

Možnosti stanovení antinutričních látek luštěnin

Mgr. Táňa Špetlová

Bakalářská práce
2014



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav technologie potravin

akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Mgr. Táňa ŠPETLOVÁ**

Osobní číslo: **T10892**

Studijní program: **B2901 Chemie a technologie potravin**

Studijní obor: **Chemie a technologie potravin-specializace
Technologie mléka a mléčných výrobků**

Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Možnosti stanovení antinutričních látek luštěnin**

Zásady pro vypracování:

1. Obecná a botanická charakteristika luštěnin, historie.
2. Chemické složení luštěnin.
3. Význam luštěnin ve výživě.
4. Charakteristika antinutričních látek luštěnin.
5. Možnosti stanovení antinutričních látek luštěnin.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

- [1] PAMPLONA ROGER, Jorge D. Encyklopedie léčivých potravin. Praha: Advent - Orion, 2004, 385 s. ISBN 80-717-2542-0.
- [2] STRÍDA, Josef a kol. Pěstování luskovin. Praha: Státní zemědělství, 1962. 236s.
- [3] STROSSEROVÁ, Alena a Jana DOSTÁLOVÁ. Luštěniny. Výživa a potraviny, 2009, 5, s. 66-67. ISSN 1211-846X.
- [4] KHATTAB Rabie, Y. a Susan D. Arntfield. Nutritional quality of legume seeds as affected by some physical treatments. Part 2. Antinutritional factors. LWT-Food Science and Technology. 2009, roč. 42, č. 6, s. 1113-1118. ISSN 0023-6438.
- [5] TICHÁ, Markéta a Petra VYZÍNOVÁ. Polní plodiny. Brno: VFU, 2006.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Zuzana Bubelová, Ph.D.

Ústav technologie potravin

Datum zadání bakalářské práce:

10. ledna 2014

Termín odevzdání bakalářské práce:

2. května 2014

Ve Zlíně dne 3. února 2014


doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan




doc. Ing. František Buňka, Ph.D.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: Mgr. Táňa Špetlová

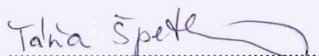
Obor: Chemie a technologie potravin – specializace Technologie mléka a mléčných výrobků

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užit své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 20. 4. 2014


.....

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlédnutí veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlídně k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá možnostmi stanovení antinutričních látek v luštěninách. První kapitola se věnuje obecné a botanické charakteristice nejpoužívanějších druhů luskovin, jako hrách, čočka, sója, cizrna, fazol, lupina, bob, vikev, hrachor a vigna. Druhá kapitola pojednává o chemickém složení luštěnin, blíže jsou charakterizovány proteiny, sacharidy, lipidy, minerální látky a vitaminy. Ve třetí kapitole je popisován význam luštěnin ve výživě, hodnota obsažené bílkoviny a vlákniny, role složení luštěnin v prevenci chronických onemocnění. Čtvrtá kapitola se zabývá obsaženými antinutričními látkami, jejich chemickou strukturou a účinkem na organizmus konzumenta. Jsou zde také zmíněny možnosti inaktivace antinutričních látek v rámci kulinární přípravy. Pátá kapitola obsahuje popis jednotlivých metod, které je možno použít pro stanovení antinutričních látek v luštěninách.

Klíčová slova: luštěniny, antinutriční látky, inhibitory trypsinu, kyselina fytová, taniny, saponiny, antivitaminy, alkaloidy, oligosacharidy, lektiny

ABSTRACT

This diploma thesis deals with the possibilities of determination of anti-nutritional factors in legumes. First chapter pursues to the general and botanical characteristics of the most widely used legumes like pea, lentil, soy, chick pea, common bean, lupine, faba bean, vetch, beach pea and yard long bean. Second chapter deals with chemical composition of legumes and closer characteristic of proteins, carbohydrates, lipids, minerals and vitamins. In the third chapter there is described the importance of legumes in nutrition, the value of contained proteins and fiber, and the role of the legume composition in prevention of chronic diseases. Fourth chapter deals with contained anti-nutritional factors, their chemical structure and their impact on consumer. There are also possibilities of inactivation of anti-nutritional factors within culinary treatment. Fifth chapter contains the description of methods used for detection of anti-nutritional factors in legumes.

Keywords: legumes, anti-nutritional factors, trypsin inhibitors, phyto acid, tannins, saponins, antivitamins, alkaloids, oligosaccharides, lectins

Chtěla bych tímto poděkovat vedoucí mé bakalářské práce Ing. Zuzaně Bubelové, PhD. za trpělivost, ochotu a cenné rady, které mi poskytla v průběhu zpracování práce.

Ráda bych také poděkovala své rodině za pomoc a podporu během celého studia.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	11
I TEORETICKÁ ČÁST	13
1 OBECNÁ A BOTANICKÁ CHARAKTERISTIKA LUŠTĚNIN.....	14
1.1 HISTORIE	14
1.2 BOTANICKÁ CHARAKTERISTIKA LUSKOVIN.....	16
1.3 CHARAKTERISTIKA NEJVÝZNAMNĚJŠÍCH DRUHŮ.....	17
1.3.1 Hrách setý (<i>Pisum sativum</i> L.)	17
1.3.2 Čočka jedlá (<i>Lens culinaris</i> Medic.).....	18
1.3.3 Sója luštinatá (<i>Glycine max.</i> Merr., syn. <i>Glycine sója</i> L.).....	19
1.3.4 Fazol obecný (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	20
1.3.5 Lupina bílá (<i>Lupinus albus</i> L.), lupina žlutá (<i>Lupinus luteus</i> L.) a lupina úzkolistá (<i>Lupinus angustifolius</i> L.).....	21
1.3.6 Bob obecný (<i>Faba vulgaris</i> , syn. <i>Vicia faba</i> L.).....	22
1.3.7 Vikev úzkolistá (<i>Vicia angustifolia</i>), vikev setá (<i>Vicia sativa</i>), vikev panonská (<i>Vicia pannonica</i>), vikev huňatá (<i>Vicia villosa</i>)	23
1.3.8 Hrachor setý (<i>Lathyrus sativus</i> L.)	24
1.3.9 Cizrna beraní (<i>Cicer arietinum</i> L.).....	24
1.3.10 Vigna (<i>Vigna Savi</i>)	25
1.4 SOUČASNÁ PRODUKCE A SPOTŘEBA LUŠTĚNIN	26
2 CHEMICKÉ SLOŽENÍ LUŠTĚNIN	29
2.1 BÍLKOVINY	29
2.2 SACHARIDY.....	31
2.3 LIPIDY	32
2.4 VITAMINY	33
2.5 MINERÁLNÍ LÁTKY	33
2.6 ANTINUTRIČNÍ LÁTKY	34
2.7 LÁTKY VYVOLÁVAJÍCÍ POTRAVNÍ NESNÁŠENLIVOST	34
3 VÝZNAM LUŠTĚNIN VE VÝŽIVĚ	35
4 CHARAKTERISTIKA ANTINUTRIČNÍCH LÁTEK LUŠTĚNIN	38
4.1 INHIBITORY PROTEÁZ	38
4.1.1 Inhibitory Kunitzova typu	39
4.1.2 Inhibitory Bowmanova-Birkova typu.....	39
4.1.3 Mechanismus účinku inhibitorů proteáz.....	39

4.2	ANTIVITAMINY.....	40
4.3	OLIGOSACHARIDY.....	40
4.4	LEKTINY.....	41
4.5	KYSELINA FYTOVÁ.....	41
4.6	ALKALOIDY.....	43
4.7	TŘÍSLOVINY.....	43
4.8	SAPONINY.....	43
4.9	LATHYROGENY.....	44
4.10	FYTOESTROGENY.....	44
4.11	TOXICKÉ PYRIMIDINY.....	45
4.12	MOŽNOSTI INAKTIVACE ANTINUTRIČNÍCH LÁTEK.....	45
5	MOŽNOSTI STANOVENÍ ANTINUTRIČNÍCH LÁTEK LUŠTĚNIN.....	46
5.1	INHIBITORY TRYPSINU.....	46
5.1.1	Elektroforéza na polyakrylamidovém gelu.....	46
5.1.2	Spektrofotometrie.....	47
5.1.3	Sloupcová chromatografie.....	48
5.2	STANOVENÍ KYSELINY FYTOVÉ.....	48
5.2.1	Nespecifické metody.....	49
5.2.2	Chromatografické metody.....	49
5.2.3	Kapilární izotachoforéza.....	50
5.2.4	Spektrofotometrie.....	50
5.3	STANOVENÍ SAPONINŮ.....	51
5.3.1	Denzitometrie.....	51
5.3.2	HPLC.....	52
5.4	STANOVENÍ TANINŮ.....	53
5.4.1	Sloupcová chromatografie a spektrofotometrie.....	53
5.4.2	Spektrofotometrie (kolorimetrie).....	53
5.5	STANOVENÍ OLIGOSACHARIDŮ.....	54
5.5.1	Sloupcová chromatografie a refraktometrická detekce.....	54
5.6	STANOVENÍ LEKTINŮ.....	55
5.6.1	Hemaglutinace.....	55
5.7	STANOVENÍ LATHYROGENŮ.....	55
5.7.1	HPLC a spektrofotometrie.....	55
5.8	STANOVENÍ ALKALOIDŮ.....	56
5.8.1	Bezvodá kapilární elektroforéza – hmotnostní spektrometrie.....	56
	ZÁVĚR.....	57
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	58
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	63
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	65
	SEZNAM TABULEK.....	66

ÚVOD

Luštěniny jsou zralá suchá semena luskovin, jednoletých i víceletých rostlin z čeledi bobovitých (*Fabaceae*). Ačkoliv jsou luštěniny v našem jídelníčku již tisíce let, až výzkumy z posledních let poukazují na jejich jedinečné složení. Jsou zdrojem velmi kvalitní rostlinné bílkoviny a dále obsahují komplex sacharidů, rozpustnou i nerozpustnou vlákninu, esenciální vitaminy, minerální látky a také polyfenolické látky jako flavonoidy a izoflavony, které mají antioxidační účinky. Obsah těchto látek je řadí mezi funkční potraviny s příznivým účinkem na zdraví konzumenta. V kombinaci s obilovinami poskytují tělu plnohodnotné bílkoviny.

Přes tyto příznivé účinky na naše zdraví je spotřeba luštěnin v České republice velmi nízká, pouze okolo 2 kg na osobu za rok, i když celosvětový průměr je 7 kg na osobu za rok. Jednou z hlavních příčin je obsah některých antinutričních látek, které snižují stravitelnost luštěnin a dostupnost ostatních živin. Mezi tyto antinutriční látky řadíme inhibitory trypsinu, antivitaminy, α -galaktooligosacharidy, lektiny, kyselinu fytovou, alkaloidy, třísloviny, saponiny aj. Přítomnost oligosacharidů způsobuje nadýmání po konzumaci luštěniny, které je jednou z hlavních příčin jejich nízké spotřeby.

Inhibitory proteáz svou přítomností potlačují proteolytickou aktivitu trávicích enzymů. Důsledkem může být až vyčerpání rezerv sirných aminokyselin v organismu. Antivitaminy různými mechanismy eliminují biologické účinky vitaminů. Mohou být strukturními analogy vitaminu a reagovat tak s příslušným apoenzymem, který zabezpečuje jeho transport. Antivitaminem může být také enzym, který přemění vitamin na jeho neúčinnou formu, nebo může blokovat účinek vitaminu tvorbou komplexu, který organismus nedokáže využít. Oligosacharidy jsou hlavní příčinou flatulence po konzumaci luštěnin. Lektiny jsou toxické látky, které se váží na sacharidové složky glykoproteinů nebo glykolipidů buněčných membrán a způsobují tak aglutinaci červených krvinek. Kyselina fytová tvoří s minerálními prvky soli – fytáty – a tím se snižuje jejich biologická dostupnost pro organismus. Alkaloidy snižují požitelnost luštěnin, dávají jim hořkou a kovovou chuť. Pro třísloviny je typické, že vytváří komplexy s proteiny, a tím snižují jejich stravitelnost. Nadměrná konzumace pak může vést až k poškození ledvin a jater. Negativní účinek saponinů spočívá ve zvýšení propustnosti buněčné membrány červených krvinek, v důsledku čehož dochází k hemolýze. Lathyrogeny jsou neurotoxické aminokyseliny, které mohou způsobit nevratné poškození nervové soustavy. Fytoestrogeny se strukturou i účinkem po-

dobají estrogenům. Požití luštěnin s obsahem toxických pyrimidinů se může projevit jako tzv. favismus, který je důsledkem poškození membrán erytrocytů.

Pro zvýšení nutriční hodnoty luštěnin a redukci obsahu antinutričních látek, lze ale použít běžně dostupné způsoby kulinární úpravy, které podstatně sníží jejich obsah. Jsou to například nakličování semen, máčení ve vodě, vaření a z průmyslově využitelných metod to může být toastování, pražení za sucha nebo extruze.

Před stanovením antinutričních látek je potřeba je z luštěnin vhodně vyizolovat. Nejčastěji se používá extrakce, jednostupňová nebo vícestupňová, případně v kombinaci s ionexovou chromatografií. K nejběžněji používaným metodám stanovení antinutričních látek v luštěninách patří elektroforéza, spektrofotometrie, vysokoúčinná kapalinová chromatografie, sloupcová chromatografie, izotachoforéza a bezvodá kapalinová elektroforéza.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 OBECNÁ A BOTANICKÁ CHARAKTERISTIKA LUŠTĚNIN

Luštěniny jsou zralá suchá semena luskovin, jednoletých rostlin patřících do čeledi bobovitých (*Fabaceae*). Patří mezi staré kulturní plodiny a jsou jedním z tradičních zdrojů bílkovin ve výživě lidí. Ve srovnání s obilninami obsahují až trojnásobný obsah bílkovin. Vysoký obsah bílkovin má i nadzemní biomasa. V České republice ale nejsou velmi oblíbené, jejich spotřeba je pouze okolo 2kg/osobu/rok. Hlavním důvodem nízké spotřeby je přítomnost antinutričních látek, které způsobují trávicí potíže. Vzhledem k vysokému obsahu bílkovin, vlákniny, vitaminů i minerálních látek, by měly být do našeho jídelníčku zařazovány častěji [1,2,3].

Pro středoevropské podmínky jsou důležité hlavně hrách, fazol, bob, lupina, sója, čočka a vikev. Dle některých autorů je sója zařazována mezi olejninu. U všech jmenovaných rodů se rozlišuje několik druhů, poddruhů, pěstitelských forem, variet a také stovky odrůd s nejrůznějším použitím a uplatněním a to hlavně v potravinářství a krmivářství. Z dalších odvětví to jsou škrobárenství nebo farmaceutický průmysl. V osevním postupu zlepšují půdní strukturu, zvyšují biologickou činnost půdy a obohacují ji atmosférickým dusíkem [1,2,4].

Luskoviny můžeme zařadit do našeho jídelníčku v mnoha podobách a to jako suchá zralá semena (po tepelné úpravě), semena nebo lusky v nezralém stavu pro další zpracování, nebo jako zelenina. Pro krmení zvířat má význam i celá nadzemní biomasa. Některé druhy se dají použít pouze k zelenému hnojení nebo pro pícní účely, jiné mají úlohu okrasnou [1,2].

1.1 Historie

Jak dokazují nálezy z lokality Santa Maira ve Španělsku, které jsou staré 12 až 19 tisíc let, byly luskoviny člověku známé rozhodně dříve, než se začalo s jejich pěstováním. Hrách, vikev nebo hrachor byl součástí stravy lovců a sběračů již na konci doby ledové. Většina luskovin má svůj původ v Asii, některé pak ve střední a Jižní Americe a jsou konzumovány již několik tisíciletí. Jsou však mladší než obiloviny. Hrách (*Pisum sativum var. arvensis*, *Pisum elatius*) byl pěstován na Blízkém východě a ve Starém Řecku již před devíti tisíci lety (Hacilar, 7000 př.n.l.) a do Evropy se začal šířit v 6 – 5. tisíciletí př.n.l. Kulturní odrůdy hrachu je možno odvozovat od druhu *Pisum elatius*, který se vyskytuje jako plevel na Kavkaze v Gruzínsku a Středomoří [2].

Fazol je prastará kulturní plodina Amerických Indiánů a do Evropy ji v 16. století přivezli Španělé. V 17. století již byla hojně rozšířena. První zmínky o sóji jsou v knihách z Číny a jako kulturní plodina se pěstuje již 5000 let. Do Evropy se dostala až v 18. století a to do pařížské botanické zahrady. Nejdříve se začala pěstovat v Itálii, poté ve Francii, Německu a Maďarsku a postupně byly vyšlechtěny odrůdy vhodné i pro chladnější severní oblasti. Dnes patří mezi nejvýznamnější luštěniny. Čočka (*Lens esculenta*) pochází pravděpodobně z *Lens nigricans* nalezené na Blízkém východě 7000 př.n.l. Na americký kontinent se ale dostala až v poslední době a například v Kanadě se z ní za krátkou dobu stala velmi důležitá exportní komodita. Bob, lupinu a vikev pěstovali již staří Římané [1,2,5].

Tak jako u jiných rostlin, proces domestikace a pěstování luskovin vedl k morfologickým změnám, které připomínají postupy výběru při současných šlechtitelských programech. V případě luskovin byly hlavními kritérii výběru nepukavé lusky, větší semena, hladké a tenčí osemení a eliminace obsahu antinutričních a toxických látek. Po druhé světové válce se naši šlechtitelé začali intenzivně zabývat luštěninami a řada nových odrůd měla i své zahraniční renomé. Hlavním cílem šlechtění je zvýšení výnosů a jejich větší stabilita [5].

Dnes je možné uvádět do oběhu stovky odrůd, které jsou uvedeny ve Společném katalogu odrůd EU. Nová odrůda musí projít registračním řízením, a pokud vyhoví všem podmínkám, je zapsána do Státní odrůdové knihy České republiky. V současné době je šlechtění realizováno na pracovištích a.s. Selgen (polní hrách, peluška a bob), SEMO a.s. (zahradní hrách, fazol) a ve firmě Agritec s.r.o. (hrách, bob). V roce 2013 bylo ve Státní odrůdové knize zapsáno 68 odrůd polních luskovin a to 38 odrůd hrachu, 10 bobu, 5 lupiny, 4 vikev a 11 odrůd sóji [1,6].

Rozvoj GMO odrůd sóje umožnil prudký nárůst její produkce a extrahované šroty (z výroby rostlinných olejů) jsou dnes hlavním zdrojem bílkovin pro krmivářský průmysl. Sója patří mezi plodiny s největším zastoupením z hlediska GMO. V USA nebo Číně není jejich použití nijak regulováno, ale Evropa se snaží GMO potravinám bránit a snaží se i omezit dovoz sójových GMO pokrutin, což by v konečném důsledku mělo dopad i na cenu vepřového a drůbežího masa [7].

1.2 Botanická charakteristika luskovin

V přírodě se nachází asi 650 rodů s přibližně 18 tisíci druhy luskovin. Počet kulturních druhů je ale malý. Luskoviny mohou být jak dřeviny, které převládají v tropech a subtropích, tak i byliny, které se vyskytují převážně v chladnějších pásmech.

U nás pěstované luskoviny náleží do čeledi vikvovité (*Viciaceae*), která se dále dělí na:

- **bobovité** (*Fabaceae*) – hrách setý, bob obecný, čočka, vikev, cizrna
- **fazolovité** (*Phaseoleae*) – fazol obecný, sója luštinatá
- **kručinkovité** (*Genisteae*) – vlčí bob
- **čičorkovité** (*Coronilleae*) – podzemnice olejná, seradela

K nejvýznamnějším rodům patří *Pisum* – hrách (*P. sativum*), *Glycine* – sója (*G. max*), *Lens* – čočka (*L. esculenta*), *Phaseolus* – fazol (*Ph. vulgaris*, *Ph. coccineus*), *Faba* – bob (*F. vulgaris*), *Lupinus* – vlčí bob (*L. albus*, *L. luteus*, *L. angustifolius*, *L. polyphyllus*), *Vicia* – vikev (*V. angustifolia*, *V. sativa*, *V. pannonica*, *V. villosa*, *V. narbonensis*). Z dřevnatých druhů se u nás vyskytuje *Robinia pseudoacacia* (akát bílý), která pochází ze Severní Ameriky a sází se v parcích a alejích. Další okrasné dřeviny z této čeledi jsou *Sophora Japonka* (jerlín japonský), *Laburnum anagyroides* (štědřenec neboli čilimník odvislý), *Wisteria speciosa* a *Wisteria sinensis* (vistárie) [8,9].

Tvar, velikost i zbarvení semene jsou typické pro jednotlivé druhy a odrůdy luskovin. Semeno se skládá z osemení a klíčku, endosperm většinou chybí. Zásobní látky pro výživu klíčící rostliny jsou uloženy ve dvou zárodečných lístcích klíčku, dělohách, které vyplňují převážnou část semene. Slupka se skládá 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. Pro luskoviny je typický silný kulový kořen, jehož mohutnost, větvení a hloubka zakořenění je typická pro jednotlivé druhy [8].

Mezi dvěma dělohami je uložen klíček. K nabobtnání a klíčení vyžadují luštěniny vodu v množství 80 – 140 % hmotnosti semene. Klíček se skládá z vrcholového pupenu a zárodku kořínku. Luskoviny klíčí hypogeicky nebo epigeicky. Hypogeické klíčení znamená, že dělohy zůstávají v půdě, zatím co při epigeickém klíčení jsou vynášeny nad povrch půdy. Lodyha může být vzpřímená, nepoléhavá (vlčí bob, keříčkovitý fazol obecný, sója, cizrna,

čočka), nebo ovíjívá (fazol šarlatový). Většina odrůd hrachu setého, vikve a hrachoru má lodyhu poléhavou a novější genotypy hrachu polovysokého vzrůstu mají lodyhu vystoupavou. Průřez lodyhou je okrouhlý (fazol, sója, vlčí bob) nebo čtyřhranný (vikev, čočka, cizrna), hrách má nezřetelně hranatou lodyhu. Větvení lodyhy může být prvního až třetího řádu a v závislosti na druhu, výživě a povětrnostních podmínkách dochází k větvení buď na bázi, na celé délce lodyhy anebo v její horní části [8].

1.3 Charakteristika nejvýznamnějších druhů

1.3.1 Hrách setý (*Pisum sativum* L.)

Hrách je jeden z nejrozšířenějších druhů luskovin a je pěstován v celém mírném pásmu až do 67. rovnoběžky severní šířky. V celosvětovém měřítku má pěstování hrachu narůstající trend, hlavně díky nárůstu ploch v Kanadě. Pěstuje se jako jarní jednoletá plodina, ozimé formy u nás špatně přezimují. V současné době existuje minimálně 42 kombinací poddruhů a variet hrachu setého, některé názvy jsou ovšem synonyma a teprve v současné době je systematika upravována prostřednictvím molekulárních metod identifikace DNA. Rod *Pisum* zahrnuje 2 botanické druhy, *Pisum sativum* L. a *Pisum fulvum* Sibth. A Sm. [1,2,7].

Pisum fulvum se vyskytuje pouze jako planá forma bez výraznějšího hospodářského použití, vykazuje však výjimečnou rezistenci k houbovým chorobám, která může být využita ke šlechtění nových odolnějších odrůd. *Pisum sativum* L. se dále člení na 2 poddruhy *P. sativum* subsp. *sativum* (hrách setý – polní) a *P. sativum* subsp. *arvense* (hrách rolní – peluška). Poddruh *sativum* zahrnuje 3 variety: *sativum*, *medullare* a *saccharatum*. Všechny tyto tři variety jsou hospodářsky významné a mají i odlišné využití. Suchá semena variety *sativum* – hrách setý polní – jsou využívána jako potravina, pochutina nebo krmivo, či průmyslová surovina pro výrobu škrobu a zelené rostliny jsou zkrmovány přímo, nebo použity na výrobu siláže. Semena variety *medullare* Alef. – hrách dřeňový – ve stádiu tzv. „mléčné zralosti“ jsou zeleninou a zpravidla se konzervují. V ČR se pěstuje asi na ploše 1000 ha. Varieta *Saccharatum* Ser. – hrách cukrový – se používá pro konzum celých zelených lusků jako plodová zelenina a je pěstován převážně na zahrádkách. Jeho květy jsou na rozdíl od ostatních variet barevné [1,2].

Hrách rolní je jediným zástupcem subsp. *arvense*. Jeho celé rostliny jsou využívány ke krmení hospodářských zvířat formou píce a je vhodný k silážování. Zralá semena obsahují

22 – 28 % dusíkatých látek, 46 – 56 % škrobu, 5 – 7 % vlákniny, kolem 3 % tuku, větší množství enzymů, vitaminů A₁, B₁, B₂, C, lecitin a v klíčcích vitamin E [8,9].

Hrách setý je jednoletá rostlina vysévaná na jaře, ale existují i ozimé formy. Klíčí hypogeicky a jeho kulový kořen sahá do hloubky 80 – 125 cm. Hlízky se tvoří nepravidelně na celém kořenovém systému. Lodyha může být poléhavá nebo vystoupavá, zpravidla lysá a neztetelně hranatá se slabým až středním větvením. List je zpravidla sudozpeřený, 1 – 3jařmý a ukončený aktivními úponky. V úžlabí listového řapíku jsou různé velké a tvarované palisty, barva listů a palistů je od žlutozelené přes šedo zelenou až po tmavě zelenomodrou, s voskovým povrchem nebo bez něj. Barva květu je u většiny bílá a kvete odspodu nahoru. Převládá samosprašení. Lusk je 40 – 90 mm dlouhý a obsahuje 3 – 11 semen různého tvaru [8].

Vysoká výnosová schopnost hrachu je dána geneticky, velmi důležité jsou i stanovištní podmínky. Nejvhodnější jsou mírné polohy se středními, dobře rozloženými srážkami. Při bobtnání a klíčení potřebuje vláhu, která se rovná 100 – 105 % hmotnosti semene. Nejkritičtějším obdobím v požadavcích na vláhu je počátek tvorby generativních orgánů. Nedostatek vláhy v tomto období se projeví zvýšeným opadem květů a nižším počtem vyvinutých semen. Minimální teplota pro klíčení je 3 °C, jarním mrazíkům hrách odolává. Půda je nejvhodnější hlinitá, hlinitopísčítá nebo písčito hlinitá, pro náročnější velkozrnné odrůdy i hlinitojílovitá, s dostatečným obsahem vápníku, draslíku a fosforu. Nedostatek vápníku zhoršuje vařivost zrna. Nejvhodnější je půda neutrální nebo s mírně kyselou reakcí. Nevhodné jsou půdy těžké, zamokřené nebo silně zapevlené. Vzhledem k nerovnoměrnému dozrávání, které je způsobeno biologii kvetení, se při určování vhodné doby sklizně řídíme hlavně obsahem sušiny, která může být v závislosti na počasí 40 – 60 %. K usnadnění sklizně semen hrachu se někdy využívá desikace, tj. chemické vysoušení rostlin [2,8].

1.3.2 Čočka jedlá (*Lens culinaris* Medic.)

Patří do stejné čeledi jako hrách setý (*Viciaceae*) a rodu *Lens* Tourn., který zahrnuje také čtyři planě rostoucí variety (subsp. *nigricans*, var. *tenorei*, var. *schnittopalmi* a var. *himalayensis*). Je to jednoletá plodina, která je samosprašná a má slabý kořenový systém. Přesto odolává lépe nedostatku srážek než hrách. Lodyhu má vzpřímenou, jemnou, dorůstající výšky 20 – 60 cm a slabě poléhající. Na bázi je značně rozvětvená a průřez má čtyřhranný. List je sudozpeřený, první 2jařmý, horní 3 – 6jařmý a je zakončený jednoduchou úponkou. Barva lístků může být světle až tmavě zelená a mohou být hladké nebo s ochlupením.

V úžlabí listů jsou na lodyze malé palisty. Barva květů může být bílá, růžová, světle modrá a fialová a květy rostou po 2 až 3 na dlouhých stopkách. Lusky jsou krátké a široké, kosočtvercového tvaru, ploché a lysé a v jednom luskou mohou být 1 – 3 semena [1,2,8].

Pro své kulinářské vlastnosti je u nás ze všech luskovin nejvyhledávanější. Má vysokou nutriční hodnotu s průměrným obsahem dusíkatých látek 22 – 26 %. Nezanedbatelný je i obsah vitaminů skupiny B a minerálních látek, nejvíce železa [1].

Čočka vyžaduje lehké hlinitopísčité nebo písčitohlinité půdy, které jsou dobře zásobené vápnem s neutrální reakcí. Průměrné roční teploty by měly být okolo 8 °C a srážky spíše nižší, zvláště v období kvetení a zrání. Pokud je chladné počasí, zpomaluje se růst a méně nasazuje lusky. Semeno začíná klíčit při 4 – 5 °C. Pro čočku se doporučuje dělená sklizeň a pouze za příznivých povětrnostních podmínek. Nejvyšší je zrna z lusků ve spodní a střední třetině [8].

1.3.3 Sója luštinatá (*Glycine max.* Merr., syn. *Glycine sója* L.)

Sója je řazena mezi luskoviny i olejniny. Má velmi široké uplatnění a patří mezi vysoce ceněné komodity světového obchodu. Hlavním produktem výroby je olej pro potravinářské účely, sójové extrahované šroty (pokrutiny) se používají jako krmivo pro všechna hospodářská zvířata. Z u nás pěstovaných luskovin má nejvyšší obsah dusíkatých látek. Přírodní podmínky v ČR nejsou pro pěstování sóji ideální, je to plodina značně náročná na teplo a zároveň vyžaduje dostatek srážek, především v generativním období. Ke značnému pokroku v pěstování sóji ve světě přispěly odrůdy na bázi GMO, jejichž použití není v některých zemích legislativně regulováno. V roce 2006 tyto odrůdy zaujímaly přes 50 % sklizňové plochy ve světě [1,8].

Rod *Glycine* zahrnuje velký počet druhů, které rostou planě v Asii, Africe a Americe. U nás je zastoupena pouze jedním druhem, a to sója luštinatá (*Glycine max.*). Je to rostlina jednoletá samosprašná a dorůstá do délek od 20 do 200 cm. Má křovitý kořen, který nesahá příliš hluboko, ale vytváří bohatou síť postranních kořenů, které mohou pronikat až do hloubky 2 metrů. Lodyha je pevnější přímá, nebo slabší popínavá, srstnatá, s dlouze řapíkatými, trojčetnými a také srstnatými listy. Barva ochlupení je charakteristická pro daný genotyp. Květy mohou být bílé, fialové, žluté, růžové až červené a jsou uspořádány v hroznu. Dozrávají v srstnaté, 30 – 60 mm dlouhé lusky, se 3 – 5 semeny vejčitého tvaru a žluté, nazelenalé, hnědé až černé barvy. Tvar lusků může být přímý nebo srpovitě zahnutý [2,8,9].

Semena obsahují 30 – 36 % bílkovin a 12 – 25 % tuku. Dále obsahuje 4 – 6 % popelovin a 22 – 26 % sacharidů. Z vitaminů jsou zastoupeny hlavně vitaminy skupiny B, dále vitamin D i E. Sójový olej je velmi dobře stravitelný a využitelný v lidském organismu. Sójová bílkovina obsahuje vysoké množství esenciálních aminokyselin s příznivým poměrem pro lidskou výživu a může z části nahradit živočišnou bílkovinu. V potravinářství se využívají celá semena, nebo se z nich vyrábí mouka různé tučnosti, bílkovinné koncentráty i izolované sójové bílkoviny. Sójový olej je také obsahuje 1 – 3 % směsi fosfatidylcholinu a jiných přírodních fosfolipidů (fosfatidyletanolamin, fosfatidylserin, fosfatidylinositol), které jsou souhrnně nazývány lecitin [2,8,9,10,11].

Sója vyžaduje půdy středně těžké až lehčí hlinité, s dobrou zásobou živin a vápníku, biologicky činné. V chladnějších polohách volíme chráněné jižní svahy, protože snáší jarní mrazíky pouze do -2 °C. Semeno klíčí při minimální teplotě 8 – 9 °C. Nejlepší předplodinou jsou pro sóju brambory, cukrovka nebo kukuřice na zno [2].

1.3.4 Fazol obecný (*Phaseolus vulgaris* L.)

Ačkoliv je ve světě po sóji druhou nejpěstovanější luskovinou, u nás se již nepěstuje z důvodu nerentabilní produkce. Rod *Phaseolus* má asi 36 druhů s vlastnostmi blízkými rodu *Vigna*. Fazol obecný se pěstuje pouze pro potravinářské účely a zkrmuje se pouze odpad získaný při úpravě semen nebo poškozená semena. Odrůdy bez pergamenové blány u chlopní se využívají jako plodová zelenina [1,8,12].

Fazol obecný je jednoletá samosprašná rostlina s krátkým kulovým kořenem, který se větví mělce pod povrchem půdy. Podle vzrůstu lodyhy rozlišujeme dvě varianty: fazol obecný keříčkovitý (var. *nanus*), který má lodyhu od spodu bohatě větvenou (dlouhou asi 45 cm, nebo ukončenou slabými, vybíhajícími ovíjivými úponky) a fazol obecný popínavý (var. *vulgaris*, sym. *communis* Ascher) s ovíjivou lodyhou dlouhou až 4 m. Klíčí epigeicky, první pravé listy jsou jednoduché, srdčité a další trojčetné, různého tvaru. Velikost i intenzita zeleného zbarvení a ochlupení je charakteristická pro daný genotyp. Květenství je hrozen, složený z 2 – 15 květů jedné nebo dvou barev, a vyrůstá na dlouhé stopce z úžlabí listů nebo ve vrcholném květenství. Květení postupuje od spodu nahoru a trvá asi 22 – 30 dnů. Lusk je dlouhý 60 – 200 mm, tvar může být rovný, prohnutý, mečovitý nebo zobákovitě ukončený. Chlopně lusku mají vyvinutou pergamenovou vrstvu, anebo jsou bez ní. V lusku je 2 – 10 semen různého tvaru (kulovitý, elipsovité, válcovitý, ledvinovitý) [1,8].

Oproti ostatním luskovinám je fazol náročnější na pěstební podmínky. Vyžaduje půdy biologicky činné s dostatkem přístupných živin, lehké a propustné, písčitohlinité nebo hlinito-písčité s dostatkem živin a vápníku, neutrální nebo slabě alkalické. Fazol je rostlina teplo-milná, která se dá pěstovat do nadmořské výšky 300 – 400 m. Semena začínají klíčit při teplotách 8 – 10 °C, vzcházející rostliny nesnesou delší pokles teploty pod -0,5 °C. Závlaha na počátku růstu má pozitivní vliv, při dozrávání naopak velké vlhko škodí. Pěstovat se dá téměř po všech plodinách, nejvhodnější je řazení mezi dvě obiloviny nebo po hnojených okopaninách. Semena se sklízí v době, kdy lusky i celé rostliny zasychají, listy opadly a semena jsou úplně zralá a vybarvená. Je možné použít desikaci [8].

Fazol zahradní se u nás pěstuje ve dvou formách jako: *Phaseolus vulgaris* var. *communis* (pnoucí, tyčkový) a var. *nanus* (nízký, keříčkový). Lusky fazolu zahradního mají vysokou konzumní kvalitu, jsou bez vlákna a pergamenové vrstvy a jsou lehce stravitelné. Čerstvé lusky obsahují 4 – 9 % dusíkatých látek, 0,6 – 2 % cukrů, 0,1 – 0,2 % tuku, 0,5 – 1 % popelovin a 1 – 3 % celulózy, důležitý je i obsah vitaminů A (ve 100 g čerstvé hmoty až 700 mg), B₁ (10 – 15 mg), B₂, C (25 – 30 mg) a E a glukoninu, který snižuje hladinu cukru v krvi. Zelené lusky fazolu zahradního se pěstují pro denní konzum i pro konzervářenské zpracování, po uvaření nesmí obsahovat více než 0,1 % hrubé vlákniny. Barva lusků může být zelená nebo žlutá, stálá po uvaření nebo zmrazení. Zralá semena obsahují 23 – 27 % bílkovin [2,8].

1.3.5 Lupina bílá (*Lupinus albus* L.), lupina žlutá (*Lupinus luteus* L.) a lupina úzkolistá (*Lupinus angustifolius* L.)

Lupiny jsou staré kulturní plodiny s původem ve Středozeří. Využívají se hlavně ke krmným účelům (suchá semena i pícnina), pouze malá část se zpracovává na mouku k potravinářským účelům. Přídavek lupinové mouky k obilné mouce se využívá na zvýšení nutriční hodnoty pečiva, protože lupina má druhý nejvyšší obsah bílkovin ze všech luštěnin, a to po sóje. Také skladba bílkovin je velmi dobrá, srovnatelná jen se sójou. Ceněn je i vyšší obsah tuku pozoruhodné jakosti [3].

Pěstování lupiny nebylo v ČR nikdy velmi rozšířené, a to zejména pro obsah alkaloidů v semenech i celé rostlině. I když se šlechtitelům podařilo snížit jejich obsah až pod 0,005 %, zavedení „sladkých lupin“ do praxe nebylo velmi úspěšné. Snížením obsahu alkaloidů došlo i ke snížení jejich ochranné funkce pro rostlinu a porosty pak byly často napadány hou-

bovými chorobami. I tento problém již šlechtitelé úspěšně vyřešili a lupiny můžeme v našich klimatických podmínkách považovat za velmi perspektivní plodiny [1].

Rod *Lupinus* zahrnuje asi 200 jednoletých i vytrvalých druhů, ale hospodářsky významné jsou ve střední Evropě pouze tři kulturní druhy: lupina bílá (*Lupinus albus* L.), lupina žlutá (*Lupinus luteus* L.) a lupina úzkolistá (*Lupinus angustifolius* L.). Původní jednoleté plané druhy se vyskytují v oblasti Středozemního moře. Kořen vlčího bobu je silný, kulový a hluboko pronikající, středně rozvětvený. Lodyha je vzpřímená, silná a vysoká 40 – 180 cm. Může být různě silně rozvětvená, ochlupená, šedozeleň až zelená. Listy jsou dlouze řapíkaté, dlanitě mnohočetné se 7 – 15 lístky, které mohou být čárkovité, podlouhle oválné až vejčité, celokrajné, ochlupené. Na bázi listu jsou malé palisty a květenství je vrcholový hrozen. Květy jsou velké a různých barev, lusk zploštělý, kožovitý, ochlupený a kopíruje semena [8,9,13].

Semena lupiny obsahují 28 – 45 % dusíkatých látek, 4 – 12 % tuku a 6 – 10 % vlákniny. Nešlechtěné druhy obsahují mnoho škodlivých alkaloidů jako lupinin, lupein, spartain a další. Potravinářské odrůdy obsahují alkaloidů jen nepatrné množství [8,13].

Vlčí bob bílý je poměrně náročný na teplo a dostatek vláhy. Také na půdní podmínky si klade větší nároky než ostatní druhy. Nejvhodnější jsou písčitohlinité a hlinité půdy s dostatkem vláhy, na obsah vápna náročný není a snáší i neutrální půdní reakci. Má dlouhou vegetační dobu (130 – 180 dnů) a za nepříznivých povětrnostních podmínek hůře dozrává. Vlčí bob úzkolistý je méně náročný na teplo i vláhu a má kratší vegetační dobu (120 – 135 dnů). Vlčí bob žlutý je středně náročný na teplo a nenáročný na půdu a vláhu, ale je velmi citlivý na obsah vápna v půdě. Ideální pH půdy je 4,5 – 6,0. Agroekologické podmínky v ČR nejlépe vyhovují lupině úzkolisté [8,13].

1.3.6 Bob obecný (*Faba vulgaris*, syn. *Vicia faba* L.)

Bob obecný je tradiční luskovinou Starého světa s původem v severní Africe, v oblasti okolo Středozemního moře a jihozápadní Asii. Přesto, že přírodní podmínky v ČR jsou pro jeho pěstování vyhovující, dosahuje v praxi poměrně nízkých výnosů vzhledem k potenciálu vyšlechtěných odrůd. Patří do čeledi *Viaceae*, rodu *Vicia* L. s asi 140 druhy, mnohé z nich jsou plané. Dle velikosti semen pak druh *Vicia faba* dále členíme na varietu malosemennou (*Vicia faba* var. *minor*), se středně velkým semenem (*Vicia faba* var. *equina* – bob koňský) a varietu s velkými semeny (*Vicia faba* var. *major*) [1,9].

Zralá semena se využívají hlavně pro krmné účely a jejich krmná hodnota je vysoká. Zrno obsahuje 32 – 34 % hrubých bílkovin, 6 – 7 % vlákniny, 47 – 51 % bezdušíkatých látek výtahových a 3,5 % popelovin. Má vysoký obsah lyzinu. Má však i některé antinutriční látky, které do jisté míry limitují jeho zastoupení v krmných směsích. Kromě krmných účelů je využíván i v potravinářství, a to ve formě suchých semen k přípravě vařených pokrmů, nebo k nakličování pro zdravou výživu. Zelené lusky mohou být použity i jako plová zelenina [3,8].

Bob obecný je jednoletá rostlina, která je fakultativně cizosprašná. Kořen má hluboko pronikající, kulový, s bohatou sítí postranních kořenů. Klíčí hypogeicky. Má jarní i ozimé formy a ozimý bob přezimuje ve stádiu jednoosé lodyhy se 2 – 3 páry listů. Na jaře větší hlavní osa zanikne a vytvoří se 2 – 5 rovnocenných postranních větví, které dorůstají do výšky 60 – 90 cm. Lodyha je vzpřímená, nepoléhavá, čtyřhranná a lysá. List je šedozelelý, sudozpeřený, první párový, další 2 – 3jařmý a je ukončen krátkým hrotem. Palisty jsou malé. Květenství je hrozen se 2 – 9 květy se základní bílou barvou a s tmavou skvrnou na křídlech. Lusk je dle genotypu 30 – 200 mm dlouhý, válcovitý nebo zploštělý, rovný nebo prohnutý. Uvnitř je plstnatý se 3 – 9 semeny. Tvar semene může být kulovitý, oválný i zploštělý, různé barvy [8,9].

Výnosy semene jsou značně závislé na průběhu počasí. Bob obecný je také náročnější na pěstitelské podmínky než například hrách. Daří se mu na hlinitých až hlinitopísčitých půdách, spíše těžších a dobře zásobených živinami a vodou. Zamokření však nesnáší. Půdní reakce má být neutrální nebo slabě kyselá. Poruchy ve výživě a růstu se projevují při pH nižším než 5,5, a proto je úprava pH základním agrotechnickým opatřením [3,8].

1.3.7 Vikev úzkolistá (*Vicia angustifolia*), vikev setá (*Vicia sativa*), vikev panonská (*Vicia pannonica*), vikev huňatá (*Vicia villosa*)

Vikve patří mezi luskoviny pěstované výhradně pro krmné účely. V ČR se moc nepěstují, ale v Austrálii nebo Francii se opětovně dostávají do zájmu šlechtitelů. Vznikla z vikve úzkolisté (*Vicia angustifolia*), která u nás roste planě na loukách. U nás jsou známy tři druhy a to vikev setá (*Vicia sativa*), vikev panonská (*Vicia pannonica*) a vikev huňatá (*Vicia villosa*). Ve Středomoří je ještě využívána vikev narbonská (*Vicia narbonensis*). Vikve huňatá a vikev panonská jsou ozimé druhy, vikev setá se seje na jaře. Vikve huňatá v zelené hmotě obsahuje v době plného květu průměrně 16 % sušiny, 3,8 % dusíkatých látek a 7,3 škrobových jednotek. Semeno obsahuje 25 – 27 % dusíkatých látek a 70 škro-

bových jednotek. Není náročná na podmínky pěstování, významná je i možnost pěstování na lehkých písčitých půdách. Je to jednoletá až dvouletá rostlina, která klíčí hypogeicky. Lodyha dosahuje délky až 2 metrů i více a je hranatá, slabá a tedy silně poléhavá. List je sudozpeřený 5 – 13jařmý a zakončený úponkou. Lístky jsou podlouhlé, ochlupené nebo lysé a bývají zakončené krátkým hrotem. Palisty jsou malé a na spodní straně mají medníky. Na dlouhé stopce bývá až 30 květů a barva květů může být červenofialová, modrofialová, růžová nebo bílá. Lusk je plochý, asi 25 mm dlouhý a obsahuje 3 – 8 semen. Semeno je kulovité a černé [3,8,9].

1.3.8 Hrachor setý (*Lathyrus sativus* L.)

Hrachor setý je převážně pěstován v teplých a suchých oblastech jižní Evropy a severní Afriky, jeho hlavní předností je suchovzdornost. Praktické uplatnění mají tři druhy: hrachor setý (*Lathyrus sativus* L.), hrachor cizrnový (*Lathyrus cicera* L.) a hrachor vonný (*Lathyrus odoratus* L.). Hrachor setý má využití potravinářské i krmivářské, chuťově však nedosahuje jakosti hrachu, hrachor cizrnový se pěstuje na píci a hrachor vonný pouze jako okrasná rostlina. Semeno obsahuje 25 – 29 % bílkovin, 1,5 % tuku, 3,5 % popela, 22 % vlákniny a 43 % sacharidů. V semenech hrachoru se vyskytuje aminokyselina ODAP (β -N-oxalyl-L- α,β -diaminopropionová kyselina), která při jednostranné výživě hrachorem může způsobovat onemocnění nervové soustavy. Má silnou, středně se větvící poléhavou lodyhu s délkou až 150 cm. Listy jsou sudozpeřené, 1jařmé, květ bílý a umístěný po jednom až dvou na kratších stopkách a je samosprašný. Kratší široký lusk osahuje 2 – 5 hranatých semen velikosti velkozrnného hrachu [1,2,14].

1.3.9 Cizrna beraní (*Cicer arietinum* L.)

Cizrna je významnou luskovinou teplých a suchých oblastí světa (stepní a subtropický pás), protože tyto podmínky jsou pro ostatní jedlé luskoviny nevyhovující. Pochází pravděpodobně z jihovýchodní Evropy a Malé Asie, původ není zcela znám. U nás se dříve pěstovala v malém měřítku i na jižní Moravě, ale v současnosti se pouze pokračuje ve šlechtění krmných odrůd. Do ČR se dováží semena převážně z Turecka. Po sóji a fazolu je to třetí nejpěstovanější luskovina ve světě [1,3,14].

Lodyha je silně rozvětvená, nepoléhavá a dorůstá do výšky 30 – 100 cm. Listy jsou lichozpeřené a složené z malých vejčitých lístků s pilovitým okrajem. Celá rostlina je porostlá chloupky, které vylučují tekutinu s obsahem kyseliny šťavelové a jablečné. Květy jsou

drobné a jsou po jednom na květních stopkách. Lusky krátké a měchýřovitě vyduté s jedním až dvěma kulatými semeny [2,14].

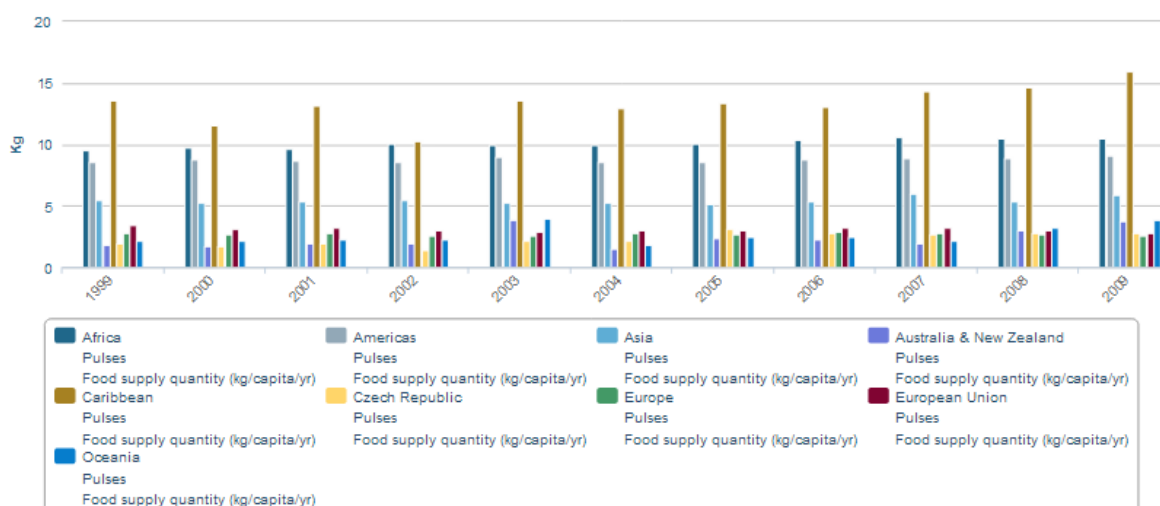
Semena obsahují 22 – 30 % bílkovin, 4,7 – 8,2 % tuku, 3,5 % popela, 20 % vlákniny a 52,5 % sacharidů. Z vitaminů jsou to vitamin A, B₁ (0,477 mg na 100 g), B₂ (0,212 mg na 100 g), niacin, B₆, kyselinu listovou, vitamin C a E. Z minerálních prvků vápník (105 mg), hořčík 115 mg), fosfor, železo, draslík a zinek. Z dalších obsahových látek jsou to chalkonové deriváty a jednoduché kumariny (např. dafnetin). Jsou vhodná jako potravina i krmivo. Odrůdy se semenem světlé barvy (varieta „kabuli“) se v potravinářství využívají k výrobě konzerv, makaronů, salámů, cukrářských výrobků, kávových náhražek a mouka z nich se přidává do mouky chlebové nebo se semena využívají i k přímé spotřebě po uvaření. Odrůdy s tmavými semeny „desi“ se ve světě používají jako součást krmných směsí, protože obsahují okolo 23 % proteinů. Z mladých rostlin se v Indii připravuje i salát nebo špenát, pro vysoký obsah kyselin v zelené hmotě není vhodný na píci [1,2,14,15].

1.3.10 Vigna (*Vigna Savi*)

Rod *Vigna* je typickým příkladem nepřesné taxonomie a nomenklatury, která ještě není dokončena. V minulosti byla zpravidla vedena jako druh fazol zlatý (*Phaseolus aureus*) nebo *Phaseolus radiatus*. Sjednocujícím názvem by se měla do budoucna stát *Vigna radiata*, neboli vigna zlatá, někdy česky též vigna mungo. Tento rod obsahuje 170 druhů plazivých nebo keřovitých bylin původně z tropických oblastí Afriky, Indie, Asie i Ameriky. V Asii se pro semena pěstuje převážně *Vigna unguiculata* Walp. Druh *Vigna vexillata* Benth. tvoří hlízy, které mají podobné použití jako brambory nebo batáty. Nejpopulárnějším druhem je *Vigna sesquipedalis* Fruw. (vigna dlouhoplodá). Je to tropická až subtropická 2 – 4 m vysoká luskovina s popínavou lodyhou, trojčetnými, dlouze řapíkatými listy a modrými nebo bílými květy. Pěstuje se pro lusky dlouhé 30 – 100 cm, které se konzumují jako zelenina. V jihovýchodní Asii je vigna jednou z nejpěstovanějších a nejoblíbenějších zelenin, ze které se připravují polévky, saláty nebo přílohy masitých jídel, i jiné místní pokrmy. Vigna zlatá je jednoletá teplomilná rostlina, ale je možné ji pěstovat i v našich podmínkách. Rostlina je vysoká 20 – 80 cm, lodyha je červenohnědá a ochlupená. Listy jsou dlouze řapíkaté, trojčetné a také ochlupené. Květenstvím je hrozen s 5 – 6 květy. Lusk obsahuje 6 až 10 semen, která jsou asi 5 mm dlouhá, olivově zelené nebo červené barvy [1,16].

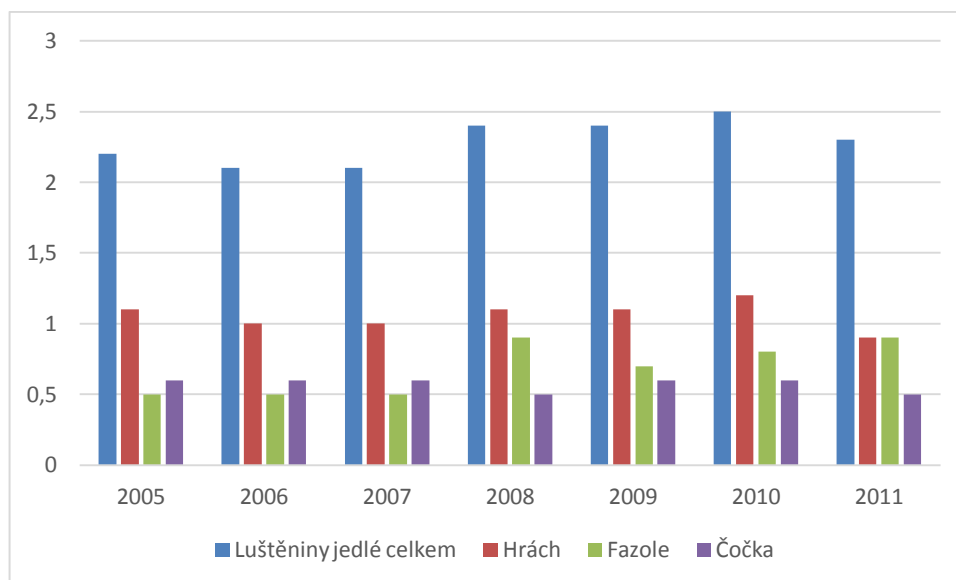
1.4 Současná produkce a spotřeba luštěnin

Průměrná roční spotřeba na osobu se dle údajů FAO (Food and Agriculture Organization), v různých oblastech světa, pohybuje mezi 2 a 20 kg luštěnin na rok. Spotřeba ve vybraných částech světa v letech 1999 až 2009 je uvedena na obrázku Obr. 1. Novější data nebyla na stránkách FAO k dispozici. Příčiny tak velkého rozdílu ve spotřebě jsou v dostupnosti produkce a cenové relace na trhu. Významné jsou i rozdíly vznikající určitým historickým vývojem ve struktuře složek stravy, například pravidla některých náboženských vyznání zakazující nebo omezující konzumaci masa určitých hospodářských zvířat. Pro tyto obyvatele se pak luštěniny staly jedním z hlavních zdrojů bílkovin. V neposlední řadě jsou to také ekonomické důvody, kdy se bílkoviny živočišného původu stávají ekonomicky méně dostupnými [1,17].



Obr. 1. Průměrná roční spotřeba luštěnin na osobu za rok ve vybraných částech světa – převzato z [17]

V ČR je konzumace luštěnin velmi nízká, přibližně okolo 2 kg na osobu za rok, v posledních letech mírně stoupla ke 2,5 kg, zatímco celosvětový průměr je okolo 7 kg na osobu za rok. Průměrná spotřeba vybraných luštěnin v posledních letech je znázorněna na Obr. 2.



Obr. 2. Průměrná spotřeba luštěnin ve výživě obyvatel České republiky (v kg/ obyvatele/rok) – převzato z [18]

Nejvíce luskovin je dle údajů FAO v současné době pěstováno v Africe a Asii. Jsou to jak druhy celosvětového významu (sója, fazol), tak plodiny snášející extrémní podmínky, zejména sucho a teplo (cizrna, vigna) nebo i druhy vhodné do spíše chladnějších a vlhčích oblastí jako bob a hrách. Nejpěstovanější luskovinou je ve světovém měřítku sója, druhá je fazol. Nejvýznamnějšími producenty sóji jsou v současné době USA, Brazílie, Argentina, Čína a Indie. Celosvětová výměra sóji v letech 2012/2013 byla dle odhadu USDA (United States Department of Agriculture) 108,97 mil. ha. Celosvětová sklizňová plocha ostatních luskovin na zrno je dle statistiky FAO okolo 74 milionů ha. Zemí s nejvyšší produkcí luštěnin je Indie (asi 15 milionů ha). Indie je také na prvním místě v celosvětové spotřebě luštěnin. Světová produkce semen hrachu se pohybuje okolo 10 milionů tun ročně. Mezi největší producenty patří Kanada, Čína, Rusko a Indie. Čína je zároveň i největším celosvětovým producentem bobu. Největší pěstitelské plochy lupiny jsou v současné době v Austrálii, v Evropě se lupina pěstuje hlavně v Německu a Polsku. Čočka je nejvíce pěstována v Indii, Kanadě a USA [1,19].

V EU zaujímají luskoviny plochu v rozsahu 1 – 7 % orné půdy. Hlavní luskoviny pěstované v EU se v kontextu evropské legislativy v rámci SZP (Společná zemědělská politika) nazývají proteinové plodiny. Jedná se konkrétně o hrách, bob a lupinu, tj. plodiny bohaté na bílkoviny, využívané jak k průmyslové výrobě krmných směsí tak i krmiv pro hospodářská zvířata na farmách. Největší plochy proteinových plodin se nachází ve Francii, Špa-

nělsku, Velké Británii, Německu a Itálii. Produkce těchto pěti států tvoří cca 80 % veškeré produkce EU 27 [19].

Ze statistiky Ministerstva zemědělství České republiky vyplývá, že v posledních pěti letech produkce luskovin kolísá mezi 39 – 63,6 tis. tun na osevní ploše o velikosti 20 – 31 tis. ha. Ještě v letech 1990/91 byla roční produkce luskovin 152 tis. tun na ploše 56,6 tis. ha. Například čočka byla pěstována jen na menší ploše (do 2000 ha), a to hlavně ve třech oblastech – Poohří, Polabí a Třebíčsko, ale jelikož nebyla schopna překonat zahraniční konkurenci, přestala se u nás pěstovat úplně. Příčinou jsou hlavně nízké výnosy a obtížná sklizeň, která je doprovázena vysokými sklizňovými ztrátami. Dalším důvodem je nízká rentabilita pěstování luskovin oproti zrninám a dovoz levných sójových pokrutin. Pro pěstování luskovin je v současné době využívána plocha asi 2 % z veškeré zemědělské půdy [1,7,19].

2 CHEMICKÉ SLOŽENÍ LUŠTĚNIN

Ačkoliv jsou luštěniny v našem jídelníčku již tisíce let, až výzkumy z posledních desítek let poukazují na jejich jedinečné složení. Kromě toho, že jsou velmi kvalitním zdrojem rostlinných bílkovin, dále obsahují komplex sacharidů, rozpustnou vlákninu, esenciální vitaminy, minerály a polyfenolické látky jako flavonoidy, izoflavony, lignany. Obsah těchto látek je předurčuje být funkční potravinou s příznivým účinkem na zdraví konzumenta. Chemické složení vybraných luštěnin je uvedeno na Obr. 3. [20,21]

Tabulka. 1.8.1.: Průměrné obsahy živin v semenech hlavních druhů luštěnin							
Druh luskoviny	Sušina	Organická hmota	NL	Tuk	Vláknina	BNLV	Popel
	%						
Hrách	86,6	83,8	22,7	1,9	6,0	53,5	3,0
Bob	85,7	82,5	25,4	1,5	7,1	48,5	3,2
Lupina bílá	91,1	85,6	36,6	9,0	11,8	28,5	5,5
Sója	90,0	85,3	33,2	17,5	4,4	30,2	4,7
Druh luskoviny	K	P	Mg	S	Na		
	g.kg ⁻¹						
Hrách	9,9	3,8	1,3	1,0	0,6		
Bob	11,8	5,3	1,3	0,8	0,4		
Lupina bílá	9,0	5,4	2,5	2,3	0,6		
Sója	15,4	6,7	3,4	2,3	0,3		

Zdroj: Lahola, 1990
 NL- dusíkaté látky; BNLV- bezdusíkaté látky výtažkové

Obr. 3. Průměrný obsah živin v semenech hlavních druhů luštěnin [1]

2.1 Bílkoviny

Průměrný obsah bílkovin se pohybuje mezi 20 – 25 g ve 100 g semen, u sójových bobů je to až 40 g ve 100 g. „Hrách je prvotřídní potravinou a krmivem a svým vysokým obsahem bílkovin se blíží masu“, charakterizoval význam hrachu Hruška v roce 1955. Již římsí legionáři se po celodenním pochodu posilovali právě hrachem, protože 0,75 kg hrachu poskytně tělu stejné množství energie jako 2,5 kg masa. Nejvíce zastoupené aminokyseliny v luštěninách jsou kyselina asparagová, asparagin, kyselina glutamová a glycin, nejméně obsahují sirných aminokyselin (cystein, metionin) a tryptofanu [1,15,22,23]. Obsah vybraných aminokyselin u některých luštěnin je znázorněn v Tab. 1.

Tab. 1. Obsah vybraných aminokyselin (v g vztaženo na 16 g dusíku) – převzato z [22]

aminokyselina	Sója	Čočka	Hrách	Fazole
Ala	4,3	4,3	4,1	4,2
Arg	7,2	8,7	9,5	5,7
Asx	11,7	11,6	11	12
Cys	1,3	0,9	1,1	0,8
Glx	18,7	16,6	16,1	14,8
Gly	4,2	4,2	4	3,8
His	2,5	2,7	2,3	2,8
Ile	4,5	4,3	4,3	4,2
Leu	7,8	7,6	6,8	7,6
Lys	6,4	7,2	7,5	7,2
Met	1,3	0,8	0,9	1,1
Phe	4,9	5,2	4,6	5,2
Pro	5,5	4,3	3,9	3,6
Ser	5,1	5,3	4,3	5,6
Thr	3,9	4	4,1	4
Trp	1,3	1,5	1,4	1,4
Tyr	3,1	3,3	2,7	2,5
Val	4,8	5	4,4	4,6

Například u hrachu jsou dusíkaté látky zastoupeny především globuliny (45 – 50, resp. 60 %) a ostatní frakce (albuminy, nerozpustné bílkoviny a nebílkovinná frakce) představují přibližně stejné množství (15 – 20 %) z celkového dusíku. Dusík v nebílkovinné formě tvoří asi 3 – 6 % z celkového množství. Nejvyšší obsah bílkovin z běžně konzumovaných luskovin má lupina. Jejich obsah je až dvojnásobný, v porovnání s jinými luskovinami a pohybuje se od 28 % do 48 % [24,25].

Globuliny hrachu jsou zastoupeny leguminem a vicilinem. V sójových bobech je obsah proteinů tvořen až z 80 % globuliny, z nichž nejvýznamnější je glycinin. Proteiny lupiny jsou z 80 – 90 % zastoupeny globuliny (α -conglutin, β -conglutin, γ -conglutin), v malém množství jsou to prolaminy a gluteliny, tedy ve vodě nerozpustné bílkoviny. Globuliny jsou slabě kyselé bílkoviny, nerozpustné ve vodě, ale rozpustné ve zředěných roztocích solí, kyselin a zásad. Vysolují se síranem amonným a za tepla koagulují. Albuminy jsou neutrální bílkoviny, které se dobře rozpouští ve vodě a vysolují se z vodného roztoku síranem amonným. Při teplotě nad 75 °C nevratně koagulují [22,25].

2.2 Sacharidy

Sacharidy jsou v luštěninách zastoupeny monosacharidy, oligosacharidy i polysacharidy [26]. Hlavními monosacharidy luštěnin jsou glukóza a fruktóza. Čerstvá semena fazolí obsahují asi 0,1 – 1,1 % glukózy, semena hrachu 0,3 % a semena sóji 0,04 – 0,2 % glukózy. Obsah fruktózy ve fazolích je 0,1 – 1,2 %, v hrachu okolo 0,2 % a v sóji od 0,5 % do 3,2 %. Z disacharidů se v luštěninách ve větším množství vyskytuje sacharóza, a to v rozmezí 1,3 % v sušině (čočka nebo vigna mungo) až po 7,7 % v sušině sóji. Luštěniny, stejně jako jiné potraviny rostlinného původu, obsahují α -galakto-oligosacharidy. Jsou to rafinóza, stachyóza, verbaskóza, ajugóza a další, které již nemají triviální názvy. Tyto oligosacharidy jsou deriváty sacharózy nebo melibiózy a jsou hlavní příčinou nadýmání po konzumaci luštěnin [22].

Obsah škrobu v luštěninách se pohybuje od 11 % do 57 % v sušině. Semena hrachu setého obsahují 46 – 56 % škrobu, fazol obecný 50 – 57 %, sója 22 – 26 % a lupina bílá 11 – 13 % škrobu v sušině. Geneticky modifikované odrůdy hrachu polního mohou obsahovat až 72 % škrobu, dřeňový hrách až 88 %. Škrob je rezervní polysacharid, který je uložen v rostlinných pletivech ve formě škrobových zrn. Škrobová zrna jednotlivých druhů se liší tvarem i stavbou. Pro luštěninové škroby je charakteristický vysoký obsah amylózy [1,27].

Nutriční hodnota škrobu je ovlivněna strukturou molekuly a také modifikací upravující biologickou dostupnost (mechanická, tepelná nebo chemická). Podle stravitelnosti dělíme škrob na rychle stravitelný škrob, pomalu stravitelný škrob a rezistentní škrob (RS). Rychle a pomalu stravitelné škroby jsou ve výsledku zcela hydrolyzovány. Tepelně upravené škroby jsou tráveny rychleji, ale jejich energetická hodnota se neliší od nativních škrobů. Naproti tomu rezistentní škroby nejsou štěpeny v tenkém střevě, ale přechází až do střeva tlustého. Řadí se mezi nevyužitelné polysacharidy a mají tak podobnou funkci jako vláknina. V tlustém střevě může být metabolizován střevní mikroflórou na sekundární produkty. Rezistentní škrob v luštěninách řadíme mezi fyzikálně nepřístupný škrob. Je součástí buněčných stěn nebo proteinové matrice a není zpřístupněn enzymové hydrolýze. Po vhodné tepelné úpravě je pomalu, ale zcela stravitelný. Fazol zahradní obsahuje 2 % RS přepočteno na 95 % sušiny, fazol obecný 0,9 % RS na 93 % sušiny a fazol mořský 19,7 % RS na 100 % sušiny. U luštěnin, které obsahují v syrovém stavu vysoké množství RS, po tepelné úpravě jeho množství výrazně klesá. Naopak u luštěnin s nízkým obsahem RS v syrovém

stavu, jeho množství po tepelné úpravě výrazně stoupne (u fazolu obecného na 32,3 % v sušině). To pravděpodobně souvisí s retrogradací amylozy [27].

Luštěniny jsou dobrým zdrojem rozpustné i nerozpustné formy vlákniny. Například fazole obsahují 16,8 – 21,5 % vlákniny v sušině, z toho rozpustná vláknina tvoří 7,2 – 12,4 % a nerozpustná 9,1 – 9,6 %. 100 gramů fazolí poskytne více než polovinu DDD (doporučená denní dávka) vlákniny pro dospělého člověka. Obsah celkové vlákniny v dalších luštěninách je: hrách 6 %, bob 7,1 %, sója 4,4 %, vikev 6 % a vlčí bob 12 – 13 %. Mezi rozpustnou vlákninu řadíme některé hemicelulózy, v luštěninách to jsou glukomannany a galaktomannany, které se řadí převážně k rostlinným gumám. Rozpustné jsou také pektiny (fazole 0,5 %) a slizy. K nerozpustné vláknině patří celulóza, lignin a některé nerozpustné hemicelulózy. Nerozpustná vláknina zvětšuje množství tráveniny, zkracuje dobu jejího průchodu trávicím traktem, povzbuzuje motilitu střev a tím snižuje riziko střevních chorob (zácpa, hemoroidy, žaludeční a dvanáctníkové vředy, rakovina střev a konečníku). Rozpustná vláknina zpomaluje vstřebávání glukózy v tenkém střevě a tím brání náhlému vzestupu hladiny glukózy v krvi, což je důležité hlavně u diabetiků. Luštěniny tedy splňují dietetické požadavky diabetiků lépe, než jiné potraviny, a pokud jsou konzumovány ve větším množství, dá se s jejich pomocí do určité míry cukrovce i předcházet. Rozpustná vláknina se také podílí na snižování hladiny cholesterolu v krvi, protože ho váže ve žluči. Tím se snižuje i riziko kardiovaskulárních onemocnění způsobených vysokou hladinou cholesterolu [8,12,15,22,24].

Obsah celulózy v luštěninách je 2 – 4 %. Celulóza je základní strukturní polysacharid vyšších rostlin a je součástí buněčných stěn. Je pro člověka nestravitelná, a proto je cennou součástí potravy. Lignin impregnuje rostlinná pletiva. Je nestravitelný a stárnutím rostlin se zvyšuje jejich lignifikace a klesá jejich stravitelnost [26].

2.3 Lipidy

Průměrný obsah lipidů v luštěninách se pohybuje od 1 do 4 %, výjimkou jsou lupina bílá s obsahem lipidů okolo 9 % a dále sója (18 %), kterou řadíme nejen mezi luštěniny, ale i mezi olejniny. Převládají nenasycené mastné kyseliny (linolová, linolenová, olejová). Například semena lupiny obsahují 10 % nasycených a 90 % nenasycených mastných kyselin. Z toho 32 – 50 % tvoří kyselina olejová, 17 – 47 % kyselina linolová a 3 – 11 % kyselina linolenová. V semenech sóji se vyskytuje 0,5 – 0,6 % fosfolipidů. Jako rostlinné potraviny neobsahují cholesterol [1,10,25].

Sójový olej obsahuje převážně glyceroly kyseliny linolové (50 %), olejové (25 – 30 %), linolenové (2 – 10 %) a menší množství kyseliny stearové, palmitové a arachové [10].

2.4 Vitaminy

Luštěniny mají vysoký obsah vitaminů skupiny B, zvláště pak tiaminu, riboflavinu, niacinu, pyridoxinu a kyseliny listové. Zahradní luskoviny, které řadíme k zelenině, mají vysoký obsah karotenů a vitaminu C, které v luštěninách nejsou. Obsah některých vitaminů je uveden v Tab. 2. [8].

Tab. 2. Obsah vybraných vitaminů v luštěninách – převzato z [28]

luštěnina	vitamin A ($\mu\text{g.kg}^{-1}$)	vitamin B ₁ (mg.kg^{-1})	vitamin B ₂ (mg.kg^{-1})	vitamin C (mg.kg^{-1})
čočka	660	3,93	1,7	5
fazole	470	5,32	1,97	5
fazolové lusky	930	0,57	0,7	19
hrách	600	65,94	1,53	6
sója	540	6,7	3,09	0

2.5 Minerální látky

Z minerálních prvků převládá v luštěninách draslík. Další prvky jsou fosfor, vápník, sodík, hořčík a železo. Z mikroprvků jsou to kobalt, molybden, vanad, jód, flór, selen, zinek, mangan a měď. V Tab. 3. je uveden obsah prvků, které nebyly znázorněny na Obr. 3. [1,8,23].

Tab. 3. Obsah některých minerálních látek ve vybraných luštěninách – převzato z [22]

luštěnina	Fe	Zn	Cu	Mn	Ni	Co	Mo	Cr
	Obsah v mg.kg^{-1}							
hrách	47 – 68	20 – 49	4,9 – 8,5	8,1 – 15	0,4 – 3,0	0,013 – 0,2	0,1 – 2,6	0,02 – 0,09
čočka	69 – 130	28 – 32	5,8 – 8,9	12 – 14	2,3 – 3,0	0,016 – 0,092	2,0 – 10	0,048 – 0,054
fazole	59 – 82	59 – 82	6,0 – 13	12 – 20	2,5 – 5,0	0,01 – 0,3	1,0 – 3,0	0,05 – 0,10
sója	50 – 110	50 – 110	8,0 – 20	14 – 90	2,0 – 10	0,05 – 0,14	<0,06 – 10	0,05 – 0,08

Pokud je v potravine zvýšená koncentrace draslíku, můžeme ho zařadit i mezi antinutriční látky, protože snižuje resorpci hořčíku. Nadbytek draslíku v organismu vede k jeho zvýšenému vylučování ledvinami, což brání vylučování vodíkových iontů a to může vést až k vývoji metabolické acidózy [29].

2.6 Antinutriční látky

Nutriční hodnota luskovin nemůže být zcela využita v důsledku přítomnosti tzv. antinutričních látek. Tyto látky mají zpravidla určitý význam pro rostlinu, z potravinářského hlediska nás ale zajímá hlavně jejich vliv na organismus po konzumaci. Podrobněji o antinutričních látkách pojednává kapitola čtvrtá.

2.7 Látky vyvolávající potravní nesnášenlivost

Sóju řadíme mezi 5 nejvýznamnější potravinových alergenů. U dětí způsobuje až 90 % alergických reakcí. Snížení alergenity můžeme dosáhnout tepelnou denaturací nebo enzymovou hydrolyzou daných bílkovin. Některé sójové bílkoviny jsou ale relativně termostabilní a k odstranění jejich alergenity pouhý záhřev nestačí. Vhodnější je enzymová hydrolyza s následnou tepelnou inaktivací. Sójové bílkoviny jsou zesíťované disulfidickými můstky, které je potřeba ke snížení alergenity rozštěpit, např. pomocí *N*-acetylcysteinu. Alergenitu snižují i přítomné sacharidy, a to modifikací molekuly bílkoviny při zahřívání [30].

3 VÝZNAM LUŠTĚNIN VE VÝŽIVĚ

Z nutričního hlediska jsou luštěniny velmi významnou potravinou. Jsou zdrojem kvalitní rostlinné bílkoviny (20 – 45 %), která je řazena hned za bílkovinami živočišného původu. Jsou bohatým zdrojem vitaminů skupiny B (tiamin, riboflavin, kyselina nikotinová, kyselina listová) a některých minerálních látek (Ca, Fe, P, K, Zn, Se, Mg a jiné). Množství obsažené vlákniny se pohybuje od 1 % do 14 % a s výjimkou sóji obsahují pouze 1 – 2 % tuku s vysokým obsahem nenasycených mastných kyselin (55 – 85 %) a jako rostlinná potravinu neobsahují cholesterol. Nerozpustná vláknina povzbuzuje střevní motilitu a snižuje riziko střevních chorob. Rozpustná vláknina v tenkém střevě zpomaluje vstřebávání glukózy a tím brání náhlému vzestupu hladiny cukru v krvi. Jídla z luštěnin tak mají nízký glykemický index, což znamená, že neindukují ani velký nárůst koncentrace glukózy v krvi, ani velkou sekreci inzulínu po jídle. Toto je mimořádně důležité u diabetiků. Vázáním cholesterolu ve žluči také pomáhá snižovat jeho hladinu v krvi. Dostatečný příjem rozpustné vlákniny napomáhá snižovat riziko srdečních onemocnění spojených s vysokou hladinou cholesterolu [1,12,23,24].

V posledních letech se situace ve výživě lidí zlepšuje a stále rostoucí procento populace se snaží konzumovat zdravější potraviny a žít zdravějším životním stylem, aby se cítili lépe, udrželi si svoji optimální hmotnost a zároveň snížili riziko chronických nemocí. Chronické nemoci jako rakovina, diabetes, chronická dýchací onemocnění a srdeční choroby jsou dle statistik WHO (World Health Organization) nejčastější příčinou úmrtí v současné době (až v 60 % případů). Právě zvýšení konzumace luštěnin může významně napomoci v boji proti těmto civilizačním chorobám, jak je vidět v Tab. 4. Podle posledních doporučení zdravotnických organizací bychom měli konzumovat 0,5 kg luštěnin za týden [23].

Luštěniny mají nízký obsah esenciální sирné aminokyseliny metionin a obiloviny mají nízký obsah lyzinu, kterého je naopak v luštěninách dostatek, a proto je vhodné konzumovat luštěniny spolu s obilovinami. Luštěniny neobsahují ani dostatečné množství leucinu, tryptofanu a valinu. U lidí s dostatečně pestrá stravou bývá zásobování esenciálními aminokyselinami zpravidla dostačující [4,8,22,28].

Tab. 4. Příklady pozitivního vlivu obsahových látek luštěnin na lidské zdraví – převzato z [23]

účinná látka	regulace hmotnosti	srdeční choroby	cukrovka	rakovina
bílkoviny	*	*		
rezistentní škrob	*	*	*	*
polysacharidy (vláknina)	*	*	*	*
kyselina listová	*	*	*	*
draslík		*		
selen				*
zinek				*
inhibitory proteáz		*		*
inhibitory amyláz	*		*	*
saponiny		*		*
fytoestrogeny		*		*
lektiny			*	
fytáty		*	*	*
fenolické látky (taniny, lignany)	*	*	*	*

Velmi vysoká je také pěstitelská hodnota luskovin, která pomáhá udržovat úrodnost půdy a zlepšovat její fyzikální vlastnosti. Pro luskoviny je charakteristická tvorba hlízek způsobená infekcí bakteriemi rodu *Rhizobium*. Tato symbióza umožňuje vyloučit nebo snížit spotřebu dusíkatých hnojiv a tady snížit i náklady následné plodiny. Po sklizni luskovin zůstane 50 – 60 kg dusíku v půdě, ekonomicky vyjádřeno je to 1500 – 2000 Kč na ha ekonomického příspěvku pro další plodinu. Za určitých podmínek se však i tento příznivý vliv může změnit ve vliv negativní. Pěstování luskovin se podřizuje právním normám (např. nitrátové směrnice), aby nedocházelo k nadměrnému znečištění vodních toků a podzemních vod nitráty. Luskoviny také rozšiřují koloběh živin tím, že je odebírají z méně přístupných forem a jejich kořenový systém zlepšuje fyzikální stav půdy [1,6,14, Střída].

Samozřejmě ani luštěniny nejsou zcela ideální potravinou, protože kromě nutričně velmi cenných látek obsahují antinutriční látky – inhibitory enzymů, lektiny, oligosacharidy, polyfenoly, fytáty, saponiny aj. Tyto látky, kromě již zmíněných pozitivních vlastností na zdraví člověka, souborně snižují stravitelnost a dostupnost ostatních živin. Obsah antinutričních látek se pohybuje okolo 3 – 5 TIU.mg⁻¹ sušiny (Trypsine Inhibitor Unit), ale různými technologickými způsoby můžeme jejich účinek podstatně eliminovat [23]. Více o jejich účincích na člověka bude popsáno v samostatné kapitole o antinutričních látkách.

Vzhledem k obsahu lektinů, které jsou pro člověka toxické, není vhodné konzumovat luštěniny syrové. Akutní toxicita je nízká, ale dlouhodobá expozice i malým množstvím lektinů, způsobuje například žaludeční potíže, zvracení a průjemy. Asi 60 % lektinů prochází v nezměněném stavu trávicím traktem a váže se na cukerné receptory epitelu tenkého střeva, což se projeví sníženou životaschopností buněk epitelu, případně jejich hyperplazií. K odstranění toxické aktivity lektinů se v potravinářství používá především máčení a tepelná úprava, převážně vaření. Samotné máčení není dostačující, například máčením fazolí po dobu 16 hodin při pokojové teplotě se sníží obsah lektinů jen o 4 – 5 %. Teplem lektiny denaturují. Samotná tepelná úprava ale také není dostačující, na detoxikaci fazolí je třeba je vařit až 90 minut, zatím co u fazolí, které se 16 hodin namáčely, pak stačí pouze 4 – 10 minutové vaření. Vodu s vyluhovanými lektiny je vhodné před vařením vyměnit za novou [11].

4 CHARAKTERISTIKA ANTINUTRIČNÍCH LÁTEK LUŠTĚNIN

Antinutriční látky snižují nutriční hodnotu luštěnin. Z toxikologického hlediska to mohou být látky netoxické, s nízkou toxicitou až látky s vysokou, případně specifickou toxicitou.

Mezi antinutriční látky řadíme:

- inhibitory proteáz (trypsinu)
- antivitaminy
- α -galaktooligosacharidy
- lektiny (hemaglutininy)
- kyselina fytová
- alkaloidy
- třísloviny
- saponiny
- lathyrogeny
- fytoestrogeny
- toxické pyrimidiny

Procentuální zastoupení jednotlivých antinutričních látek je u různých luskovin a odrůd různé [1,29].

4.1 Inhibitory proteáz

Proteázy jsou enzymy katalyzující štěpení molekuly bílkoviny na menší řetězce a posléze až na jednotlivé aminokyseliny. Inhibitory proteáz potlačují svou přítomností proteolytickou aktivitu enzymů. Ovlivňují hyposekreci enzymů pankreatu, především trypsinu a chymotrypsinu, stimulují hypertrofii pankreatu a v konečném důsledku snižují stravitelnost a absorpci bílkovin přijímaných luštěnin. Z chemického hlediska jsou inhibitory proteáz (neboli antiproteázy) nízkomolekulární i vysokomolekulární proteiny nebo polypeptidy. Jejich role v rostlině není ještě úplně objasněna, předpokládá se obrana rostliny před škůdci, regulace katabolizmu při klíčení nebo degradace zásobních proteinů během dozrávání semen. Zřejmě také chrání cytozol proti endogenním proteázám, které se uvolní při porušení buněčných struktur a podílejí se na regulaci naprogramované buněčné smrti. Jsou syntetizovány buď konstitutivně, nebo jako odpověď na vzniklé poškození [1,11,31].

Nejvýznamnější jsou inhibitory serinových proteáz, které dělíme na dvě skupiny:

- inhibitory Kunitzova typu (KI)
- inhibitory Bowmanova-Birkova typu (BBI)

4.1.1 Inhibitory Kunitzova typu

Kromě luštěnin se tyto inhibitory vyskytují i v obilovinách nebo rajčatech a bramborech. Jejich relativní molekulová hmotnost je asi 20 kDa a mají v molekule dva disulfidové můstky. Primárně vykazují specifitu vůči trypsinu. Sója luštinatá obsahuje asi 20 g KI v jednom kg semen. Způsob, jakým se inhibitory proteáz váží na cílové trávicí enzymy, se zdá být pro všechny inhibitory stejný. Inhibitor se naváže na aktivní centrum enzymu a vytvoří komplex o velmi malé disociační konstantě, čímž efektivně blokuje aktivní centrum. Jedná se o kompetitivní inhibici. Hlavní složkou inhibitoru je protein, složený ze 181 zbytků aminokyselin, a vazebným místem pro interakci s trypsinem jsou zbytky aminokyselin Arg 63 a Ile 64. Komplex s trypsinem vzniká ve stechiometrickém poměru 1 : 1 a na rozdíl od komplexu enzym – substrát, nedisociuje na původní proteiny [11,31].

4.1.2 Inhibitory Bowmanova-Birkova typu

Mají menší relativní molekulovou hmotnost než KI, a to 6 – 10 kDa, větší množství disulfidických můstků a vykazují specifitu vůči trypsinu i chymotrypsinu, protože obsahují dvě nezávislá vazebná místa. Jsou to nejběžnější inhibitory a kromě luštěnin se vyskytují např. v cereáliích, pseudocereáliích a bramborech. Sója obsahuje 5 izoinhibitorů tohoto typu, které náleží do skupiny značené PI (*Potatoe Inhibitor*) a označují se PI-I až PI-V. Z dalších inhibitorů tohoto typu jsou to ve fazolu obecném inhibitor GBI (*Garden Bean Inhibitor*) a v cizrně beraní inhibitor CPI (*Cow Pea Inhibitor*). V semenech vigny se nachází inhibitory sulfhydrylových proteáz [11].

4.1.3 Mechanismus účinku inhibitorů proteáz

Antinutriční účinky inhibitorů proteáz u lidí zatím nebyly dostatečně prozkoumány a odvozují se hlavně ze znalostí získaných při výživě zvířat. Při krmení hospodářských zvířat syrovými nebo nedostatečně tepelně zpracovanými luštěninami, se účinky inhibitorů trypsinu projeví zpomalením růstu. V chronických případech došlo i k hypertrofii a hyperplasii pankreatu. Příčinou je zvýšená sekrece trávicích enzymů. Zdá se, že zpomalení růstu je důsledkem vyčerpání rezerv sirných aminokyselin. Ty jsou použity pro syntézu pankreatických enzymů a nemohou tak být stráveny a využity k syntéze svalových proteinů [11,31].

4.2 Antivitaminy

Antivitaminy, neboli antagonisté vitaminů, jsou látky, které určitým způsobem eliminují biologické účinky vitaminů, což může vést k projevům deficience. Mechanismu účinku je různý. Antivitaminy mohou být strukturními analogy vitaminů a mohou tak reagovat s příslušným apoenzymem (nebo bílkovinou), který zabezpečuje transport tohoto vitaminu (kompetitivní inhibitory enzymů). Říkáme jim také pravé antivitaminy a není možné je běžnými technologickými postupy odstranit. Pokud je antivitaminem enzym, může vitamin přeměnit na jeho neúčinnou formu. Posledním typem mechanismu účinku antivitaminů je tvorba neúčinného komplexu s vitaminem. Tyto dva typy antivitaminů se dají částečně eliminovat vhodnými technologickými postupy jako je tepelná inaktivace nebo denaturace bílkovinné části vitaminu, který je vázán v nevyužitelném komplexu s bílkovinou [22].

4.3 Oligosacharidy

Z oligosacharidů jsou v luštěninách obsaženy deriváty sacharózy a to rafinóza, stachyóza a verbaskóza. Tyto oligosacharidy jsou hlavní příčinou flatulence (nadýmání, plynatost) u lidí i monogastrických zvířat. Jako preventivní opatření se doporučuje častější konzumace luštěnin v menších dávkách. Na počátku vývoje semene bylo prokázáno velké množství monosacharidů a disacharidů (glukóza, fruktóza, galaktóza a sacharóza) a jejich obsah postupně klesá. α -galaktooligosacharidy se v semenech objevují až několik týdnů po květu a jejich množství postupně narůstá. Pro rostlinu mají význam jako stabilizátor membrán a také se podílejí na ochraně proteinů proti ireversibilním změnám ve struktuře za stresových podmínek. Jsou také zdrojem energie při klíčení semen. Jejich obsah v nejpoužívanějších luštěninách je uveden na Obr. 4. [1,21].

Tyto oligosacharidy nejsou štěpeny sacharázami v tenkém střevě (absence α -galaktosidázy), ale stimulují růst bifidobakterií a využívají je i další bakterie tlustého střeva, které produkují α -D-galaktosidázu a metabolizují je za tvorby plynů (oxid uhličitý, vodík, metan aj). Jsou tak považovány za hlavní příčinu flatulence (nadýmání) při konzumaci luštěnin. Hladinu těchto oligosacharidů můžeme výrazně snížit několikahodinovým máčením ve vodě před kuchyňskou úpravou, nakličováním nebo enzymatickou hydrolyzou α -D-galaktosidázou. V asijských zemích jsou hojně konzumovány nakličené sójové boby, které jsou po třech dnech klíčení téměř prosté těchto oligosacharidů. Pozitivní vliv na snížení nadýmání má i přídavek bylin (kmín, tymián, rozmarýn, saturejka, meduňka nebo fenykl) ke konzumovaným luštěninám [22,23,24].

Tabulka 1.8.4.: Obsah rozpustných sacharidů (průměrná hodnota a intervalové rozpětí v % sušiny)					
Rozpustné sacharidy	Fazol	Hrách	Čočka	Cizrna	Bob
Rafinóza	0,7 0,2–2,5	0,9 0,4–2,3	0,3 0,1–0,8	0,3 0–0,3	0,5 0,1–1,5
Stachyóza	2,7 0,2–3,9	2,0 0,3–4,2	1,9 1,1–4,0	1,3 0,4–2,0	0,9 0,2–1,6
Verbaskóza	0,6 0,1–1,8	1,8 0–4,3	0,3 0–6,4	stopa stopa–0,4	1,8 1,1–2,4
Celkový obsah α -galaktooligosacharidů	3,8 0,4–8,0	4,6 2,3–9,6	3,2 1,8–7,5	3,8 2,0–7,6	3,0 1,0–4,5
Sacharóza	2,5 1,6–3,9	2,1 0,9–5,4	1,7 1,1–3,0	4,7 2,8–6,9	2,2 0,1–3,8
Fruktóza	–	–	0–0,2	–	0,4

Obr. 4. Obsah rozpustných sacharidů (průměrná hodnota a intervalové rozpětí v % sušiny) [1]

4.4 Lektiny

Jako lektiny byly dříve označovány pouze toxické látky, které způsobují aglutinaci červených krvinek interakcí s cukry, které jsou složkami glykoproteinů nebo glykolipidů buněčných membrán. V současné době mezi lektiny řadíme proteiny s alespoň jedním centrem jiným, než je aktivní centrum, kterým se proteiny reverzibilně váží na specifické monosacharidy (D-glukóza, D-mannóza, L-fruktóza atd.) a oligosacharidy. Větší afinitu mají k oligosacharidům, které jsou typickou součástí živočišných glykoproteinů (*N*-acetylneuraminová kyselina a *N*-acetyl-D-galaktosamin). Pro optimální účinek většina z nich vyžaduje přítomnost kovových iontů. Jejich hladina je u většiny luskovin nízká [1,11].

Obsah lektinů v luštěninách se pohybuje v rozmezí 0,1 – 10 g.kg⁻¹. Obsah lektinů v semenech vybraných luštěnin je uveden v Tab. 5. Lektiny některých luštěnin mají tradičně i triviální názvy, například lektin kanaválie (*Canavalia ensiformis*) se nazývá konkavalin A.

4.5 Kyselina fytová

Kyselina fytová (myo-inozitol-1,2,3,4,5,6-hexakisdihydrogenfosfát) tvoří v rostlinách s jednotlivými prvky soli – fytáty. Převážně to je smíšená vápenatá a hořečnatá sůl (neboli fytin), dále také nerozpustné a málo využitelné soli jiných di- a tri-valentních iontů, jako je železo a zinek. Fytáty slouží při klíčení jako zdroj fosforu pro vyvíjející se rostlinu a jsou zásobárnou dalších minerálních látek. Je hlavním zdrojem fosforu a u luštěnin tvoří jedno až několik procent sušiny semene. V rostlině je uložen ve speciálních vakuolách. Jeho an-

tinutricní účinek spočívá ve tvorbě chalátů s ionty jedno- a dvojmocných kovů (vápník, železo, hořčík a jiné), které následně nemohou být využity organismem. Redukce fytinu tedy zvýší nutriční hodnotu luštěnin z hlediska využití těchto kovů, ale na druhé straně se sníží množství fosforu v semenech, čímž může dojít k poklesu jejich vitality a ovlivnění vývoje následné plodiny [1,11,22,29,32].

Tab. 5. Lektiny v semenech některých luštěnin – převzato z [11]

luštěnina	obsah v (g.kg ⁻¹)	tepelná stabilita*	toxická syrové potraviny	toxická zpracované potraviny
hrách setý	0,2 - 2	nestálý	snad	ne
fazol obecný	1 - 10	střední	ano	snad
fazol měsíční	1 - 10	střední	ano	snad
fazol šarlatový	1 - 10	střední	ano	snad
čočka jedlá	0,1 - 1	nestálý	ano	ne
sója luštěinatá	0,2 - 2	nízká	ano	ne
bob obecný	0,1 - 1	nestálý	snad	ne

*Střední tepelná stabilita znamená, že lektin neztrácí aktivitu zahřevem při 70 °C, nízká při 60 °C a nestálý lektin denaturuje při 60 °C.

Fytátový fosfor má sníženou biologickou využitelnost a snížená je i využitelnost minerálů přítomných ve fytinu (Ca, Mg a zejména Zn a Fe). Obsah kyseliny fytové se v čočce pohybuje mezi 2,7 až 10,5 g.kg⁻¹ a v hrachu mezi 2,2 až 12,2 g.kg⁻¹. Podíl fytátového fosforu v čočce je 27 – 87 % a v hrachu 37 %. Luštěniny tedy řadíme mezi plodiny s vysokým obsahem této kyseliny. Kyselina fytová je doprovázena v menším množství parciálními fosforečnými estery *myo*-inozitolu. V čočce, která obsahuje 0,49 % kyseliny fytové je přítomno 0,07 % směsi pentakisfosfátů a 0,01 % směsi tetrakisfosfátů [22,32].

Kyselinu fytovou nelze za běžných podmínek hydrolyzovat, k enzymové hydrolyze ale dochází při fermentaci působením endogenních fytáz, nebo fytázami mikroorganismů v tlustém střevě. K částečnému štěpení dochází také při tepelné úpravě suroviny. Aktivita fytáz roste během klíčení semen, obzvláště vysoká je u semen hrachu. Při vaření luštěnin dochází i ke ztrátám fytinu vyluhováním [22].

U rostlinných i živočišných organismů má kyselina fytová také funkci antioxidantu a anti-karcinogenu. Parciální fosforečné estery, jako *myo*-inositol-1,4,5-trishydrogenfosfát a *myo*-inositol-1,3,4,5-terakisdihydrogenfosfát, se např. uplatňují v regulaci intracelulárního ob-

sahu vápníku, *myo*-inositol-1,3,4,5,6-pentakisdihydrogenfosfát moduluje afinitu hemoglobinu ke kyslíku, *myo*-inositol-1,2,6-trisdihydrogenfosfát inhibuje srážení krevních destiček a má protizánětlivé účinky. Samotný *myo*-inositol se dříve řadil mezi vitaminy [22].

4.6 Alkaloidy

Většina kulturních druhů luskovin již neobsahuje významné množství alkaloidů, výjimkou jsou pouze později domestikovaná lupina a bob. V procesu domestikace byly záměrně vybírány formy s nízkým obsahem alkaloidů, které významně snižují požitelnost luštěnin. Některé alkaloidy mají i prospěšné účinky na lidský organizmus, například hydroxypyrimidinové glukosidové alkaloidy bobu vykazují výraznou antimalarickou aktivitu [23].

Alkaloidy lupiny patří do skupiny chinolizidinových alkaloidů a jsou to lupin, lupanin, spartein, lupinidin, hydroxylupanin, anagirin, monolupin, termopsin, puklin, angustifolin a další. Vyznačují se hořkou a kovovou chutí. Jejich přítomnost je limitujícím faktorem pro konzumaci lupiny [25,33].

4.7 Třísloviny

K antinutričním látkám řadíme také třísloviny (taniny), které se v luštěninách vyskytují v množství do 0,45 g.kg⁻¹ v sóji do 20 g.kg⁻¹ ve fazolech. Je to různorodá skupina polyfenolů, pro které je charakteristické, že vytváří komplexy s proteiny, a tyto komplexy jsou pak rezistentní vůči hydrolýze. Důsledkem je snížení stravitelnosti proteinů. Nadměrná konzumace taninů může vést k poškození intestinální mukózy, taniny se vstřebávají do organismu a mohou vyvolat až poškození jater a ledvin. V neposlední řadě snižují absorpci některých živin a minerálních látek. Existuje také mnoho studií prokazujících antioxidační a antiradikálovou aktivitu taninů [4,23,29].

4.8 Saponiny

Saponiny patří do skupiny uhlovodíků a projevují se silným pěněním při třepání ve vodě. Hydrofobní aglykony saponinů jsou odvozené od triterpenových alkoholů nebo steroidů. Na aglykon je vázán jeden nebo více cukerných zbytků. Množství saponinů se liší mezi jednotlivými druhy rostlin a závisí i na klimatických podmínkách [1].

Saponiny se vyznačují hořkou chutí, detergenčními účinky a schopností reagovat s cholesterolem nebo jinými 3- β -hydroxysteroidy. Jejich negativní účinek spočívá ve zvyšování propustnosti membrán červených krvinek. Způsobují tak hemolýzu (rozpad červených kr-

vinek) a uvolňování hemoglobinu do krevního řečiště. Jejich obsah v semenech se pohybuje od $0,1 \text{ g.kg}^{-1}$ sušiny u bobu obecného až po $5,6 \text{ g.kg}^{-1}$ sušiny u sóje [11].

4.9 Lathyrogeny

Jsou to toxické aminokyseliny a jejich deriváty (peptidy, nitrily aj.), které se nachází v semenech některých hrachorů a vikví z čeledi *Viciaceae*. Hrachor setý obsahuje ve všech částech rostliny ODAP (β -N-oxalyl-L- α,β -diaminopropionovou kyselinu). Její obsah je dán geneticky, ale je ovlivňován i vnějšími faktory. Množství v semenech hrachoru se pohybuje v rozmezí 0,02 – 0,8 g ODAP ve 100 g semen, některé práce uvádějí i vyšší koncentrace. ODAP je neurotoxická volná aminokyselina, která způsobuje neurolathyrismus. Ten se projevuje nevratným poškozením nervové soustavy a poruchou motoriky dolních končetin, která může vést až ke ztrátě pohyblivosti. Tyto následky se ale projevují jen při vysoké konzumaci hrachoru, například pokud by byl jediným zdrojem potravy. Občasná konzumace je relativně bezpečná. Bobtnáním nebo vařením se část ODAP odstraní [34].

4.10 Phytoestrogeny

Phytoestrogeny jsou vícesytné fenoly se strukturou, která je podobná steroidním hormonům. Některé se používají jako náhrada estradiolu u žen v menopauze. Mezi látky s estrogenními účinky řadíme izoflavony, prenylflavonoidy, stilbeny, pterokarpany a lignany. Izoflavony se nacházejí především v sóji luštinaté. Celkový obsah v sójových bobech se pohybuje od 0,13 % do 0,42 %. Neaktivnějším estrogenním izoflavonem je daidzein, z dalších jsou to genistein, formononetin, glycitein a biochanin A. Vyskytují se převážně jako 7- β -D-glukosidy. Naklíčené boby obsahují jako jeden z hlavních izoflavonů formononetin. Lipofilní prenylované izoflavony mají v rostlině funkci obrannou, a to vůči patogenním mikroorganismům a také živočišným škůdcům (phytoalexiny). Pterokarpany mají také funkci phytoalexinů a jsou syntetizovány jako reakce na biotický a abiotický stres. Jejich prekurzory jsou daidzein a formononetin. Dalším pterokarpanem je kumestrol, který je hlavním estrogenem klíčících sójových bobů i jiných luštěnin. V menším množství se vyskytují medikarpin, lucernol nebo sativol. V cizrně beraní se vyskytuje maackiain, v hrachu setém pisatin a ve fazolu obecném fazeolin [35].

4.11 Toxické pyrimidiny

Nacházejí se v bobu obecném a v některých dalších druzích bobu. Pro rostlinu mají ochranný význam proti bakteriím a plísním. V hrachu a hrachorech se nevyskytují. Obsah vicinu v bobu obecném se pohybuje od 4,2 do 10,8 g.kg⁻¹, obsah konvicinu bývá nižší, 0,3 – 0,5 g.kg⁻¹. Požití luštěnin s obsahem těchto pyrimidinů se projevuje jako favizmus. Projevem favizmu je akutní hemolytická anemie, doprovázená vysokými horečkami, žloutenkou, otoky jater a sleziny. Pyrimidiny v erythrocytech oxidují redukovanou formu glutatiону, čímž se sníží jeho koncentrace a také ochranný vliv na membránu erythrocytů. Máčením bobů lze jejich obsah snížit až o 90 % [11,30].

4.12 Možnosti inaktivace antinutričních látek

Pro zvýšení nutriční hodnoty luštěnin se používá řada metod, které více či méně redukují obsah antinutričních látek. Například tepelným zpracováním luštěnin se aktivita antinutričních látek snižuje. K inaktivaci lze např. využít toastování (působení vodní páry), vaření ve vodě, pražení za sucha, mikrovlnný ohřev nebo extruzi. Aktivita trypsinových inhibitorů v komerčních sójových produktech (tofu, sójové izoláty, sójový nápoj) se pohybuje jen okolo 20 % v porovnání se syrovými boby. Vliv na obsah inhibitorů proteáz v luštěninách má i termín a technika sklizně. K tradičním způsobům snižování obsahu α -galaktooligosacharidů patří bobtnání, vaření a nakličování semen. Při klíčení jsou oligosacharidy štěpeny na monosacharidy, které pak slouží jako zdroj energie [1,11,36]. Vliv technologického zpracování na obsah antinutričních látek u hrachu je zobrazen v Tab. 6.

Tab. 6. Obsah vybraných antinutričních látek v nativním a ošetřeném hrachu – převzato z

[36]

Hrách	kyselina fytová	taniny	inhibitory trypsinu	inhibitory chymotrypsinu	lektiny
nativní	11,9	0,24	6,32	4,85	6
ozařovaný	8,7	0,16	2,81	3,27	6
extrudovaný	11,2	0,02	0,16	1,68	0,1

5 MOŽNOSTI STANOVENÍ ANTINUTRIČNÍCH LÁTEK LUŠTĚNIN

Pro stanovení obsahu jednotlivých antinutričních látek v luštěninách je nejprve třeba je vhodným způsobem vyizolovat. V převážné většině se používá extrakce jedním nebo více rozpouštědly. Extrakce může být jedno i vícefázová. Následně je pro některá stanovení třeba extrakt přečistit, například pomocí ionexové chromatografie.

K nejčastěji používaným metodám pro stanovení obsahu antinutričních látek patří spektrofotometrie, sloupcová chromatografie, elektroforéza, vysokoúčinná kapalinová chromatografie, izotachoforéza a refraktometrie.

5.1 Inhibitory trypsinu

Pro stanovení obsahu inhibitorů trypsinu lze po provedení extrakce (jenofázové i vícefázové) použít elektroforézu na polyakrylamidovém gelu, spektrofotometrii a sloupcovou chromatografii.

5.1.1 Elektroforéza na polyakrylamidovém gelu

CHANDRASHEKHARIAH [37] použil ke stanovení inhibitorů trypsinu (IT) 8 druhů luštěnin rodu *Mucuna*. Nejprve byla semena namočena na 12 hodin do destilované vody a poté nechána klíčit 6 dnů za standardních podmínek. 10 g semen bylo rozmixováno v mixéru po dobu 5 minut s chlazeným acetonem, poté filtrováno podtlakovou filtrací a usušeno při 37 °C. 10% extrakt usušených, namočených a vyklíčených semen z 8 druhů luštěnin rodu *Mucuna* byl připraven použitím fosfátového pufru (pH 7,0), za stálého míchání, 1,5 hodiny při 4 °C. Poté byl extrakt centrifugován při 10 000 rpm po dobu 15 minut při teplotě 4 °C. Supernatant byl odebrán a použit na kvalitativní a kvantitativní analýzu proteinů a TIA (Trypsin Inhibitor Activity) [37].

Pro stanovení TIA byl použit kasein jako substrát. Roztok enzymu – 40 µg trypsinu bylo předem inkubováno, se známým odpovídajícím množstvím extraktu inhibitoru v celkovém množství 2 ml, při 37 °C po dobu 10 minut v 0,01 M pufru fosforečnanu sodného o pH 7,6 s 0,15 M NaCl. TIU je definována jako počet trypsinových jednotek inhibovaných za podmínek testu. Enzymová aktivita byla stanovena elektroforézou na polyakrylamidovém gelu [37].

Byl použit diskontinuální gelový systém, který se skládal z 8 % separačního gelu a 4 % koncentračního gelu. Elektroforéza byla prováděna elektrickým proudem 20 – 25 mA po dobu 4 hodin za použití Tris-glycinového pufru (pH 8,3) pro elektrody a bromfenolové modři jako sledovacího barviva. Nakonec byly proteiny obarveny brilantní modří po dobu jedné hodiny a odbarveny 7% kyselinou octovou. Vizualizace IT na polyakrylamidovém gelu byla provedena zvlášť, inkubováním gelu v roztoku trypsinu ($100 \mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ v 0,1 M fosfátovém pufru o pH 7,6) po dobu 20 minut a při 37 °C. Poté byl gel obarven 0,1 M roztokem fosfátového pufru, který obsahoval 0,8 mM *N*-acetyl-DL-fenylalanin- β -naftyl ester (APNE) a 0,5 mg diazoniové modři v 1ml po dobu jedné hodiny. Gel byl uchováván v 7% kyselině octové. Naměřené hodnoty aktivity IT se pohybovaly v rozmezí 11,24 – 14,81 TIU. mg^{-1} . Tyto hodnoty byly vyšší, než publikované hodnoty pro semena bobu obecného, ale nižší než hodnoty pro sójové boby [37].

5.1.2 Spektrofotometrie

WATI a kol. [38] použili v roce 2009 trojfázovou separaci na izolaci IT ze třech druhů fazolí (*Phaseolus vulgaris*, *Ph. vulgaris* L. a *Vigna angularis*). Vzorky fazolí byly rozemlety. Vzniklá fazolová mouka byla odtučněna pomocí hexanu, po dobu 10 minut, v poměru 1 : 5 (w/v). Vzniklá emulze byla přefiltrována přes filtrační papír a sediment třikrát promyt hexanem, aby se odstranily i zbytky lipidů ve vzorku. Odtučněný vzorek byl sušen při teplotě 28 – 30 °C do konstantní hmotnosti. Poté byly odtučněné vzorky rodu *Phaseolus* extrahovány 0,02 M NaOH, rodu *Vigna* vodou, v poměru 1 : 5 (v/w) a třepány 2 hodiny při 180 rpm. Výsledkem byl nejvyšší výtěžek IT v porovnání s předchozími studii. Supernatant byl oddělen centrifugací (30 minut při 8000 x g) a použit jako „surový extrakt“ k další frakcionaci [38].

V další fázi byl surový extrakt zahříván 10 minut při 70 °C a následně ochlazen v ledové vodě. Vzniklý koagulát byl odstraněn centrifugací 5 minut (8000 x g) při pokojové teplotě. Supernatant („temperovaný extrakt“) byl použit pro další extrakci a následnému stanovení aktivity IT [38].

Ve třetí fázi separace byl temperovaný extrakt smíchán s krystalickým sulfidem amonným na 30% koncentraci (w/v). Následoval přídavek *t*-butanolu v poměru 1 : 1 (v/v). Směs byla ponechána 1 hodinu při pokojové teplotě a posléze centrifugována 10 minut (5000 x g) pro usnadnění separace fází. Vodní fáze (spodní) a prostřední fáze (mezifázový precipitát) byly odděleny společně. Poslední fáze byla rozpuštěna v 0,05 M Tris-HCl o pH 8,2 (s obsahem

0,02 M CaCl₂) v poměru 1 : 1 (w/v). Obě fáze byly dialyzovány proti vodě, aby se odstranil sulfid amonný. Poté byla změřena specifická aktivita všech fází a fáze s nejvyšší specifickou aktivitou byly vybrány pro další měření [38].

Aktivita IT byla měřena za pomoci BAPNA (*N*- α -benzoyl-DL-arginin-*p*-nitroanilid) jako substrátu. Roztok s obsahem 100 μ l vzorku, 200 μ l (20 μ g.ml⁻¹) trypsinu a 100 μ l destilované vody byl inkubován 10 minut při 37 °C. Následovalo přidání 500 μ l (0,4 mg.ml⁻¹) BAPNA (o teplotě 37 °C) pro započítí reakce. Po inkubaci 10 minut při 37 °C, bylo přidáno 100 μ l 30 % (v/v) roztoku kyseliny octové k ukončení reakce. Následovala centrifugace 10 minut při 2000 x g. Aktivita trypsinu byla stanovena jako hodnota absorbance při 410 nm proti *p*-nitroanilinu. Jedna TIU byl stanovena a definována jako snížení absorbance při 410 nm o 0,01 oproti kontrolnímu vzorku bez inhibitoru [38].

5.1.3 Sloupcová chromatografie

DURANTI a kol. [39] použili pro stanovení IT v sójových bobech sloupcovou chromatografií. Jako vzorek byly vybrány sójové boby běžně dostupné v komerční síti. Zvážené množství vzorku bylo pětkrát omyto 0,1 % roztokem chlornanu sodného, aby se odstranil prach a mikrobiální kontaminace. Poté byly boby máčeny v demineralizované vodě v poměru 1 : 5 při 25, 40 a 60 °C po dobu 90 a 180 minut s občasným promícháním. Po tepelném zpracování vzorků byla semena a jejich fragmenty přefiltrovány přes filtr Miracloth a filtr s velikostí pórů 0,45 μ m, aby byl získán čirý nažloutlý roztok. Část filtrátu byla použita pro stanovení TIU a zbytek byl naplněn do afinitní kolony s imobilizovaným trypsinem. Kolona byla promyta pěti díly 20 mM Tris-HCl pufru (pH 8,5), který obsahoval 0,5 M KCl, aby se odstranily nenavázané nebo nespecificky vázané proteiny. Následovala dvě promytí demineralizovanou vodou, aby se minimalizoval obsah iontů v dalším eluátu. KI byl eluován pomocí 0,01 M HCl. Aktivita IT byla měřena v jednotlivých frakcích pomocí metody AACCC (American Association of Cereal Chemists) N. 71-10 s malými obměnami. Celková TIA byla měřena v extraktu sójové mouky pomocí 0,01 M NaOH [39].

5.2 Stanovení kyseliny fytové

Pro stanovení obsahu kyseliny fytové v extraktu lze použít nespecifické metody jako srážecí titraci, kolorimetrii, komplexometrickou titraci nebo iontově výměnnou chromatografií. Ze specifických metod jsou to vysokoúčinná kapalinová chromatografie, spektrofotometrie, fluorescenční detekce a izotachoforéza.

5.2.1 Nespecifické metody

Stanovení obsahu kyseliny fytové zahrnuje extrakci vzorku a to pomocí kyseliny chlorovodíkové nebo trichloctoové, eventuálně následné přečištění pomocí ionexů a poté analytické stanovení. První metody stanovení byly založeny na srážecí reakci kyseliny fytové s trojmocným železem. První obecně přijatá metoda je z roku 1914 a byla založena na titraci v přítomnosti tiokyanátu amonného. Při titraci se ale tvoří koloidní sraženina fytátu železitého, která znesnadňuje stanovení bodu ekvivalence. V roce 1936 Young vyvinul kolorimetrickou metodu založenou na odstranění sraženiny fytátu železitého centrifugací, vhodnou i pro nízká množství kyseliny. Z dalších metod to byla nepřímá komplexometrická titrace, kdy bylo stanovení založené na stechiometrickém poměru železitého iontu a fytátu. V roce 1977 Harland a Oberleas vyextrahovali kyselinu fytovou přímo pomocí 1,2% HCl a následně iontově výměnnou chromatografií oddělili anorganický fosfor. Následovalo vyluhování koncentrovanou kyselinou sírovou a dusičnou. Stanovený fosfor převedli na ekvivalent fytátu. Tato metoda ovšem nerozlišuje mezi různými organickými fosfáty, které mohou ve vzorku být (další inositolfosfáty, nukleotidy). Při použití u surových a nezpracovaných potravin je ale tato chyba bezvýznamná a metoda se stala základem pro vývoj AOAC (Association of Official Analytical Chemists) metody č. 986.11 pro určení obsahu fytátu v potravinách. Pro oddělení kyseliny fytové od ostatních fosfátů přítomných v potravinách bylo nutné vyvinout citlivější metody, které umožňují stanovení i stopových koncentrací [40].

5.2.2 Chromatografické metody

Metody vysokoúčinné kapalinové chromatografie (HPLC) jsou dostatečně citlivé a mají potřebnou reprodukovatelnost pro měření nízkých koncentrací kyseliny fytové v potravinách. Současně mohou určit a oddělit nižší fosforylované deriváty se současným zkrácením extrakce a zakoncentrováním. HPLC se stala standardní metodou pro stanovení kyseliny fytové. S různými modifikacemi pro kolony, mobilní fáze, průtoky a extrakční rozpouštědla je HPLC standardní metodou pro analýzy kyseliny fytové [40].

Detekce pomocí spektrofotometrie je problematická, protože kyselina fytová nemá charakteristické absorpční spektrum v ultrafialové a viditelné oblasti (UV-VIS). Proto se provádí nepřímá detekce, která je založena na výměně kovu z barevného komplexu, která probíhá ve stechiometrickém poměru. Vysoká afinita fosfátových skupin inositol fosfátů k polyvalentním kationtům je základem metod pro UV-VIS detekci fytátu [40].

V roce 2006 Dost a Tokul navrhli HPLC metodu, která byla založena na výměně kovu z barevného komplexu tiokyanátu železitého. Na principu výměny ligandu je založena i fluorescenční detekce inositolfosfátů, kde Irth (1990) odstranil železité ionty z komplexu Fe^{3+} a 4-metylkumarin-6-metyliminodioctové kyseliny s inositolfosfáty, čímž dojde k oslabení záření fluorescence v přítomnosti železitých iontů a v závislosti na koncentraci inositolfosfátů se intenzita fluorescence zvýší [40].

5.2.3 Kapilární izotachoforéza

KOPLÍK a kol. [41] použili kapilární izotachoforézu pro stanovení kyseliny fytové v sójové mouce a běžných bílých fazolových semenech. Vzorky byly pomlety na vibračním mlýnku pod tekutým dusíkem. Rozdrcený vzorek o hmotnosti 1 g byl extrahován 50 ml 0,02 M roztoku Tris-HCl pufru (pH 7,5) hodinovým třepáním v baňce. Roztok pufru byl poté vyčištěn průchodem kolonou naplněnou pryskyřicí Chelex 100. Suspenze byla centrifugována a čirý supernatant byl použit na další analýzu [41].

Pro přípravnou permeační chromatografii (vylučovací chromatografii) byla použita skleněná kolona firmy Merck s náplní Fraktogel EMD BioSEC. Součástí chromatografického systému bylo vysokotlaké čerpadlo, skleněná kolona naplněná pryskyřicí Chelex 100 s NH_4^+ , fraktogelová kolona, vstřikovací zařízení a UV-VIS detektor. Mobilní fází byl 0,02 M roztok Tris-HCl o pH 7,5 s průtokem 2 ml za minutu. Absorbance eluátu byla měřena při 280 nm [41].

Vybraná frakce eluátu z permeační chromatografie se zvýšeným obsahem fosforu byla použita na izotachoforézu pro stanovení obsahu *orto*-fosfátu a kyseliny fytové. Analýza byla provedena za použití elektroforetického analyzátoru EA 100 firmy Villa-Labeco a spojených kolon (předkolony 0,8 x 90 mm a analytické kolony 0,3 x 90 mm). Vedoucí elektrolyt byl složen z 0,01 mol.l⁻¹ HCl, 0,0055 mol.l⁻¹ 1,3-bis[tris(hydroxymetyl)methylamino] propanu a 0,1 % hydroxypropylmethylcelulózy. Terminační elektrolyt obsahoval 0,005 mol.l⁻¹ 2-(*N*-morfolino)etan sulfonovou kyselinu a 0,001 mol.l⁻¹ bis-tris-propan. Procházející proud pro předkolonu byl 250 μA a pro analytickou kolonu 50 μA . Pro detekci bylo použito měření konduktivity a UV absorpce [41].

5.2.4 Spektrofotometrie

VOJTÍŠKOVÁ a kol. [42] na stanovení obsahu kyseliny fytové v luštěninách použili vzorky sóji luštinaté, hrachu setého a čočky ječmě. Suché vzorky byly pomlety v mlýnku, prose-

ty sítem o velikosti ok 1 mm a vzorek byl řádně promíchán. Ke stanovení kyseliny fytové byla použita upravená Holtova metoda z roku 1955. 1 g vzorku byl extrahován 40 ml 0,5 M HNO₃ po dobu 3 hodin za kontinuálního třepání. Extrakt byl přefiltrován filtrem FILTRAK, č. 390. Dále 0,2 – 1,0 ml filtrátu bylo naředěno destilovanou vodou na objem 1,4 ml a promícháno s 1 ml síranu železito-amonného. Poté byly vzorky vloženy do vařicí vodní lázně na 20 minut a nakonec ochlazený na pokojovou teplotu. Po přidání 5 ml amylalkoholu a 0,1 ml roztoku tiokyanátu amonného (100 g.l⁻¹) byly vzorky řádně promíchány třepáním a obracením. Po krátké centrifugaci při nízké rychlosti byly vzorky vyhodnoceny spektrofotometricky při 465 nm oproti „slepému“ vzorku amylalkoholu a to přesně 15 minut po přidání NH₄SCN. Kalibrační křivka byla vytvořena za použití standardního roztoku fytátu sodného (0,2 mM) namísto filtrátu. Průměrný obsah kyseliny fytové byl u sóji 1,6 %, hrachu 0,62 % a čočky 0,85 % ve 100 g vzorku [42].

5.3 Stanovení saponinů

Ke stanovení obsahu saponinů v extraktu lze použít denzitometrii nebo HPLC.

5.3.1 Denzitometrie

GURFINKEL a kol. [43] použili pro stanovení saponinů v luštěninách denzitometrii. Standard saponinů byl připraven z komerčního preparátu sójových saponinů (5,5 % vlhkosti, 1,7 % popela). Nesaponinové složky byly extrahovány jemným protřepáváním 2,5 g saponinů v acetonu (25 ml) při pokojové teplotě. Následovala centrifugace (2000 x g) po dobu 30 minut. Tato extrakce byla opakována třikrát. Poté byl vzorek třikrát extrahován destilovanou vodou a nakonec promyt acetonem, aby se usnadnilo sušení. Bylo získáno přibližně 250 mg vyčištěných sójových saponinů ve formě bílého prášku, ale acetonový a vodní extrakt byly žluté. Absence nesaponinových složek byla potvrzena tenkovrstvou chromatografií. Standardní roztoky byly připraveny rozpuštěním saponinů ve směsi metanolu s vodou (9 : 1), roztoky měly rozsah koncentrací 0,25 – 2 μg.μl⁻¹ [43].

Tenkovrstvá chromatografie byla provedena na sikagelu o tloušťce vrstvy 250 μm. Mobilní fáze byla složena z chloroformu/metanolu/vody v poměru 65 : 35 : 10. Deska byla saturována 10% (v/v) roztokem kyseliny sírové a sušena 15 minut při 120 °C. Standardy o koncentracích 0,25 – 1,75 μg.μl⁻¹ byly nanášeny v množství 2,5 μl. Z výsledných hodnot byla sestavena kalibrační křivka [43].

Vzorky spolu se standardy byly nanášeny ve stejném pořadí ve dvou řadách, pro sestavení standardní křivky byl počítán průměr optické hustoty dvou stejných skvrn standardu, z každé řady jedna. Také koncentrace saponinů ve vzorcích byla stanovena z průměrné hodnoty optické hustoty dvou stejných skvrn, každé z jedné řady. Vizualizace skvrn byla provedena nasycením desky 10% (v/v) roztokem kyseliny sírové a sušením 15 minut při 120 °C. Výsledné skvrny byly fialové a měly průměr 7 mm. Po ochlazení (5 minut) byla provedena denzitometrie. Stejně podmínky chlazení byly důležité pro přesnost dalšího měření [43].

Na měření byl použit odrazový denzitometr a lineární mřížkový detektor. Přístroj byl kalibrován na bílý cíl a stanovena korelace. Z naměřených hodnot byla vypočítána plocha pod křivkou pro každou skvrnu a porovnána s hodnotami pro standardy a sestavena kalibrační křivka [43].

5.3.2 HPLC

WOLDEMICHAEL a kol. [44] stanovovali obsah saponinů ve vzorku lupiny (*Lupinus oreophilus*). 400 g vzorku bylo dvakrát extrahováno 1000 ml metanolu, metanolvý extrakt byl filtrován a oddělen hexanem (2 x 1000 ml). Metanolvá frakce byla kalná, a proto ji bylo třeba centrifugovat (3000 x g). Supernatant byl poté koncentrován pod tlakem na 300 ml a doplněn vodou na 1000 ml. Vodný roztok byl oddělen *n*-butanolem. Butanolvá vrstva byla pod tlakem zakoncentrována na viskózní hmotu, která byla naplněna do nízkotlaké kolony. Mobilní fáze byl 1000 ml metanolu a byly sbírány 50 ml frakce. Frakce 5 – 16 obsahovaly triterpeny a saponiny, a frakce 20 – 38 převážně flavonoidy. Spojené frakce 5 – 16 byly poté vyčištěny pomocí TLC (tenkovrstvá chromatografie) s gradientem mobilní fáze dichlormetan-metanol (100 : 0, 95 : 5, 9 : 1, 85 : 15, 8 : 2, 7 : 3, v/v), aby byly získány dvě frakce označené SF – 1 a SF – 2 [44].

K vyčištění saponinů v SF – 2 byla použita kolonová chromatografie (mobilní fáze – metanol: 0,15% kyselina trifluoroctová ve vodě, 70 : 30 po dobu 3 minut, souvislý gradient až k 100 : 0, 15 minut, rychlost průtoku 15 ml za minutu). Byly získány 4 frakce, z nichž každá obsahovala 2 – 5 složek. K oddělení jednotlivých saponinů byla použita HPLC (mobilní fáze – acetonitril: 0,15 % kyselina trifluoroctová s vodou v různém poměru) [44].

SF – 1 byla dále čištěna pomocí TLC se stupňujícím se gradientem směsi hexan-aceton (75 : 25, 60 : 40, 40 : 60 a 10 : 90). K oddělení složek byla použita HPLC (mobilní fáze – acetonitril: 0,15% kyselina trifluoroctová ve vodě, 60 : 40, po dobu 5 minut, a dále ve stupňu-

jícím se poměru až po 100 : 0 20 minut a při 100 : 0 5 minut; rychlost průtoku 5,2 ml za minutu). Detekce proběhla spektrofotometricky při 200 nm [44].

5.4 Stanovení taninů

Pro stanovení taninů v extraktu, který byl vyčištěn chromatograficky, lze použít spektrofotometrické metody.

5.4.1 Sloupcová chromatografie a spektrofotometrie

NACZL a kol. [45] stanovovali množství taninů ve vzorku bobu obecného. Rozemletá semena byla extrahována hexanem po dobu 12 hodin pomocí Soxhletova extraktoru a poté usušena při pokojové teplotě. Kondenzované taniny byly extrahovány dvakrát při pokojové teplotě pomocí 70% roztoku acetonu s vodou (v/v) v mixéru po dobu 2 minut při maximální rychlosti. Extrakty byly spojeny, odpařeny téměř do sucha při 40 °C za použití vakua a lyofilizovány. Surové kondenzované taniny byly vyčištěny tak, že 550 mg vzorku bylo suspendováno v 5 ml 95% (v/v) etanolu a nadávkováno do chromatografické kolony (2,3 x 40 cm) naplněné Sephadex LH-20 a ekvilibrované 95% etanolem. Kolona byla promývána 95% etanolem (v/v) rychlostí 60 ml.h⁻¹ a pak eluována 50% roztokem acetonu (v/v) se stejnou rychlostí. Acetonové eluáty byly spojeny a rozpouštědlo bylo odstraněno při 40 °C za vakua. Poté byly vyčištěné kondenzované taniny lyofilizovány a zbytek byl zvážen [45].

Obsah kondenzovaných taninů v extraktu byl stanoven pomocí upraveného vanillinového testu a proantokyanidinového testu, výsledek byl vyjádřen v jednotkách absorbance na 1 g extraktu ($A_{500/g}$ a $A_{550/g}$) [45]. Testy nebyly v článku podrobněji popsány, stanovení s použitím vanillinu bylo ale použito i při následující metodě.

5.4.2 Spektrofotometrie (kolorimetrie)

CHAVAN a kol. [46] stanovovali množství kondenzovaných taninů u třech druhů hrachoru (*Lathyrus maritimus* L.) a vliv použití různých rozpouštědel na toto stanovení. Vzorky luštěnin byly usušeny a skladovány při pokojové teplotě. Vzorek hrachorové mouky byl extrahován pomocí několika rozpouštědel [46].

- 1) 1 – 2 g mouky byly extrahovány spolu se 40 ml vody ve vodní lázni při 100 °C po dobu 30 minut.
- 2) 1 – 2 g mouky bylo třikrát extrahováno 10 – 20 ml bezvodého etanolu, bezvodého acetonu, 90, 80 a 70% metanolem nebo 90, 80 a 70% acetonem.

- 3) V dalším experimentu byl jako extrakční rozpouštědlo použit: 100, 90, 80 a 70% metanol a stejné roztoky acetonu, okyselené 1% roztokem koncentrované HCl [46].

Vzorky byly homogenizovány pomocí homogenizátoru, po dobu 1 minuty při úhlové rychlosti 10000 rpm a poté vždy centrifugovány (4000 x g). Supernatant byl odebrán do čisté baňky. Vše bylo dvakrát opakováno, extrakty spojeny a odpařeny při teplotě 40 °C na rotační odparce do sucha. Odpařený vzorek byl rozpuštěn ve 25 ml bezvodého metanolu [46].

Množství kondenzovaných taninů bylo stanoveno kolorimetricky pomocí vanillin-HCl testu. K 0,2 – 1 ml metanolového roztoku kondenzovaných taninů bylo přidáno 5 ml 0,5% vanillinu. Jako slepý pokus bylo použito 5 ml 4% roztoku koncentrované HCl v metanolu. Absorbance byla měřena při 500 nm, po temperaci 20 minut při pokojové teplotě. Jako standard byl použit katechin. Obsah kondenzovaných taninů byl vyjádřen v mg nebo g katechinových ekvivalentů na 100 g vzorku [46].

CHAVAN a kol. [47] opět stanovovali obsah kondenzovaných taninů v hrachoru (*Lathyrus maritimus* L.) za použití jiného extrakčního činidla. Jeden gram vzorku byl třikrát extrahován 10 ml 70% (v/v) vodného roztoku acetonu s obsahem 1 % koncentrované HCl při pokojové teplotě, za pomoci homogenizátoru po dobu 1 min při 10000 rpm. Suspenze byla centrifugována (5000 x g) 10 minut. Směs supernatantů byla odpařena do sucha při 30 °C za vakua. Extrahované kondenzované taniny byly rozpuštěny v 25 ml metanolu, roztok byl opět centrifugován a čirý supernatant byl použit pro kolorimetrické stanovení [47]. Další postup již byl stejný, jak je uvedeno výše.

5.5 Stanovení oligosacharidů

Ke stanovení obsahu oligosacharidů v extraktu luštěnin lze použít refraktometrii.

5.5.1 Sloupcová chromatografie a refraktometrická detekce

CHAVAN a kol. [46] stanovovali obsah oligosacharidů ve vzorku hrachoru (*Lathyrus maritimus*). Přibližně 3 – 5 g vzorku hrachoru a směsi metanolu, vody a amoniaku bylo naváženo do 100 ml kádinek a smícháno s 25 ml 85% (v/v) metanolu. Kádinky byly umístěny na elektrický vařič do digestoře a za pomalého míchání skleněnou tyčinkou byl obsah přiveden k varu. Horká směs byla přefiltrována přes filtrační papír (Whatman No. 41) do 100 ml odměrné baňky. Poté byl filtrát promyt směsí vody a metanolu, mezi jednotlivými

operacemi se roztok nechal zcela odtéct. Konečný objem spojených filtrátů byl doplněn na 100 ml 85% (v/v) metanolem [46].

Oddělení oligosacharidů přítomných v extraktu bylo provedeno na analytické koloně (250 x 4 mm, velikost částic 7 μm). Jako mobilní fáze byla použita směs CH_3CN a vody (65 : 35, v/v). Na analýzu bylo naneseno 20 μl vzorku a průtok byl 1 ml za minutu. Ke stanovení oligosacharidů byl použit refraktometrický detektor a oligosacharidy byly předběžně identifikovány porovnáním retenčních časů se známými standardy (sacharóza, rafinóza, stachyóza a verbaskóza byly získány z bobu obecného) [46].

5.6 Stanovení lektinů

Stanovení lektinů ve vzorku je založeno na hemaglutinaci erytrocytů.

5.6.1 Hemaglutinace

PEDROSA a kol. [48] stanovovali obsah oligosacharidů, IT a lektinů v luštěninách. Jako vzorek byla použita semena lupiny (*Lupinus albus* var. Multolupa), sóji (*Glycine max* var. Ostrumi), čočky (*Lens culinaris* var. Magda) a cizrny (*Cicer arietinum* var. Athenas). Vzorky syrových luštěnin byly rozemlety a extrahovány 0,1 M fosfátovým pufrům o složení: NaCl 8 g.l^{-1} , KCl 0,2 g.l^{-1} , KH_2PO_4 0,158 g.l^{-1} , $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$ 2,31 g.l^{-1} o pH 7,4. Hemaglutinační aktivita extraktu byla odhadována pomocí série ředění za použití červených krvinek krysy, kterým byl podáván trypsin. Množství vzorku (mg), které způsobilo aglutinaci 50 % erytrocytů, bylo definováno jako takové množství, které obsahovalo 1 hemaglutinační jednotku (HU). Výsledky byly vyjádřeny v HU.g^{-1} semen luštěnin. Jako standard byl použit čistý sójový a čočkový lektin [48].

5.7 Stanovení lathyrogenů

Pro oddělení a stanovení izomerů lathyrogenů v hrachoru lze použít kombinaci HPLC a spektrofotometrie.

5.7.1 HPLC a spektrofotometrie

YAN a kol. [49] použili pro stanovení ODAP metodu, založenou na použití *o*-ftalaldehydu (OPA), později upravenou pro spektrofotometrickou detekci celkového množství v hrachoru (*Lathyrus sativus*). Pokusy o oddělení α a β izomeru ODAP chelatací pomocí mědi nebylo úspěšné [49].

Stanovení ODAP pomocí HPLC bylo rozvinuto použitím *o*-ftalaldehydu s tiolem, 9-fluorenyl metylchlormravenčanu a fenyl-izotiokyanátu. Pomocí nové HPLC metody se podařilo oddělit α a β izomer ODAP. Metoda byla založena na předkolumnové derivatizaci s použitím 1-fluoro-2,4-dinitrobenzenu (FDNB), 6-aminoquinolyl-*N*-hydroxysukcinimid karbamátu (AQC), 5-dimethylaminonaftalen-1-sulfonylchloridu a *p*-nitrobenzyloxykarbonyl chloridu. Postupně byl vyvinut test pro současné stanovení α a β izomeru ODAP v extraktu hrachoru [49].

5.8 Stanovení alkaloidů

Pro izolaci a stanovení alkaloidů luštěnin lze použít kombinaci extrakce, bezvodé kapilární elektroforézy a hmotnostní spektrometrie.

5.8.1 Bezvodá kapilární elektroforéza – hmotnostní spektrometrie

GANZERA a kol. [50] použili pro stanovení alkaloidů semena lupiny. Semena byla umleta, poté bylo 0,25 gramů rostlinného materiálu homogenizováno 2x s 8 ml 0,5 M HCl pomocí ultrazvukového homogenizátoru. Následně byl vzorek centrifugován (3000 rpm, 10 minut), supernatanty byly spojeny a pH roztoku bylo upraveno na 10,0 pomocí 1 M NaOH. Poté byla vodní fáze oddělena 20 ml dichlormetanu, organická fáze byla odstraněna (někdy bylo třeba použít centrifugaci k oddělení fází), a tento postup byl třikrát opakován. Organické fáze byly spojeny, roztok odpařen za použití vakua a zbytek rozpuštěn v 10 ml metanolu. Před aplikací byly vzorky filtrovány přes nylonový membránový filtr (0,45 μm) [50].

Na kapilární separaci byl použit pufr 10 mM roztoku mravenčanu amonného ve směsi metanolu, acetonitrilu a vody (70 : 20 : 10), který také obsahoval 1 % kyseliny octové. Použité napětí bylo 25 kV při teplotě 30 °C. Vzorky byly naneseny v hydrodynamickém režimu (50 mBar za 2 s). Po 15 minutách byla provedena analýza při 210 nm, kapilára promývána 2 minuty 0,1 M NaOH a následně pufr (2 minuty). Nové kapiláry byly před použitím propláchnuty 0,1 M NaOH, 0,01 M NaOH a vodou (každé 30 minut). Všechny roztoky a pufr byly před použitím filtrovány přes membránový filtr. Ke stanovení alkaloidů byla použita hmotnostní spektrometrie. Kalibrační roztoky alkaloidů byly připraveny rozpuštěním standardů v metanolu (1,5 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$) [50].

ZÁVĚR

Rostlinné bílkoviny představují důležitý zdroj bílkovin v lidské výživě. Luštěniny se na celkové produkci bílkovin podílejí asi z 18 %. Jsou nejen zdrojem kvalitní bílkoviny, ale i škrobu, energie, rozpustné i nerozpustné vlákniny, vitaminů, minerálních látek a antioxidantů. Neobsahují sice plnohodnotnou bílkovinu (v porovnání s vaječnou či mléčnou bílkovinou), ale vhodnou kombinací, například s obilninami, lze obsah limitujících aminokyselin doplnit. Limitujícími aminokyselinami bílkovin luštěnin jsou sirné aminokyseliny. Pro obyvatelstvo vyspělých zemí s vysokou spotřebou tuku jsou luštěniny vhodným zdrojem energie a bílkovin bez současného příjmu tuku. Neobsahují cholesterol, ale přítomné steroly mají význam v prevenci kardiovaskulárních i některých nádorových onemocnění. Pro diabetiky je zase důležitý jejich nízký glykemický index.

Využití nutričně významných složek luštěnin limituje přítomnost biologicky aktivních látek s antinutričním účinkem. Jsou to inhibitory trypsinu, kyselina fytová, antivitaminy, taniny, saponiny, oligosacharidy, lathyrogeny, lektiny, alkaloidy a jiné. Jejich obsah v jednotlivých druzích a varietách luskovin je různý. V posledních letech se ale objevují i studie o významu některých antinutričních látek v prevenci civilizačních chorob. Obsah antinutričních látek v luštěninách lze vhodnými kulinárními postupy snížit na minimum.

Pro stanovení obsahu antinutričních látek v luštěninách je třeba je nejdříve vhodným způsobem vyizolovat. Nejčastěji se používá jednofázová nebo vícefázová separace extrakcí, případně v kombinaci s přečištěním extraktu pomocí chromatografie na iontoměničích.

Pro stanovení obsahu jednotlivých antinutričních látek v extraktu luštěnin lze použít spektrofotometrii, sloupcovou chromatografii, elektroforézu na polyakrylamidovém gelu, HPLC, izotachoforézu, refraktometrii nebo bezvodou kapalinovou elektroforézu, případně nespécifické metody jako titrace nebo kolorimetrie. Správnost a přesnost jednotlivých metod závisí na použitých reagentech, přístrojích i postupech.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] HOUBA, Miroslav, Miroslav HOCHMAN a Václav HOSNEDL. *Luskoviny: pěstování a užití*. 1. vyd. České Budějovice: Kurent. 2009. ISBN 978-80-87111-19-2.
- [2] VÁŠA, František a kol. *Rostlinná výroba*. Praha: SZN, 1964.
- [3] PETR, Jiří. *Rukověť agronoma*. 1. vyd. Praha: SZN, 1989. ISBN 80-209-0062-4.
- [4] TICHÁ, Markéta a Petra VYZÍNOVÁ. *Polní plodiny*. Brno: VFU, 2006
- [5] SMÝKAL, Petr. Historie pěstování luskovin v Evropě. *Úroda*. 2009, č. 11, s. 41 – 43. ISSN 0139-6013.
- [6] Odrůdová kniha. In: *Www.eagri.cz* [online]. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský. 2013 [cit. 2014-04-23]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/ukzuz/portal/odrudy/informace-o-odrudach/odrudy-registrovane-v-cr/seznam-odrud/>
- [7] DUBSKÝ, Arnošt. Pěstování hrachu a dalších luskovin dejme zelenou. *Agrární obzor*. 2008, č. 8, s. 6. ISSN 1214-1291.
- [8] LAHOLA, Josef. *Luskoviny: pěstování a využití*. 1. vyd. Praha: SZN, 1990, 223 s. ISBN 80-209-0127-2.
- [9] VOLF, František, Jiří ŠEBÁNEK a Stanislav PROCHÁZKA. *Zemědělská botanika*. Praha: SZN, 1988.
- [10] GRANČAI, Daniel. *Farmakognózia: učebnica pre farmaceutické fakulty*. 2. oprav. vyd. Martin: Osveta, 1999, 422 s. ISBN 80-806-3014-3.
- [11] VELÍŠEK, Jan. *Chemie potravin*. Rozš. a přeprac. 3. vyd. Tábor: OSSIS, 2009, 623 s. ISBN 978-80-86659-17-6.
- [12] STROSSEROVÁ, Alena a Jana DOSTÁLOVÁ. Luštěniny. *Výživa a potraviny*. 2009, č. 5, s. 66 – 67. ISSN 1211-846X.
- [13] VRABEC, Josef. Sladká lupina – konkurence pro sóju? *Úroda*. 2006, č. 2, s. 8 – 9. ISSN 0139-6013.
- [14] VÝMYSLICKÝ, Tomáš, Jan HOFBAUER a Jana RYSOVÁ. Opomíjené a netradiční luskoviny. *Úroda*. 2010, č. 1, s. 45 – 46. ISSN 0139-6013.
- [15] PAMPLONA ROGER, Jorge D. *Encyklopedie léčivých potravin*. Praha: Advent-Orion, 2004, 385 s. ISBN 80-717-2542-0.

- [16] POSPÍŠIL, František a Blažena HRACHOVÁ. *Užitkové rostliny jižních zemí*. 1. vyd. Praha: Academia, 1989, 157 s.
- [17] Compare data. *FAO*. [online]. [cit. 2014-04-28]. Dostupné z: <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/compare/Q/QC/E>
- [18] Definitivní údaje o sklizni zemědělských plodin 2013. *Český statistický úřad* [online]. 2013 [cit. 2014-04-20]. Dostupné z: <http://www.czso.cz/csu/2014edicniplan.nsf/p/270141-14>
- [19] *Luskoviny: situační a výhledová zpráva*. In: *Www.eagri.cz* [online]. Ministerstvo zemědělství. 2012, prosinec [cit. 2014-04-19]. Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/file/188469/SVZ_Luskoviny_2012.pdf
- [20] WATSON, Ronald Ross a Victor R. PREEDY. *Bioactive foods in promoting health*. 1st ed. Amsterdam: Elsevier/Academic Press, 2010. ISBN 978-012-3749-383.
- [21] KHATTAB Rabie, Y a Susan D. ARNTFIELD. Nutritional quality of legume seeds as affected by some physical treatments. Part 2. Antinutritional factors. *LWT - Food Science and Technology*. 2009, č. 42, s. 1113 – 1118. ISSN 0023-6438.
- [22] VELÍŠEK, Jan. *Chemie potravin I*. Rozš. a přeprac. 3. vyd. Tábor: OSSIS, 2009. ISBN 978-80-86659-15-2.
- [23] SMÝKAL, Petr. Luskoviny pro zdraví. *Úroda*. 2009, č. 11, s. 48 – 50. ISSN 0139-6013
- [24] CHRENKOVÁ, Mária, Zuzana ČEREŠŇÁKOVÁ, Alexander SOMMER a Soňa NITRAYOVÁ. Strukoviny vo výžive ľudí. In: IV. ročník vedeckej konferencie s medzinárodnou účasťou, Výživa a potraviny pre tretie tisícročie „Funkčné potraviny“. SPU Nitra, 9.4.2003, s. 144 – 146.
- [25] KOHAJDOVÁ, Zlatica, Jolana KAROVIČOVÁ a Štefan SCHMID. Lupin composition and possible use in Bakery – a review. *Czech journal of food science*. 2011, č. 29, s. 203 – 211. ISSN 1805-9317.
- [26] ODSTRČIL, Jaroslav a Milada ODSTRČILOVÁ. *Chemie potravin*. Vyd. 1. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2006, 164 s. ISBN 80-701-3435-6.
- [27] ŠÁRKA, Evžen, Petra SMRČKOVÁ a Lenka SEILEROVÁ. Rezistentní a pomalu stravitelný škrob. *Chemické listy*. 2013, 107, s. 929 – 935. ISSN 1213-7103.

- [28] JAROLÍMKOVÁ, Stanislava. *Jak připravovat obiloviny, luštěniny, semena a ořechy*. Vyd. 2., přeprac. a dopl., V nakl. Motto 1. Praha: Motto, 2007, 170 s. Rádce (Motto). ISBN 978-80-7246-355-8.
- [29] SUCHÝ, P. a E. STRAKOVÁ: Antinutriční látky přirozeně přítomné v krmivech. *Farmář*. 2004, č. 10, s. 34 – 36. ISSN 1210-9789.
- [30] RAUCHOVÁ Hana a Pavel RAUCH. Alergeny potravin. *Chemické listy*. 1997, 91, s. 189 - 193. ISSN 1213-7103.
- [31] HRAŠKA, Marek, Slavomír RAKOUSKÝ a Vladislav ČURN. Inhibitory proteas, mechanismy účinku a perspektivy jejich využití v transgenozí rostlin. *Chemické listy*. 2006, č. 100, s. 501 – 507. ISSN 1213-7103.
- [32] KUMAR, Vineet, Anita RANI, Sonal RAJPAL, Garima SRIVASTAVA, Aketi RAMESH a Om Prakash JOSHI. Phytic acid in Indian soyabean: genotypic variability and influence of growing location. *Journal of the science of food and agriculture*. 2005, č. 85, s. 1253 – 1526. ISSN 0022-5142.
- [33] WIMMER, Zdeněk, Lubomír OPLETAL, Jana ČOPÍKOVÁ, Jitka MORAVCOVÁ, Khaled Saleh Omar ABDULMANEA, Oldřich LAPČÍK a Pavel DRAŠAR. Kovová chuť přírodních látek a jejich derivátů. *Chemické listy*. 2012, č. 106, s. 926 – 930. ISSN 1213-7103.
- [34] VÝMYSLICKÝ, Tomáš, Jan HOFBAUER a Jana RYSOVÁ. Opomíjené a netradiční luskoviny. *Úroda*. 2010, č. 1, s. 45 – 46. ISSN 0139-6013.
- [35] HARMATHA, Juraj. Strukturní bohatství a biologický význam lignanů a jim příbuzných rostlinných fenylypropanoidů. *Chemické listy*. 2005, č. 99, s. 622 – 632. ISSN 1213-7103.
- [36] ČEREŠŇÁKOVÁ, Zuzana a Mária Chrenková. Záujem o pestovanie hrachu môže zlepšiť aj zavádzanie nových technológií spracovania. *Naše pole*. 2002, č. 3, str. 48 – 49. ISSN 1335 - 2466.
- [37] CHANDRASHEKHARIAH, S., Kempohalli. Storage proteins and trypsin inhibitors of an underutilized legume, Mucuna: Variability and their stability during germination. *American journal of plant sciences*. 2013, č. 4, s. 910 – 916. ISSN 2158-2742.

- [38] WATI, Kusuma, Richa, Theerapong THEPPAKORN, Soottwat BENJAKUL a Saroat RAWDKUEN. Three-phase partitioning of trypsin inhibitor from legume seeds. *Process Biochemistry*. 2009, č. 44, s. 1307 – 1314. ISSN 0032-9592.
- [39] DURANTI, Marcello, Alberto BARBIROLI, Alessio SCARAFONI, Gabriella TEDESCHI a Paolo MORAZZONI. One-step purification of Kunitz soybean trypsin inhibitor. *Protein Expression and Purification*. 2003, č. 30, s. 167 – 170. ISSN 1046-5928.
- [40] BENEŠOVÁ, Karolína, Sylvie BĚLÁKOVÁ, Renata MIKULÍKOVÁ a Zdeněk SVOBODA. Survey of the Analytical Methods for the Phytic Acid Determination. *Kvasný průmysl*. 2013, č. 59, 127 – 133. ISSN 0023-5830.
- [41] KOPLÍK, Richard, Hana PAVELKOVÁ, Jana CINCIBUCHOVÁ, Oto MESTEK, František KVASNIČKA a Miloslav SUCHÁNEK. Fractination of phosphorus and trace elements species in soybean flour and common white bean seeds by size exclusion chromatography – inductively coupled plasma mass spectrometry. *Journal of Chromatography B*. 2002, č. 770, s. 261-273. ISSN 1570-0232.
- [42] VOJTÍŠKOVÁ, Petra, Stanislav KRÁČMAR a I. HOZA. Content of phytic acid in selected sorts of legumes. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunnensis*. 2010, č. 1, s. 217 – 222. ISSN 1211-8516.
- [43] GURFINKEL, D., M. a A. V. RAO. Determination of saponins in legumes by direct densitometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2002, č. 50, s. 426 – 430. ISSN 0021-8561.
- [44] WOLDEMICHAEL, Girma M., Gloria MONTENEGRO a Barbara N. TIMMERMANN. Triterpenoidal lupin saponins from the Chilean legume *Lupinus oeropjilus* Phil. *Phytochemistry*. 2003, č. 63, s. 853 – 857. ISSN 0031-9422.
- [45] NACZK, M, R. AMAROWICZ, R. ZADERNOWSKI a F. SHAHIDI. Protein precipitating capacity of condensed tannins of beach pea, canola hulls, evening primrose and faba bean. *Food Chemistry*. 2001, č. 73, s. 467 – 471. ISSN 0308-8146.
- [46] CHAVAN, U. D., D. B. MCKENZIE, R. AMAROWICZ a F. SHAHIDI. Phytochemical components of beach pea (*Lathyrus maritimus* L.). *Food Chemistry*. 2003, č. 81, s. 61 – 71. ISSN 0308-8146.

- [47] CHAVAN, U. D., F. SHAHIDI a M. NACZK. Extraction of condensed tannins from beach pea (*Lathyrus maritimus* L.) as affected by different solvents. *Food Chemistry*. 2001, č. 75, s. 509 – 512. ISSN 0308-8146.
- [48] PEDROSA, M., Mercedes, Carmen CUADRADO, Carmen BURBANO, Karim ALLAF, Joseph HADDAD, Eva GELENCSEÉR, Krisztina TAKÁCS, Eva GUILLAMÓN a Mercedes MUZQUIZ. Effect of instant controlled pressure drop on the oligosaccharides, inositol phosphates, trypsin inhibitors and lectins contents of different legumes. *Food Chemistry*. 2012, č. 131, s. 862 – 868. ISSN 0308-8146.
- [49] YAN, Ze-Yi, Peter, S., SPENCER, Zhi-Xiao LI, Yong-Min LIANG, Ya-Fu WANG, Chun-Ying WANG, a Fen-Min LI. *Lathyrus satirus* (grass pea) and its neurotoxin ODAP. *Phytochemistry*. 2006, č. 67, s. 107 – 121. ISSN 0031-9422.
- [50] GANZERA, Markus, Anja KRÜGER a Michael WINK. Determination of quinolizidine alkaloids in different *Lupinus* species by NACE using UV and MS detection. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*. 2010, č. 53, s. 1231 – 1235. ISSN 0731-7085.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

AACC	Americká asociace cereálních chemiků
AOAC	Asociace analytických chemiků
APNE	<i>N</i> -acetyl-DL-fenylalanin- β -naftyl ester
BAPNA	<i>N</i> - α -benzoyl-DL-arginin- <i>p</i> -nitroanilid
BBI	inhibitor Bowmanova – Birkova typu
cITP	kapilární izotachoforéza
CPI	inhibitory cizrny
DDD	doporučená denní dávka
DNA	deoxyribonukleová kyselina
FAO	Organizace pro výživu a zemědělství
GBI	inhibitory fazolí
GMO	geneticky modifikovaný organizmus
HEC	hydroxyetylcelulóza
HPLC	vysokoúčinná kapalinová chromatografie
HU	hemaglutinační jednotka
IT	inhibitor trypsinu
KI	inhibitor Kunitzova typu
ODAP	β - <i>N</i> -oxalyl-L- α , β -diaminopropionová kyselina
PI	inhibitory sóji
PTP	bis-tris-propan
RS	rezistentní škrob
SZP	Společná zemědělská politika
TIA	aktivita inhibitoru trypsinu
TIU	trypsin inhibitor unit

TLC	tenkovrstvá chromatografie
USDA	Americké ministerstvo zemědělství
WHO	Světová zdravotnická organizace

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Průměrná roční spotřeba luštěnin na osobu za rok ve vybraných částech světa – převzato z [17]	26
Obr. 2. Průměrná spotřeba luštěnin ve výživě obyvatel České republiky (v kg/ obyvatele/rok) – převzato z [18]	27
Obr. 3. Průměrný obsah živin v semenech hlavních druhů luštěnin [1]	29
Obr. 4. Obsah rozpustných sacharidů (průměrná hodnota a intervalové rozpětí v % sušiny [1]	41

SEZNAM TABULEK

Tab. 1. Obsah vybraných aminokyselin (v g vztaženo na 16 g dusíku) – převzato z [22]	30
Tab. 2. Obsah vybraných vitaminů v luštěninách – převzato z [28].....	33
Tab. 3. Obsah některých minerálních látek ve vybraných luštěninách – převzato z [22]	33
Tab. 4. Příklady pozitivního vlivu obsahových látek luštěnin na lidské zdraví – převzato z [23]	36
Tab. 5. Lektiny v semenech některých luštěnin – převzato z [11]	41
Tab. 6. Obsah vybraných antinutričních látek v nativním a ošetřeném hrachu – převzato z [36]	45