vzorku <i>P. sativum</i> (Svit).....	50
Graf 4. Srovnání aminokyselin u vzorku <i>P. sativum</i> (Achat).....	51
Graf 5. Srovnání aminokyselin u vzorku <i>G. max</i>	52
Graf 6. Srovnání aminokyselin u vzorku <i>L. albus</i> (Amiga).....	53
Graf 7. Srovnání aminokyselin u vzorku <i>P. sativum</i> var. <i>arvenes</i> (Svit).....	54
Graf 8. Srovnání aminokyselin u vzorku <i>F. vulgaris</i> (Piešťanský).....	55

SEZNAM PŘÍLOH

PI - Vzorky luštěnin

PII - Odrůdy použité ke studii

PŘÍLOHA P I: OBRÁZKY VYBRANÝCH LUŠTĚNIN



Hrách polní



Cizna (římský hrách)



Fazole



Čočka



Sója

PŘÍLOHA P II: ODRŮDY POUŽITÉ VE STUDII [76]



Pisum sativum (Xantos)



Pisum sativum (Svit)



Pisum sativum (Achat)



Pisum sativum (Terno)



Pisum sativum var. *arvense* (Arkta)



Glycine max



Lupinus albus (Amiga)



Faba vulgaris (Piestansky)