JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: N4101 Zemědělské inženýrství

Studijní obor: Rostlinné biotechnologie

Katedra: Katedra rostlinné výroby a agroekologie

Vedoucí katedry: prof. Ing. Vladislav Čurn, Ph.D.

DIPLOMOVÁ PRÁCE

KRITICKÉ HODNOCENÍ POTENCIÁLU BÍLKOVIN SKLIZŇOVÝCH PRODUKTŮ VYBRANÝCH PLODIN Z HLEDISKA JEJICH UPLATNĚNÍ V POTRAVINÁŘSKÝCH A BIOTECHNOLOGICKÝCH APLIKACÍCH

Autor diplomové práce: Bc. Pavlína Bucková

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Jan Bárta, Ph.D.

Konzultant diplomové práce: Ing. Veronika Bártová, Ph.D.

České Budějovice 2013

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
Zemědělská fakulta
Akademický rok: **2009/2010**

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení:	**Bc. Pavlína BUCKOVÁ**
Studijní program:	**N4101 Zemědělské inženýrství**
Studijní obor:	**Rostlinné biotechnologie**
Název tématu:	**Kritické hodnocení potenciálu bílkovin sklizňových produktů vybraných plodin z hlediska jejich uplatnění v potravinářských a biotechnologických aplikacích**
Zadávající katedra:	**Katedra rostlinné výroby a agroekologie**

Zásady pro vypracování:

Cílem diplomové práce (DP) bude hodnocení potenciálu bílkovin semen a hlíz u vybraných plodin pro jejich uplatnění v potravinářských a biotechnologických aplikacích. Práce bude založena na vypracování podrobného literárního přehledu z prací domácích a zahraničních autorů o vlastnostech majoritních (či biotechnologicky zajímavých) bílkovin semen (pšenice, ječmen, oves, kukuřice, řepka, hrách, sója) a hlíz (brambor, topinambur). Literárně získané údaje budou utříděny a zpracovány do tabulek či grafů. Součástí DP bude vlastní hodnocení potenciálu bílkovin z jednotlivých rostlinných zdrojů pro jejich uplatnění v potravinářství (nutriční parametry a zdravotní rizika, aminokyselinová skladba, frakční složení dle rozpustnosti, pěnivost, textura a další funkční vlastnosti) a v biotechnologických aplikacích (např. enzymové a inhibiční aktivity, antimikrobiální potenciál atd.). Vyhodnoceny budou také produkční parametry jednotlivých zdrojů (např. obsah bílkovin v sušině, produkce bílkovin na jednotku plochy apod.) k vzhledem k možnostem jejich pěstování v ČR.

Rozsah grafických prací:	**10 stran**
Rozsah pracovní zprávy:	**30 - 40 stran**
Forma zpracování diplomové práce:	**tištěná**

Seznam odborné literatury:

Nakai S., Modler H. W. - eds. (1996): Food proteins - properties and characterization. Wiley-VCH Inc., 544 p.
Belitz H.-D., Grosch W., Schieberle P. (2009): Food Chemistry. Springer, 4th revised and extended ed., 1070 p.
Velíšek J., Hajšlová J. (2009): Chemie potravin. 3. rozšířené a upravené vydání. OSSIS, Tábor - 1. díl (620 s.) a 2. díl (640 s.)
Publikace časopisu s IF "Chemické listy" 1997-2010 týkající se oblasti rostlinných bílkovin
http://www.chemicke-listy.cz/common/articles.html)
Databáze WoS ISI Web of Knowledge
Databáze Scopus

Vedoucí diplomové práce:	**doc. Ing. Jan Bárta, Ph.D.** Katedra rostlinné výroby a agroekologie
Konzultant diplomové práce:	**Ing. Veronika Bártová, Ph.D.** Katedra rostlinné výroby a agroekologie
Datum zadání diplomové práce:	**15. ledna 2010**
Termín odevzdání diplomové práce:	**30. dubna 2011**

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Studentská 13
370 05 České Budějovice

L.S.

prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc.
děkan

prof. Ing. Vladislav Čurn, Ph.D.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 15. ledna 2010

Anotace

Diplomová práce se zabývá rostlinnými bílkovinami. Literární přehled pojednává o vlastnostech majoritních bílkovin u vybraných zemědělských plodin (pšenice, ječmen, oves, kukuřice, hrách, sója, řepka, brambor, topinambur) a jejich využití v potravinářství, dietách, biotechnologiích a dalších odvětvích.

Součástí diplomové práce bylo také hodnocení potenciálu produkce bílkovin u jmenovaných plodin na základě literárně a statisticky dostupných dat. Data jsou utříděna do tabulek a grafů.

Klíčová slova: bílkoviny, brambor, topinambur, pšenice, ječmen, oves, kukuřice, řepka, hrách, sója, potravinářství, lékařství, biotechnologie, genové inženýsrtví

Annotation

This diploma thesis deals with plant proteins. Literary review discusses the properties of the major proteins in selected agricultural crops (wheat, barley, oats, corn, peas, soybeans, canola, potato, Jerusalem artichoke) and their use in food, diet, biotechnology and other industries.

The diploma thesis was also assessing the potential production of proteins in these crops on the basis of literature and available statistical data. Data is organized into tables and graphs.

Key words: protein, potatoes, Jerusalem artichokes, wheat, barley, oats, corn, canola, peas, soybeans, food, medicine, biotechnology, gene engineering

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracovala samostatně, pouze s použitím pramenu a literatury uvedených v seznamu citované literatury. Prohlašuji, že v souladu s § 47 písm. b zákona č. 111/1998 Sb., v platném znění, souhlasím se zveřejněním své diplomové práce v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejné přístupné části databáze STAG na internetových stránkách Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích.

V Českých Budějovicích dne 26. dubna 2013

…….

Pavlína Bucková

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu práce doc. Ing. Janu Bártovi, Ph.D za cenné připomínky a odbornou pomoc při zpracovávání mé diplomové práce. Dále bych ráda poděkovala svému taťkovi za hlídání syna, své rodině, příteli a synovi Davídkovi za podporu a trpělivost.

Obsah

1 ÚVOD 9

2 CÍL PRÁCE 10

3 LITERÁRNÍ PŘEHLED 11

3.1 BÍLKOVINY 11

3.1.1 Rostlinné bílkoviny 12

3.2 BÍLKOVINY ZRN VYBRANÝCH OBILNIN 14

3.2.1 Bílkoviny zrna pšenice 16

3.2.2 Bílkoviny zrna ječmene 19

3.2.3 Bílkoviny zrna ovsa 21

3.2.4 Bílkoviny zrna kukuřice 23

3.3 BÍLKOVINY SEMEN VYBRANÝCH LUSKOVIN A OLEJNIN 25

3.3.1 Bílkoviny semen hrachu 26

3.3.2 Bílkoviny semen sóji 28

3.3.3 Bílkoviny semen řepky 30

3.4 BÍLKOVINY HLÍZ VYBRANÝCH OKOPANIN 32

3.4.1 Bílkoviny hlíz bramboru 32

3.4.2 Bílkoviny hlíz topinamburu 38

3.5 POTRAVINÁŘSKÉ A BIOTECHNOLOGICKÉ VYUŽITÍ ROSTLIN A ROSTLINNÝCH BÍLKOVIN 39

3.5.1 Pšenice 39

3.5.2 Ječmen 41

3.5.3 Oves 42

3.5.4 Kukuřice 42

3.5.5 Hrách 43

3.5.6 Sója 44

3.5.7 Řepka 45

3.5.8 Brambor 46

3.5.9 Topinambur 48

3.6 PŘEHLED PRODUKČNÍCH PARAMETRŮ JEDNOTLIVÝCH ZDROJŮ BÍLKOVIN 50

4 DISKUZE 55

5 ZÁVĚR 58

6 LITERATURA 59

1 ÚVOD

Bílkoviny se dělí podle původu příslušné potraviny na rostlinné bílkoviny, živočišné bílkoviny a mikrobiální bílkoviny (tato skupina není pro lidskou výživu podstatná). Rozdělovat bílkoviny na plnohodnotné (živočišné) a neplnohodnotné (rostlinné) je nepravdivé a zavádějící. Dlouho převládala představa, že nejdůležitější je jíst maso a mléčné výrobky, abychom měli dostatek esenciálních aminokyselin. Ale potraviny s živočišnými bílkovinami obsahují hodně cholesterolu a tuků, přitom žádnou vlákninu. Tento fakt byl po léta přehlížen a považován za nedůležitý. V poslední době se stává módním trendem prosazovat do lidské výživy bílkoviny rostlinného původu na úkor živočišných. Ale z hlediska vývoje je člověk přeci jen více přizpůsoben ke konzumaci živočišných bílkovin. Hlavním zdrojem živočišných bílkovin je maso, vejce, mléko a mléčné výrobky.

Dnes je známo, že všechny aminokyseliny, i ty esenciální, lze snadno získat z rostlinných potravin. Navíc se kombinací různých rostlinných jídel zlepšuje celková biologická hodnota bílkovin. Kombinováním rostlinných bílkovin je myšlena potřeba jíst potraviny bohaté na bílkoviny (jako např. obiloviny, luštěniny, sójové produkty) v průběhu celého dne. Bílkoviny z těchto potravin se vzájemně zkombinují a vytvoří v organismu aminokyselinový „zdroj“, který umožní zásobovat tělo kvalitní bílkovinou. Hlavním zdrojem rostlinných bílkovin v potravě jsou semena rostlin. Dalšími zdroji bílkovin jsou plody, listy, hlízy, bulvy aj. části rostlin.

Rostlinné bílkoviny z velké části nahradily bílkoviny živočišného původu v krmivech (resp. masokostní moučku) pro přežvýkavce, kdy se zjistilo, že živočišné bílkoviny mohou stát za šířením nákazy, u zvířat, BSE (Bovinní Spongiformní Encefalopatie).

Čínská studie (Campbell & Campbell, 2006) dokazuje, že rostlinné bílkoviny jsou nejzdravějším typem bílkovin (umožňují pomalou, ale jistou syntézu bílkovin) a že živočišné bílkoviny mohou být příčinou vyvolání nemoci (rakovina, nemoci cév, cukrovka, osteoporóza, obezita aj.).

Západní svět se opět začíná zajímat o rostlinnou stravu. Obsahuje málo tuků, hodně vlákniny, žádný cholesterol a hodně bílkovin.

2 CÍL PRÁCE

Cílem práce je hodnocení potenciálu bílkovin semen a hlíz zemědělsky významných plodin (pšenice, oves, ječmen, kukuřice, řepka, hrách, sója, topinabur, brambor). Práce je založena na literárním přehledu domácích a zahraničních autorů o vlastnostech majoritních bílkovin semen a hlíz. V závěru jsou vyhodnoceny produkční parametry jednotlivých zdrojů pěstované v ČR.

3 LITERÁRNÍ PŘEHLED

3.1 Bílkoviny

Bílkoviny (proteiny) jsou polymery aminokyselin, které vznikly procesem proteosyntézy (Velíšek, 2002).

Proteosyntéza se skládá ze dvou kroků:

- přepis (transkripce) genetického kódu DNA do RNA se uskutečňuje v buněčném jádru,
- překlad (translace) kódu RNA a tvorba bílkovin probíhá na ribozomech.

Aminokyseliny jsou základní stavební jednotky bílkovin. Základních proteinogenních aminokyselin je 20 a dělí se:

• Esenciální aminokyseliny – (nezbytné), tyto aminokyseliny si nemůže daný organismus sám nasyntetizovat a musí být proto dodávány ve stravě (Zrůst, 2004). (Valin, leucin, isoleucin, fenylalanin, tryptofan, methionin, threonin, histidin, lysin a arginin).

• Neesenciální aminokyseliny – (nahraditelné), daný organismus je schopen vlastní syntézy (Velíšek, 2002).

(Glycin, alanin, prolin, serin, cystein, tyrosin, asparagin, glutamin, kyselina asparagová a kyselina glutamová)

Bílkoviny jsou nezbytné pro tvorbu a správnou funkci svalové hmoty, červených krvinek, vlasů a dalších tkání a také pro produkci hormonů. Bílkoviny přijaté ve stravě jsou při trávení rozloženy na aminokyseliny, které jsou následně přetvořeny na bílkovinu svalů a ostatních tkání. Obsahují v molekule více než 100 aminokyselin vzájemně vázaných amidovou vazbou –CO–NH–, která se nazývá peptidová vazba (do nerozvětvených) lineárních řetězců. Jejich relativní molekulová hmotnost se pohybuje v rozmezích asi od 10 000 do milionů Da (Velíšek, 2002).

Nutriční energetická hodnota bílkovin (17 kJ/g nebo 4 kcal/g) je stejně vysoká jako u sacharidů. Bílkoviny se často rozlišují podle biologické funkce:

- strukturní (slouží jako stavební složky buněk, rostlinných pletiv a tkání živočichů)
- katalytické (enzymy, hormony)
- transportní (umožňují přenos jiných molekul)
- pohybové (např. svalové proteiny aktin, myosám, aktomyosin)
- obranné (protilátky, imunoglobuliny)

- zásobní (ferritin)
- senzorické (např. rhodopsin)
- regulační (histony, hormony apod.)
- výživové (jsou zdrojem esenciálních aminokyselin pro živočichy, hlavním zdrojem dusíku v potravě a hmoty potřebné k výstavbě a obnově živočišných tkání) (Velíšek, 2002).

Podle původu se rozdělují na živočišné a rostlinné bílkoviny.

3.1.1 Rostlinné bílkoviny

Bývají méně hodnotné, protože rostlinné zdroje bílkovin neobsahují všechny esenciální aminokyseliny, některá z nich chybí nebo je obsažaná v minimálním množství např. u některých obilovin je to aminokyselina lysin, u luštěnin methionin) (Velíšek, 2002). Obsahují většinou velké množství asparagové a glutamové kyseliny a jejich amidů (Velíšek, 2002).

Strava člověka je velmi pestrá a její součástí bývají bílkoviny z nejrůznějších zdrojů. Nedostatky ve složení aminokyselin jednotlivých zdrojů se proto vzájemně kompenzují (např. při kombinaci obilovin s luštěninami) a výsledná hodnota přítomných bílkovin je potom lepší než každé bílkoviny samostatně. Například vhodnou kombinací obilovin a luštěnin v potravě můžeme zajistit organismu komplexní aminokyseliny. Hlavními zdroji jsou obiloviny, luštěniny, ořechy, sója, mák a brambory. Ve stravě by měly být zastoupeny bílkoviny živočišného i rostlinného původu v poměru 1 : 1 (Anonym1, 2010).

Přehled vybraných rostlinných bílkovin používaných v potravinářství (Anonym2, 2011).

- Sójové bílkovinné izoláty

  Garantovaný obsah bílkovin je 90 % i původ suroviny (IP kvalita - Identity Preservation – zachování identity) a NON-GMO statut (neobsahuje geneticky modifikovaný organismus). Vynikající technologická funkčnost a vysoká rozpustnost umožňuje používání různých variant bílkovin např. do konzervárenských láků, gelotvorných forem a emulzí.
- Sójové funkční koncentráty

  Garantovaný obsah bílkovin je 70 % i původ suroviny (IP kvalita) a NON-GMO statut. Vynikající technologická funkčnost a vysoká rozpustnost umožňuje používání různých variant bílkovin např. do konzervárenských láků, gelotvorných forem a emulzí.

- Sójové texturované bílkoviny

  Garantovaný obsah bílkovin i původ suroviny (IP kvalita) a NON-GMO statut.
- Hořčičná mouka

  Tepelně inaktivovaná hořčičná mouka ve formě NON-GMO. Má vynikající pojivové a ochucující vlastnosti, které ji předurčují pro využití do masných výrobků, majonéz, dresinků, studených i teplých omáček, pečiva, tavených sýrů apod.
- Bílkovinné hydrolyzáty řepky
- Bílkovinné koncentráty hrachu

Tradičním rostlinným přídavkem v masné výrobě u nás je pšeničná mouka. Používá se také izolovaná forma rozpustné pšeničné bílkoviny, která se uplatňuje jako stabilizátor výrobku, působí při kompenzaci rozdílů v kvalitě masa a přispívá ke snížení cen těchto výrobků (Pipek, 1998).

3.2 Bílkoviny zrn vybraných obilnin

Obilniny

Obilniny jsou nejdůležitější skupinou plodin světa s celkovou roční produkcí zrna přesahující 2000 milionů tun (mt), ve srovnání s 250 mt pro semena luskovin (včetně sóji a podzemnice olejné) (FAO, 1999). Pšenice, kukuřice a rýže představují dohromady více než 70 % z celkové produkce všech obilnin. Ostatními významnými obilninami jsou ječmen, čirok, proso, oves a žito. Tmavé celozrnné mouky mají vyšší obsah bílkovin než bílé, rozdíl bývá až 4% obsahu bílkovin. (Velíšek, 2002).

Majoritní zásobní bílkoviny

Ze všech látek obsažených v pšeničném zrnu mají největší význam bílkoviny, a to jak z hlediska technologického, nutričního, tak i z hlediska krmné hodnoty (Hrušková *et al*., 2008a). Bílkovinný komplex zrna je velmi heterogenní, složený z více frakcí. Klasické dělení je podle rozpustnosti. K rozpustným počítáme albuminy a globuliny a k nerozpustným gliadiny (prolaminy) a gluteliny (Velíšek, 2002). V Tab. 1 je zobrazen přehled bílkovinných frakcí u vybraných obilovin.

Bílkoviny se dále třídí podle funkčního významu na protoplazmatické a zásobní bílkoviny a na katalytické a konstituční. Albuminy a globuliny patří do skupiny katalytických bílkovin a jsou součástí enzymů, enzymatických inhibitorů a mají tedy funkci metabolickou a strukturální. Z hlediska nutriční hodnoty se v pšenici pro krmné účely tyto frakce nejvíce cení. (Nakai & Modler, 1996).

Zásobní bílkoviny obilovin tvoří frakce prolaminů a glutelinů. Ty jsou z hlediska krmné hodnoty nežádoucí, naopak u potravinářské pšenice jsou velmi žádoucí. Tyto bílkovinné frakce jsou nerozpustné ve vodě a u monogastrických zvířat mnohdy procházejí zažívacím traktem bez užitku v podobě shluků a u drůbeže zalepují zobák a řitní otvor. Vyznačují se vysokým obsahem kyseliny glutamové a prolinu. Limitující aminokyselinou je lysin (Nakai & Modler, 1996).

Klasifikace zásobních bílkovin obilovin je historicky založena na tzv. Osbornově (1907) postupné extrakci a rozdílné rozpustnosti bílkovin, což vedlo k rozdělení do čtyř základních skupin:

1. albuminy rozpustné ve vodě
2. globuliny rozpustné ve vodných roztocích solí

3. prolaminy rozpustné ve vodných roztocích alkoholů (např. ethanol)
4. gluteniny rozpustné v roztocích kyselin nebo zásad

Tab. 1 Bílkoviny obilovin a jejich složení (Velíšek, 2002; Yada, 2004; Hulín *et al.*, 2008). Albuminy, globuliny, prolaminy, gluteliny jsou specifické názvy bílkovinných frakcí dle rozpustnosti v zrnu jednotlivých druhů obilnin.

Obiloviny	Albuminy	Globuliny	Prolaminy	Gluteliny
pšenice	**leukosiny 14,7%**	**edestiny 7,0 %**	**gliadiny 32,6 %**	**gluteniny 45,7 %**
ječmen	**12,1 %**	**8,4 %**	**hordeiny 25,0 %**	**hordeniny 54,5 %**
oves	**20,2 %**	**avenaliny 11,9 %**	**gliadiny 14,0 %**	**aveniny 53,9 %**
kukuřice	**4,0 %**	**2,8 %**	**zeiny 47,9 %**	**zeaniny 45,3 %**

Proteomická analýza zralého zrna obilnin odhalila více než 1000 bílkovinných komponentů, u kterých není známa jejich přesná funkce. Yang *et al.* 2011 se domnívají, že některé z bílkovin jsou zapojeny do základních metabolických procesů a mohou hrát roli při buněčném dělení.

Některé skupiny bílkovin jsou specifické pro obiloviny a mohou se vyskytovat v různém množství. Mezi ně patří β-amylázy, které jsou uložené v latentní podobě v rámci přípravy na klíčení, inhibitory hydrolytických enzymů (zejména α-amylázy a proteinasy) a povrchově aktivní bílkoviny, jako jsou bílkoviny přenosu lipidů nebo-li *lipid transfer proteins* (LTPS) a puroindolin. U většiny z těchto bílkovin se předpokládá, že mají funkci ochrannou, což přispívá k širokému spektru odolnosti vůči houbovým patogenům a bezobratlým škůdcům (Shewry *et al.*, 1997).

Antimikrobiální bílkoviny obilovin

Během posledních 15 let, roste zájem o antimikrobiální bílkoviny (AMPs), které byly zjištěny u velkého množství rostlin (Broekaert *et al.*, 1997). Bílkoviny s antibakteriální a antifungální aktivitou byly izolovány ze semen, kde se hromadí a mohou sloužit i jako zásobní bílkoviny (Therras *et al.*, 1995). AMPs jsou heterogenní bílkoviny s nízkou molekulární hmotností, které jsou uznávány jako důležité součásti obranného systému rostlin (Lehrer & Ganz, 1999). Transgenní rostliny obsahující antimikrobiální bílkoviny, prokázaly

zvýšenou odolnost vůči mikrobiálním patogenům. Vysoký zájem o extrakty s antimikrobiální aktivitou je ve fytopatologickém a medicínském výzkumu (Epple *et al.*, 1998).

Zástupce antimikrobiálních bílkovin:

- **Puroindolin** (bílkovina s antimikrobiální aktivitou)

Nová bílkovina puroindolin byla izolována z endospermu pšenice pomocí povrchově aktivní látky Triton W-1 14 (Blochet *et al.*, 1993). Puroindolin do značné míry ovlivňuje tvrdost obilných zrn (Capparelli *et al.*, 2003). Tato bílkovina je spojená se škrobem (Dixon *et al.*, 1990) a tvoří bílkovinný komplex friabilin. Friabilin, izolovaný z povrchu škrobových zrn, obsahuje 2 hlavní bílkovinné jednotky, puroindolin A a B. Puroindolin je bohatý na tryptofan, který je odpovědný za vazbu na fosfolipidy škrobových zrn (Gautier *et al.*, 1994). Může být také membranotoxin, který by mohl hrát roli v obranných mechanismech rostlin proti mikrobiálním patogenům (Weiguo *et al.*, 2003).

3.2.1 Bílkoviny zrna pšenice

Význam pšenice seté (*Tritium aestivum* L.) v České Republice vyplývá z jejího dominantního postavení ve struktuře obilnin i ostatních plodin pěstovaných na orné půdě, kde zaujímá cca 30 % z celkové plochy (Hrušková *et al.*, 2008a). Na první místo světově nejpěstovanějších obilovin se řadí pšenice, která společně s rýží a kukuřicí zabezpečuje výživu převážné části lidstva na naší planetě. Z hlediska potravinářského průmyslu jsou nejdůležitější požadavky na kvalitu zrna. Vzhledem k množství nadprodukce pšenice cca 1,2 mil. t (tj. kolem 35 % z celkové produkce) stoupá její význam v nepotravinářském využití (Hrušková *et al.*, 2008a) např. při výrobě škrobu, bioetanolu, biodegradovatelných materiálů, krmiv atd.

Nejvýznamnějšími bílkovinami pšenice jsou rezervní, ve vodě nerozpustné gliadiny (prolaminy) a gluteniny reprezentované řadou příbuzných bílkovin vzájemně se poněkud lišících složením aminokyselin (např. gliadinových bílkovin bývá u každé odrůdy pšenice několik desítek) (Velíšek, 2002) (viz výše Tab. 1). Množství bílkovin kolísá v rozpětí od 8 do 20 % v sušině zrna a v různých částech zrna, relativně nejvyšší je v aleuronové vrstvě a klíčku (Hrušková *et al.*, 2008a).

Pšeničná mouka obsahuje 7 – 13 %, ale i až 15 % bílkovin. Asi 20 % jsou zastoupeny ve vodě rozpustné bílkoviny (cytoplasmatické bílkoviny, enzymy s aktivitou α- a β-amylasy,

proteasy, lipasy, fytasy, lipoxygenasy aj. enzymy) a 80 % bývá gliadinů a gluteninů (Velíšek, 2002). Aminokyselinové složení bílkovin pšenice je uvedeno v Tab. 2.

Tab. 2 Obsah aminokyselin v zrnu pšenici (v g vztaženo na 16g dusíku) (Velíšek, 2002).

Aminokyselina	v g vztaženo na 16g dusíku
Alanin	**3,6**
Arginin	**4,6**
Asparagin	**4,9**
Cystein	**2,5**
Glutamin	**29,9**
Glycin	**3,9**
Histidin	**2,3**
Isoleucin	**3,3**
Leucin	**6,7**
Lysin	**2,9**
Methionin	**1,5**
Fenylalanin	**4,5**
Prolin	**9,9**
Serin	**4,6**
Threonin	**2,9**
Tryptofan	**0,9**
Tyrosin	**3,0**
Valin	**4,4**
Celkem EAA [a)]	**32,8**
Celkem AA [b)]	**96,5**
EAAI (%) [c)]	**68**
AAS [d)]	**44**
Limitující AA	**Lysin**

a) EAA = esenciální aminokyseliny

b) AA = aminokyseliny

c) EAAI = index esenciálních aminokyselin

d) AAS = aminokyselinové skóre pro limitující aminokyseliny

Charakteristika jednotlivých bílkovin pšenice

Prolaminy obecně obsahují vysoké procentuální zastoupení glutaminu a prolinu a společně s gluteninovými bílkovinami představují lepek, elastickou hmotu obilnin se značným technologickým významem (Hulín *et al.,* 2007).

„Mokrý“ pšeničný lepek je viskoelastická hmota, složená ze dvou třetin z vody a z jedné třetiny z hydratovaných gliadinových a gluteninových bílkovin (Yada, 2004), které u citlivých jedinců vyvolávají imunitní odpověď vedoucí k histologickým změnám sliznice tenkého střeva (Wahab *et al.,* 2001). Intolerance na lepkové bílkoviny se odborně nazývá glutenová enteropatie nebo-li celiakie (Lukáš *et al*., 2005). Organismus pacienta postiženého celiakií respektive jeho trávicí soustava není schopna strávit potraviny obsahující lepek. Mezi symptomy celiakie patří například opakované nebo dlouhodobé průjmy, únava, bolesti kostí, bolesti břicha, slabost, anémie, křeče svalů (Lukáš *et al*., 2005).

Burkhard (2006) uvádí, že prolaminy pšenice (gliadiny) a ječmene (hordeiny) jsou považovány za toxické ve vztahu k celiakii, zatímco prolaminy kukuřice (zeiny) jsou považovány za netoxické a názory na toxicitu prolaminů ovsa (aveniny) se různí. Lepek se vyznačuje vysokou elasticitou vlivem obsahu polymerních gluteninů a viskozitou, která je způsobena hlavně přítomností monomerních gliadinů. Právě tyto neobvyklé vlastnosti mají zásadní vliv na využití pšenice v potravinářské výrobě (Tatham *et al.,* 2000).

Gliadinové bílkoviny

Nejvíce prozkoumanou skupinou gliadinů z hlediska chemické struktury jsou gliadiny pšenice (Shewry *et al.*, 2002). Jsou uložené v obalové vrstvě obilky – endospermu, bohaté na aminokyseliny asparagin, glutamin (36 - 45 %), prolin (14 - 30 %) (Abrol *et al.,* 1971). Naopak velice chudé jsou na bazické aminokyseliny arginin, lysin a histidin, což souvisí s malou rozpustností gliadinů ve vodě (Velíšek, 2002).

Mají relativní molekulovou hmotnost 30 kDa, ale také více než 100 kDa, obvykle mezi 80 kDa (Velíšek, 2002). Molekuly gliadinů a gluteninů obsahují krátké úseky α-helixů. V oblastech α-helixů se vyskytují 1 - 2 cysteinové zbytky vzájemně spojující podjednotky do dlouhých řetězců (Velíšek, 2002). První pokusy o jejich rozdělení gelovou elektroforézou vyústily v rozdělení na α-, β-, γ- a ω-gliadiny podle klesající mobility v gelu. Pozdější studie prokázaly, že neexistuje zcela přímá spojitost mezi pohyblivostí bílkovin v gelu a jejich základní strukturou, takže se nakonec α- a β-gliadiny sloučily do jedné skupiny jako α-gliadin, dále došlo k rozdělení ω-gliadinů na ω-5 a ω-1,2 gliadiny (Wieser, 1996).

ω-Gliadiny se skládají téměř výhradně z repetitivních aminokyselinových sekvencí PQQQF nebo PQQPFPQQ (Shewry *et al.*, 1990).

γ-Gliadin se liší od α- a β-gliadinů v aminokyselinovém složení, a to přítomností asparagové kyseliny, prolinu, methioninu, tyrosinu, fenylalaninu a tryptofanu. Obsahují v C-koncovém úseku osm molekul cysteinu tvořících intramolekulární disulfidové vazby (Shewry *et al.*, 2002).

α- a β-Gliadiny obsahují ve svých řetězcích šest molekul cysteinu, které tvoří tři intramolekulární disulfidové můstky. Jednotlivé skupiny se rozlišují hlavně podle N-koncového aminokyselinového složení (Shewry *et al.*, 2002). Plní zejména zásobní funkci při klíčení a vývoji rostliny (Shewry *et al.*, 1990).

Gluteniny

Lepkové bílkoviny jsou zásobní bílkoviny obilného zrna, kde gluteniny hrají významnou roli při klíčení zrna jako zdroj dusíku, a to díky vysokému obsahu glutaminu (typicky 22 − 45 % v některých případech 56 % všech aminokyselin) (Šalplachta *et al.*, 2005).

Dělí se na nízkomolekulární (LMW) a vysokomolekulární (HMW) podjednotky, které obsahují intermolekulární disulfidové vazby. Molekulové hmotnosti gliadinů a LMW gluteninů leží zhruba v rozmezí 30 až 40 kDa zatímco pro HMW gluteniny je typická molekulová hmotnost v rozmezí 65 až 90 kDa (Dworschak *et al.*, 1998).

Gluteninové podjednotky obsahují vysoké procento glycinu, prolinu a glutaminu. V nativní formě tvoří polymerní struktury, které mohou obsahovat i podjednotky S-Rich prolaminů. HMW a LMW podskupiny gluteninů je možno snadno identifikovat pomocí SDS-PAGE po předešlém vyloučení gliadinových frakcí (Shewry *et al.*, 2002).

3.2.2 Bílkoviny zrna ječmene

Ječmen patří mezi nejstarší zemědělské plodiny z čeledi lipnicovitých trav. Zahrnuje 25 druhů planého ječmene a jeden druh kulturní nazývaný ječmen setý (*Hordeum vulgare*), který patří k hospodářsky nejvýznamnějším rostlinám (Lekeš, 1985).

Odrůdy ječmene jsou, podobně jako u celé řady dalších hospodářsky využívaných druhů plodin, základním nosným prvkem kvality. Zrno ječmene je zdrojem mnoha významných látek, umožňujících jeho široké využití, např. surovina pro výrobu sladu (Psota & Ehrenbergerová, 2008a).

Ječmen je jako čtvrtý nejvíce pěstovaný na světě po pšenici rýži a kukuřici (Yalcin *et al.*, 2008). Ječmen stále získává větší oblibu jako součást lidské stravy. Nedávný výzkum rozpustné vlákniny β-glukanu (Food and Drug Administration, 2005) přinesl zajímavé výsledky z hlediska lidského zdraví a to, že tato rozpustná vláknina snižuje hladinu cholesterolu v krvi (Kalra *et al.*, 2000) a glykemický index (Wood, 2004). Kromě toho, ječmen představuje potenciálně hojný a cenově dostupný zdroj rostlinných bílkovin (Shewry, 1993).

Pro zjednodušení směsí bílkovin extrahovaných z ječných obilek byl využit Osbornův systém rozpouštědel, který tyto bílkoviny rozděluje do čtyř skupin (viz výše v kapitole 2.2. Bílkoviny vybraných obilnin) na albuminy, globuliny, hordeiny, gluteliny (Chmelík *et al.*, 2002).

Charakteristika hlavních bílkovin ječmene

Hordeiny

Hordeiny jsou hlavní zásobní bílkoviny ječmene, bohaté na prolin a glutamin (Čížková *et al.*, 2006). Řadí se mezi prolaminy, které jsou extrahovatelné roztokem alkoholu a tvoří asi 35 – 55 % z celkových bílkovin zrna (Shewry, 1993).

Evans *et al.*, (1999) vytvořili nový přehled bílkovin pozitivně působících na pěnu při výrobě piva. Hordeinová frakce ječmene se dělí podle molekulové hmotnosti na HMW (vysokomolekulární frakce) D-hordein, C-hordein a LMW (nízkomolekulární frakce) B-hordein. Do HMW frakce zařadili Evans *et al.*, (1999) převážně bílkoviny v rozsahu molekulových hmotností 35 až 50 kDa a do frakce LMW řadí bílkoviny s molekulovou hmotností 5 až 15 kDa. HMW frakce obsahuje převážně protein Z a LMW frakci tvoří LTP1 (Lipid Transfer Protein 1) a směs hordeinových a glutelinových fragmentů (Evans & Hejgaard, 1999).

C-hordeiny se stávají ze 4 až 15 jednotlivých bílkovin v závislosti na odrůdě a jejich molekulová hmotnost se pohybuje mezi 55 − 70 kDa, jejich typickým znakem jsou repetitivní sekvence složené převážně z oktapeptidu PQQPFPQQ, dále pak pentapeptidu PQQPT poblíž N-koncové části. Složení repetitivního oktapeptidu (4× Gln, 3× Pro, 1× Phe) odpovídá i poměrnému zastoupení těchto aminokyselin v celé bílkovině. C-hordeiny neobsahují cystein, v jednom molu obsahují 1 methionin a 0 − 2 lysinové zbytky. Sekundární struktura těchto bílkovin se vyznačuje výskytem repetitivních sekvencí vedoucích ke vzniku β-ohybu a β-hřebenů (Shewry *et al.*, 2002).

D-Hordeiny jsou značně podobné HMW frakci pšeničních bílkovin (Hulín *et al.*, 2007) pro které je typická molekulová hmotnost v rozmezí 65 až 90 kDa (Dworschak *et al.*, 1998) (výše zmíněno).

B-hordeiny tvoří 80 − 90 % všech prolaminů ječmene a jejich aminokyselinové složení je zhruba podobné se složením ostatních na síru bohatých (S-Rich) prolaminů, tedy α-, β-, γ-gliadinů a γ-sekalinů. Struktura B-hordeinů obsahuje obvykle C-koncovou část složenou z repetitivních sekvencí bohatých na prolin, N-koncovou část obsahující cysteinové řetězce a konformačně se značně podobá odpovídajícím bílkovinám gliadinové frakce pšenice s mírně zvýšeným podílem β-helixů. Molekulová hmotnost bílkovin této frakce se pohybuje obvykle v rozmezí 20 − 50 kDa (Velíšek, 2002).

V negativním smyslu se hordeiny podílí na vzniku koloidních zákalů piva (Čížková *et al.*, 2006).

Albuminy

„Protein Z“ představuje 10 až 25 % všech nedialyzovatelných bílkovin piva a je přibližně z jedné třetiny glykosylován. Protein Z je ječná albuminová bílkovina o molekulové hmotnosti přibližně 40 kDa, která patří do HMW frakce, mezi ječné serpiny (Serine Proteinase Inhibitors) a je tvořena několika homologními bílkovinami (Čížková *et al.*, 2006). Kaersgaard & Hejgaard (1979) spojili protein Z, jako první bílkovinu, se stabilitou pivní pěny.

Vyšší obsah dusíkatých látek nad 12 % v zrnu je pro sladaře nepřijatelný, naopak pro krmné a potravinářské účely je z nutričního hlediska žádoucí co nejvyšší obsah dusíkatých látek (15 % a více) a pro mláďata pak i vyšší obsah esenciálních aminokyselin, potřebných pro růst (např. methionin, lysin). Přestože ječmen není na dusíkaté látky nejbohatší, vzhledem k jeho vysokému podílu ve výkrmu prasat, vnáší do krmné dávky cca 50 % jejich potřeby a 40 % potřeby esenciálních aminokyselin (Psota & Ehrenbergerová, 2008a).

Biologická hodnota bílkovin ječmene je vyšší oproti pšenici a kukuřici, neboť obsahuje nižší podíl prolaminů a vyšší podíl biologicky přístupných esenciálních aminokyselin (Psota & Ehrenbergerová, 2008a).

3.2.3 Bílkoviny zrna ovsa

Oves patří mezi složky tzv. funkčních potravin, které poskytují konzumentům nejen živiny, ale zlepšují i jejich zdravotní stav díky přirozenému obsahu látek v nich obsažených (Moudrý *et al.*, 2008a). Welch (1999) označuje zrno za multifunkční potravinu díky

potenciálním vlivům na lidský organismus. Pozoruhodná nutriční hodnota ovsa spočívá v relativně vysokém obsahu a správném složení aminokyselin v bílkovinách. Potravinářské využití ovsa má však u nás malou tradici (Moudrý, 2003).

Oves se využívá pro výrobu vloček a potravin zdravé výživy. Velice významné je především využití ovsa pro krmné účely. Oves je typickým krmivem pro koně. Pozitivně působí na povzbuzení pohlavního pudu a u samic je popisován laktogenní účinek. Je vhodným krmivem i pro mláďata (nahý nebo loupaný) pro své pozitivní působení na sliznici trávicího traktu. Tyto příznivé účinky jsou připisovány slizovitým látkám, které jsou tvořeny polysacharidy (hlavně β-glukany). Oves je možné využívat i na zelené krmení nebo pro silážování.

Obsah dusíkatých látek v zrně pluchatého ovsa se pohybuje kolem 12,1 až 16,3 %, zatímco u nahého mezi 15,2 až 23,6 % (Moudrý, 1991). Jejich obsah závisí na úrodnosti půdy, dávce a době aplikace dusíku a dalších faktorech (Moudrý *et al.*, 2008a). Oves se všeobecně v relaci k ostatním obilovinám vyznačuje příznivým aminokyselinovým složením (Campbell, 1996). Tab. 3 uvádá aminokyseliny, které jsou nejvíce zastoupeny v aminokyselinovém složení bílkovin u nahého ovsa.

Tab. 3 Obsah nejvíce zastoupených aminokyselin v obilkách nahého ovsa (v $g.kg^{-1}$) (Moudrý & Vavreinová, 1998).

Aminokyselina	$g.kg^{-1}$
Lysin	**4,6**
Valin	**4,9**
Isoleucin	**3,2**
Leucin	**8,4**
Threonin	**2,8**
Fenylalanin	**3,2**

Oves se vyznačuje ve srovnání s pšenicí, žitem a ječmenem výrazně nižším zastoupením prolaminů (Shewry *et al.*, 1995). Obsahuje přibližně 10 – 15 % prolaminů z celkového množství bílkovin, zatímco pšenice 40 – 50 %, žito 30 – 50 %, ječmen 35 – 45 % (Janatuinen *et al.*, 1995).

Capouchová *et al.* (2004) zaznamenali podíl albuminů a globulinů 37 – 41 %, podíl prolaminů 15 – 18 % a zastoupení glutelinů 34 – 38 %. Capouchová *et al.* (2006) s použitím

SDS-PAGE zjistili, že ve srovnání s pšenicí se zrno ovsa vyznačovalo podstatně nižším zastoupením vysokomolekulárních podjednotek glutelinů (HMW), nižším zastoupením nízkomolekulárních podjednotek (LMW) glutelinů a prolaminů a vyšším zastoupením zbytkových albuminů a globulinů.

Bylo zjištěno, že α-, β-, γ- prolaminy obsahují sekvence aminokyselin, které jsou toxické pro pacienty s celiakií, zatímco ω-prolaminy sekvence aminokyselin, toxické pro pacienty s celiakií, neobsahují (Rottmann, 1996). Kumar & Farthing (1995) poukazují na fakt, že jsou aveniny (ovesné prolaminy) odpovědné za toxicitu ovsa u celiakálních pacientů.

3.2.4 Bílkoviny zrna kukuřice

Kukuřice je po rýži a pšenici třetí nejdůležitější světová obilnina. Pěstuje se hlavně pro zrno, pro přímý konzum, ke konzervování nezralých palic, jako silážní plodina i na zelenou píci. Kukuřice pochází z Jižní a Střední Ameriky. Pěstovali ji Mayové, Inkové a Aztékové (Šašková *et al.*, 1993). Kukuřice patří mezi potravinové komponenty zahrnuté v dietách pro celiaky s intolerancí na pšeničný lepek.

Přibližně 16 % bílkovin z celého obsahu v zrně připadá na embryo, okolo 80 % na endosperm a zbytek je v obalech zrna (Zimolka *et al.*, 2008). Pro deficit lysinu a tryptofanu je kukuřičná bílkovina neplnohodnotná (Velíšek, 2002). Biologická hodnota klíčků kukuřičného zrna na rozdíl od zeinu v zrně kukuřice je vysoká, proto se jimi doplňují i některé potraviny, které je třeba obohatit bílkovinami a vitamínem B1 (Zimolka *et al.*, 2008).

Charakteristika bílkovin kukuřice

Podstatnou část dusíkatých sloučenin v zrnu kukuřice tvoří bílkoviny. Jejich obsah se pohybuje průměrně okolo 10 % - může však dosáhnout i 20 %. Na nebílkovinný dusík připadá jen 1 – 5 %. Obdobně jako u ostatních obilovin sestávají bílkoviny kukuřice z frakcí: albuminy, globuliny, prolaminy, gluteliny (Zimolka *et al.*, 2008).

Kukuřičné bílkoviny tvoří asi z 50 % zein, který patří mezi gliadiny a 45 % zeanin, který se řadí mezi gluteliny. Aminokyselinové složení kukuřice uvádí Tab. 4.

Tab. 4 Obsah aminokyselin v zrnu kukuřice (v g vztaženo na 16 g dusíku) (Velíšek, 2002).

Aminokyselina	v g vztaženo na 16 g dusíku
Alanin	7,5
Arginin	4,2
Asparagin	6,3
Cystein	1,6
Glutamin	18,9
Glycin	3,7
Histidin	2,7
Isoleucin	3,7
Leucin	12,5
Lysin	2,7
Methionin	1,9
Fenylalanin	4,9
Prolin	8,9
Serin	5,0
Threonin	3,6
Tryptofan	0,7
Tyrosin	3,8
Valin	4,8
Celkem EAA [a)]	40,2
Celkem AA [b)]	97,5
EAAI (%) [c)]	55
AAS [d)]	41
Limitující AA	Lysin

Zein

Zein se získává z tzv. kukuřičného mokrého mletí jako kukuřičný lepek (CGM) (Momany *et al.*, 2006). Maxam & Gilbert (1980) určili celou sekvenci nukleotidů bílkoviny zeinu a zjistili, že bílkovina je kódována 225 aminokyselin. Zein má vysoké průmyslové využití hlavně pro jeho jedinečné vlastnosti. Jedná se o thermoplasticitu a hydrofobnost. Hydrofobní charakter zeinu souvisí s jeho vysokým obsahem nepolárních aminokyselin

(Reiners, 1973). Kukuřičný zein má filmotvorné vlastnosti, tvoří lesklé filmy, odolné vůči tukům a mikrobům. Povlaky mají velmi široké použití na různé potraviny, například jsou aplikovány na vyloupané ořechy, karamely, bonbóny nebo na pečené krůtí plátky. Vytvořené filmy jsou odolné vůči dlouhodobé expozici slunečnímu záření. Opakovaným cyklům zmražení a rozmražení odolávají dobře (Mokrejš *et al.,* 2008)

3.3 Bílkoviny semen vybraných luskovin a olejnin

Luskoviny

Důležitým zdrojem bílkovin ve výživě jsou luštěniny. V ČR jsou nejvíce konzumovány luskoviny hrách, fazole, čočka, a sója. V poslední době se na trhu nově objevily některé další druhy (např. cizrna, vigna, mungo a další). Bílkoviny představují nejvýznamnější složku semen luskovin. Jejich obsah se pohybuje v rozmezí 200 – 400 $g.kg^{-1}$ hmotnosti semen, tj. 22 – 45 % sušiny (Hosnedl *et al.,* 1998; Velíšek, 2002). Bílkoviny semen luskovin jsou složeny ze dvou hlavních frakcí (Lahola, 1999).

Odhad denzitometrickou kvantifikační metodou pomocí SDS-PAGE gelů (Casey, 2003):

- 33 – 57 % albuminů (17 – 39 % leguminů)
- 49,2 – 81,8 % globulinů (24 – 45 % vicilinů, convicilin 3,9 – 8,3 %)

V Tab. 5 je uveden procentuální obsah bílkovin u vybraných luštěnin.

Tab. 5 Průměrný obsah bílkovin v semenech luskovin (Prugar *et al.*, 2008).

Druh luskoviny	Zastoupení bílkovin (%)	Ø (%)
Hrách	**22 – 28**	**24,5**
Fazole	**21 – 28**	**21,5**
Čočka	**25 – 30**	**24,7**
Cizrna	**19,5**	*****
Lupina	**32– 39**	*****
Sója	**34 – 40**	*****

* Prugar *et al.* 2008, v literatuře průměrný obsah (Ø) neuvádí

Albuminy (10 – 25 %)

Albuminy jsou složky zárodku. Jsou to bílkoviny strukturní a enzymatické, vytvářející komplexní struktury se sacharidy, lipidy a nukleovými kyselinami. Jsou výhodnou složkou nutriční jakosti (Lahola *et al.*, 1990).

Globuliny (60 – 80 %)

Globuliny utvářejí rozhodující podíl bílkovin zásobního charakteru. Jsou obecně klasifikovány do dvou hlavních skupin na základě jejich sedimentačního koeficientu (S) a to na 11S, které se nazývají leguminy a 7S nazvané viciliny a conviciliny. Relativní molekulová hmotnost leguminů je 60 - 80 kDa a jsou tvořeny oligomery nebo hexamery. U vicilinů je molekulová hmotnost 47 - 50 kDa a u convicilinů 70 kDa, obě skupiny jsou tvořeny trimery (Casey, 2003).

Syntéza albuminů převládá v časných fázích vývinu semen, potom dochází k převažující syntéze globulinů (Velíšek, 2002).

Pro luskoviny (viz výše zmíněno) je charakteristický deficit sirných aminokyselin (methionin, cystein, tryptophan). Nejvážnějším problémem je nedostatek tryptophanu, jehož doplňování v krmných dávkách zvířat je problematické s ohledem na malé přírodní zdroje a velmi drahou syntetickou výrobu (Lahola *et al.*, 1990).

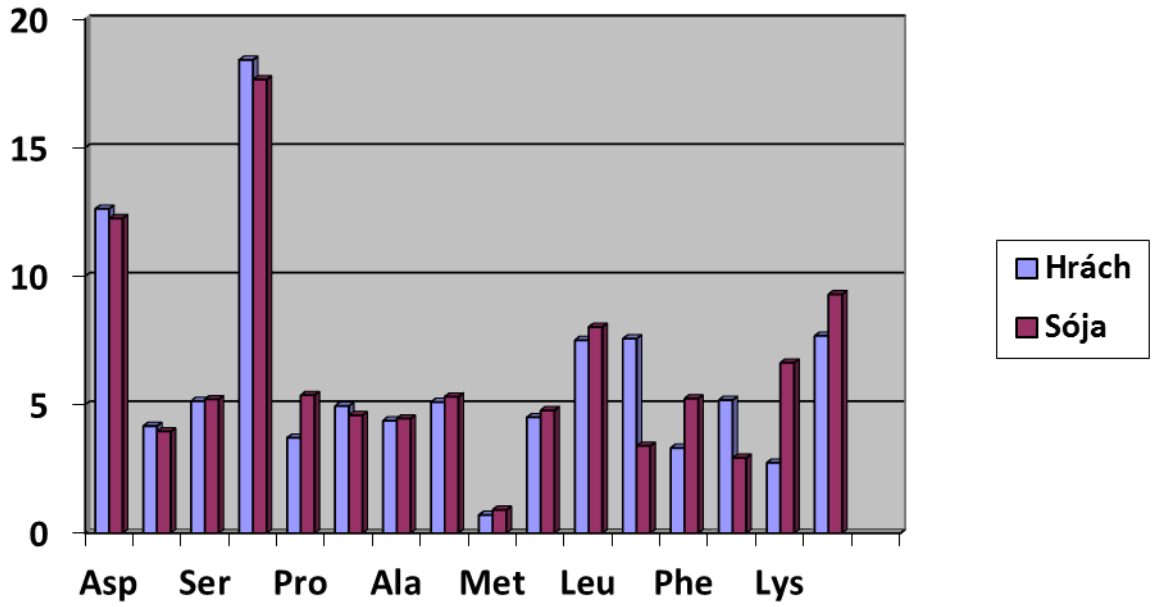
3.3.1 Bílkoviny semen hrachu

Hrách je díky mnohostrannému využití v evropských podmínkách nejdůležitější luskovinou a je nejrozšířenější luskovinou mírného pásma. Konzumována jsou zralá semena hrachu setého polního (Lahola *et al.*, 1990). Celkový obsah bílkovin hrachu je nižší než v semenech sóji, ale vyšší než u obilovin. Je různý u jednotlivých odrůd, avšak v průměru se pohybuje kolem 25 % (Carrouee & Gatel, 1995). Ke krmným účelům se šrotují suchá semena hrachu nevhodná k potravinářskému využití. Šrot je významným bílkovinným komponentem do krmných směsí.

Hrachové globuliny vicilin a convicilin jsou potenciální hlavní alergeny u hrachu (Monge *et al.*, 2004).

V Grafu 1 je vyjádřen rozdíl mezi vybranými AK u hrachu a sóji.

Graf 1 Rozdíly u vybraných AK v hrachové a sojové bílkovině (Suchý *et al.*, 2009).



Z grafu 1 vyplývá, že aminokyselinové spektrum hrachových bílkovin je velmi podobné aminokyselinovému spektru bílkovině sóji. Dokonce obsahuje vyšší zastoupení některých esenciálních aminokyselin (EAA) jako thyrosin, lysin a arginin. Oproti sojovým bílkovinám obsahuje hrachová bílkovina o něco méně valinu, methioninu, isoleucinu a leucinu (Suchý *et al.*, 2009).

Nejhodnotnější složkou hrachu je bílkovinná frakce, která se extrahuje a dále čistí a vzniká bílkovinný izolát. Hrách, stejně jako jiné luštěniny však obsahuje řadu antinutričních a antifyziologických faktorů, které negativně ovlivňují kvalitu bílkovin. Hledají se proto postupy výroby, pomocí kterých by se získaly bílkovinné izoláty bez těchto nežádoucích faktorů. Izoláty kvalitní hrachové bílkoviny se zlepšenými výživovými a fyziologickými vlastnostmi mohou nahradit v řadě aplikací jiné zdroje bílkovin, např. sójovou bílkovinu (Belitz *et al.*, 2009).

Olejniny

Olejniny jsou rostliny hromadící v plodech, semenech nebo jiných částech tuky, které se průmyslově zpracovávají. Celosvětově nejvýznamnější olejninou je sója a v České republice řepka olejná (ozimá). Většina olejnin se používá na výrobu oleje pro potravinářské nebo technické účely. Jako krmné komponenty se používají hlavně vedlejší produkty olejářského

průmyslu, pokrutiny a extrahované šroty, které slouží jako bílkovinné komponenty krmných směsí.

3.3.2 Bílkoviny semen sóji

Sója (semena sóji) má, díky svému odlišnému složení, mnohem širší využití v lidské výživě než ostatní luštěniny. Je dáno chemickým složením semen, především vysokým obsahem bílkovin a lipidů a obsahem řady biologicky aktivních látek. Sojové boby sója luštinatá patří mezi luštěniny, z hlediska technologického zase mezi olejniny. Používají se především jako hodnotné krmivo (Dostálová & Prugar, 2008a).

Velikou výhodou sójových bílkovin je, že jejich příjem není spojen jako v případě živočišných bílkovin s některými nežádoucími složkami, především cholesterolem. Rovněž problém reziduí PCB nepřichází v případě sóji v úvahu (Dostálová, 1990).

Sója je nazývána rostlinným masem, rostlinou budoucnosti. Obsahuje nejvíce bílkovin ze všech plodin, a to bílkovin plnohodnotných. Její bílkovina je srovnatelná s bílkovinou masa, mléka i vajec (Dostálová, 1990).

Sójové bílkoviny poskytují všechny esenciální aminokyseliny potřebné k plnění lidských vyživovacích požadavků a působí proti fyzickému stresu. Kompletní bílkovinné složení je vzorem všech rostlinných zdrojů bílkovin i na výjimku deficitu sirných aminokyselin (např. methionin) (Scrimshaw *et al.*, 1985).

Sojové bílkoviny mohou ve skutečnosti zvýšit nutriční kvalitu jiných rostlinných produktů. Aminokyseliny, které jsou omezeny v jiných bílkovinách, mohou být přítomny v přebytku u jiných rostlinných bílkovin. Například výrobky sójové bílkoviny obsahují vyšší množství lysinu, která přesahuje lidské potřeby. Proto, produkty sójové bílkoviny poskytují vynikající způsob, jak upravit nedostatek lysinu u produktů, které obsahují méně lysinu (pšenice, kukuřice) (Kolar *et al.*, 1985). Tomuto postupu se říká obohacováním potravin nebo-li fortifikace.

Produkty sóji

Sojová mouka a krupice

Sojová mouka a krupice jsou vyrobeny z oloupaných a lisovaných sojových vloček buď před, nebo po odstranění oleje. Obsah bílkovin v sušině mouk a krupic je 40 až 54 %. Sojová mouka a krupice jsou nejméně rafinované formy produktů sójové bílkoviny používané

k lidské spotřebě, a mohou se lišit v obsahu tuku, velikosti částic a stupněm tepelného zpracování (Endres *et al.*, 2001).

Sojové bílkovinné koncentráty

Sojové bílkovinné koncentráty jsou připraveny z oloupaných odtučněných, vody zbavených sojových semen. Obsahují v sušině nejméně 65 % bílkovin (Endres *et al.*, 2001).

Nefermentované sójové výrobky

Sójová mouka: Existuje odtučněná (50 % bílkovin) a tučná (40 % bílkovin) sójová mouka, přičemž oba dva druhy po smíchání s pšeničnou moukou získají vyšší nutriční hodnotu (Kadlec *et al.*, 2007).

Sójové mléko: Nazývané také jako sójový nápoj. Je to adekvátní náhrada za kravské mléko, která má ale nižší obsah vápníku a neobsahuje vitamin B12 (Pamplona-Roger, 2005).

Sojanéza: Sojanéza je sójový výrobek, který se používá jako napodobenina majonézy (Kadlec *et al.*, 2007).

Sójové bílkoviny: Vyskytují se v různých formách (koncentrované, oddělené nebo strukturované). Jejich množství se pohybuje mezi 70 a 96 %, a proto je sója vhodná pro přípravu bezmasých jídel (Pamplona-Roger, 2005).

Sójové kávoviny: Sojové kávoviny se využívají jako náhražky kávy. Vyrábí se ze sójových bobů stejným způsobem jako ostatní kávoviny. Sójové boby se čistí, krájí, suší, praží a rozemílají (Kadlec *et al.*, 2007).

Sójová vláknina: Jedná se o vlákninový koncentrát, který slouží jako výživový doplněk. Sójová vláknina se vyrábí ze sójových bobů, nejčastěji ze sójového endospermu. Jde o bílý prášek, který lze snadno vnášet do potravin a nápojů. Sójová vláknina má vysokou schopnost vázat vodu. Lze ji používat do mléčných výrobků a pečiva (Kadlec *et al.*, 2007).

Fermentované sójové výrobky

Tempeh: Tempeh jsou zkvašené, rozříznuté, vařené sójové boby, které jsou následně slisovány do koláčků. Je to indonéský výrobek a má jemnou chuť, tužší konzistenci a sytou ořechovou vůni (Piersonová, 2004).

Miso: Miso je pasta slané chuti, která se připravuje fermentací sójových bobů a soli. Používá se k dochucování (Slimáková & Jonáš, 1996). Miso je bohaté na minerály a snižuje v krvi cholesterol. Při kvasném procesu vznikají enzymy, které mají pozitivní vliv na trávení (Mandžuková, 2007).

Sójová omáčka: Sójová omáčka je vynikající přísadou pro ochucení a obarvení pokrmů. Vyrábí se z celých sójových bobů. Přidává se do omáček, pomazánek, salátů, pod maso a

zvláště pak k ochucení různých sójových pokrmů (Kadlec *et al.*, 2007). Sójová omáčka je bohatá na kvalitní a lehce stravitelné bílkoviny a má velké množství enzymů, minerálů a vitaminů (Mandžuková, 2007).

Zakysané sójové výrobky: Jedná se o výrobky podobné jogurtům, vyráběné ze sójových nápojů, případně z jejich směsí s kravským mlékem, zakysáním jogurtovými kulturami (Kadlec *et al.*, 2007).

3.3.3 Bílkoviny semen řepky

Řepka je jednou z nejdůležitějších olejnin na světě. Z hlediska produkce oleje zaujímá čtvrté místo (za sójou, palmou a bavlníkovým semenem). Řepka je bohatá na bílkoviny a po extrakci oleje je dobrým zdrojem bílkovin pro humánní účely. Bílkovinné izoláty získané z odtučněného řepkového šrotu se používají k fortifikaci potravin (obohacování potravin). Bílkovinné hydrolyzáty mohou být zdrojem bioaktivních peptidů (Kvasničková, 2004). U hydrolyzátů bílkoviny řepky byla zjištěna schopnost inhibovat HIV-proteázu. Rozšiřuje se tak oblast výzkumu zaměřeného na hledání inhibitorů HIV – proteázy z přírodních zdrojů (Kvasničková, 2004).

Podle aminokyselinového složení se řepkové produkty dají úspěšně srovnávat s plnotučnými sójovými boby (Aherne & Kennelly, 1985). V Tab. 6 je uveden procentuální obsah aminokyselin v řepce (Liu *et al.*, 1995). Ačkoli sója obsahuje více lysinu než řepka, obsah sirných aminokyselin je u řepkového semene vyšší (Aherne & Kennelly, 1985). Bell *et al*. (1988) uvádějí, že při zkrmování řepkových produktů bývá zpravidla limitující aminokyselinou lysin.

Tab. 6 Procentuální obsah aminokyselin v semenech řepky (Liu *et al*., 1995).

Aminokyselina	Řepka (%)
Alanin	**9,4**
Arginin	**13,5**
Asparagin	**16,3**
Cystein	**5,0**
Glutamin + kys. glutamová	**38,0**
Glycin	**10,8**
Histidin	**6,3**

Isoleucin	**9,0**
Leucin	**14,5**
Lysin	**13,2**
Methionin	**4,8**
Fenylalanin	**8,9**
Prolin	**14,2**
Serin	**9,4**
Threonin	**9,4**
Tryptofan	**3,1**
Tyroxin	**6,5**
Valin	**11,4**
Limitující AA	**Lys**

3.4 Bílkoviny hlíz vybraných okopanin

Okopaniny

Okopaniny jsou polní plodiny poskytující produkty s nízkým obsahem sušiny (10 – 30 %), což společně s jejich morfologickými a biologickými vlastnostmi ovlivňuje postupy pěstování, sklizně, posklizňové úpravy a skladování (Pulkrábek *et al.*, 2010).

3.4.1 Bílkoviny hlíz bramboru

Hlízy bramboru hlíznatého (*Solanum tuberosum* L.*)* jsou obecně považovány za rostlinný produkt mající význam hlavně v lidské výživě a pro zpracovatelský průmysl. V obou uvedených případech je význam bramborové hlízy spojen s obsahem škrobu jako hlavní zásobní látkou v hlíze a v případě přímé lidské výživy též jako významný zdroj vitaminu C a bílkovin (Bárta & Čurn, 2004).

Nutriční hodnota bramborových bílkovin je velmi vysoká a patří mezi nutričně nejhodnotnější bílkoviny rostlinného původu (Bárta & Čurn, 2004).

Zrůst (2004) uvádí, že obsah bílkovin je přibližně 50 % z celkového obsahu dusíkatých látek. V absolutních hodnotách je uváděn obsah bílkovin okolo 15 $g.kg^{-1}$ (Bárta & Bártová, 2007). Pro jednotlivé složky dusíkatých látek jsou uváděny následující relativní obsahy v bramborové hlíze: 50 % bílkoviny (tzv. čistá bílkovina), 15 % volné aminokyseliny, 23 % amidy a 12 % ostatní dusíkaté látky (např. glykoalkaloidy, adenin, guanin, hypoxanthin, trigonelin, xanthin, sekundární metabolity acetylcholin, narkotin) (Bárta & Bártová, 2007). Čistá bílkovina patří mezi nejhodnotnější bílkoviny rostlinného původu vůbec a svou biologickou hodnotou se blíží vaječné bílkovině (Vokál *et al.*, 2010).

Obsah dusíkatých látek včetně bílkovin v hlízách brambor závisí především na odrůdě, hnojení, agrotechnických a klimatických podmínkách (Shewry, 2003).

Bílkoviny bramboru mají příznivou skladbu aminokyselin, zejména je ceněn poměrně vysoký obsah lysinu. Za limitující lze považovat sirné aminokyseliny, hlavně methionin, cystein a potenciálně také isoleucin (Bárta *et al.*, 2008a). Bílkoviny brambor nejsou homogenní složkou. Jsou tvořeny zhruba ze 70 % globulinem (tuberin) a 30 % albuminem (tuberinin) (Bárta & Čurn, 2004).

Vysoká hodnota bramborové bílkoviny je dána obsahem esenciálních aminokyselin (Zrůst, 2004) viz Tab. 7.

Tab. 7 Obsah esenciálních aminokyselin v bílkovinách bramborových hlíz (Bárta & Čurn, 2004).

Aminokyselina	Brambory – průměrné hodnoty (v %)	Standardní vaječná bílkovina (v %)	Aminokyselinové skóre (v %)
Isoleucin	**5,1**	**6,3**	**81,0**
Leucin	**8,0**	**8,8**	**92,0**
Lysin	**6,6**	**7,0**	**94,3**
Methionin + cystein	**2,8**	**5,8**	**48,3**
Fenylalanin + tyrosin	**10,8**	**10,1**	**106,7**
Threonin	**4,7**	**5,1**	**92,2**
Tryptofan	**1,5**	**1,6**	**93,8**
Valin	**5,5**	**6,8**	**80,9**
Histidin	**1,9**	**2,4**	**79,2**

Biocidní účinky hlízových bílkovin brambor

Rostliny disponují řadou účinných pasivních (krycí pletiva, vosky, kutikula, pevná buněčná stěna) i aktivních (hypersenzitivní reakce, syntéza fytoncidů, fytoalexinů, specifických stresových bílkovin) systémů obrany, jejichž účelem je dosáhnout resistentní odpovědi, tedy nepřipustit nebo přemoci vliv škodlivého faktoru (Veronese *et al.*, 2003; Punja, 2004). Zvláštním typem resistence je tzv. indukovaná resistence, jejíž navození je často využíváno při potřebě izolovat z rostliny látky, které disponují biocidními účinky a nejsou rostlinou syntetizovány konstitutivně. Takovéto látky obvykle mají široké možnosti využití ve farmaceutickém průmyslu, v zemědělských biotechnologiích či potravinářství.

Největší podíl bílkovin hlíz představují patatin a inhibitory proteas (Bárta & Bártová, 2007) a ostatní bílkoviny hlíz bramboru (Pouvreau *et al.*, 2001). První dvě složky jsou považovány za zásobní bílkoviny hlíz, ale na rozdíl od typických zásobních bílkovin rostlin disponují významnými biologickými aktivitami, které jsou spojené s obranným systémem

rostliny a zejména patatin nabízí díky svým enzymovým a fyzikálně-chemickým vlastnostem uplatnění v biotechnologiích a v potravinářství (Bárta & Čurn, 2004).

Většina hlízových bílkovin patří mezi snadno rozpustné. Desborough (1983) uvádí, že albuminová frakce zaujímá 60 % a globulinová frakce 20 %. V současné době je preferována klasifikace hlízových bílkovin podle molekulové hmotnosti na tři hlavní skupiny (Pots, 1999):

- Patatin nebo-li patatinový komplex či rodina patatinových bílkovin
- Skupina proteasových inhibitorů (představují 20 - 30 % exrahovatelných bílkovin hlíz brambor)
- Ostatní bílkoviny s vysokou molekulovou hmotností účastnící se syntézy škrobu, např. fosforylasa s Mr 80 kDa.

Patatin, bílkoviny patatinového komplexu

Glykoprotein patatin tvoří 20 − 40 % rozpustných bílkovin bramborových hlíz (Bárta, 2002). Patatinové geny jsou kódovány v hlíze bramboru s výrazně nízkou možností přepisů v jiných tkáních (Prat *et al.,* 1990). V listech, stoncích a kořenech se vyskytuje pouze ve stopových množstvích, což je charakteristické pro zásobní bílkoviny hlíz (Shewry, 2003). Patatin je uložen ve vakuolách parenchymu (Straetkvern *et al.,* 1999) a reprezentuje skupinu imunologicky identických glykoproteinů s molekulární hmotností 40 – 43 kDa (v nativní konformaci je dimer) (Pots, 1999). Aminokyselinová sekvence monomeru čítá 366 aminokyselin (Bárta & Bártová, 2007). Pozitivně a negativně nabité postranní zbytky jsou náhodně rozloženy po celé sekvenci, stejně tak jsou v makromolekule přítomné jak oblasti α-helikální (33 %), tak oblasti s β-řetězcovou strukturou (Bárta & Čurn, 2004). Navázání sacharidové části 25 (asi 4 % relativní hmotnosti makromolekuly) na bílkovinnou část patatinu je uskutečněno prostřednictvím dvou zbytků asparaginu (v pozicích 60. a 90. aminokyseliny od N-konce řetězce) (Bárta & Bártová, 2007). Existuje až 15 imunologicky identických glykoproteinových isoforem patatinu, rozdělených do čtyř skupin: A (zaujímá 62 %), B (26 %), C (5 %) a D (7 %) (Bárta & Bártová, 2007). Příčinou existence těchto imunologicky identických isoforem patatinového komplexu je odlišná míra glykosylace a možné bodové mutace v primární struktuře bílkovin (změna v sekvenci aminokyselin) (Bárta & Čurn, 2004). Z hlediska genové exprese existují dvě třídy genů kódujících patatinové bílkoviny (Bárta & Bártová, 2008). Multigenová rodina třídy I je exprimována výhradně v hlízách (v 50-100krát vyšších hladinách), zatímco multigenová rodina třídy II je exprimována v nízkých hladinách v celé rostlině (Bárta & Bártová, 2007).

Fyziologické vlastnosti patatinového komplexu a jeho enzymová aktivita

V průběhu skladování hlíz a při jejich klíčení dochází k postupnému snižování obsahu patatinových bílkovin (Pots *et al.* 1999), což potvrzuje funkci zásobních bílkovin (Bárta & Čurn, 2004). Vedle fyziologické role zásobní bílkoviny má patatin hydrolytickou enzymovou aktivitu, která se pravděpodobně podílí na obranném systému rostliny proti houbovým patogenům a hmyzím škůdcům (Čabajová, 2009).

Biocidní účinky bílkovin patatinového komplexu

- aktivita nespecifické lipid acyl hydrolasy (Racusen, 1984).
- aktivita cytosolové fosfolipasy A2 a A1 (Jeminéz *et al*., 2001).
- aktivita kyselé β-1,3-glukanasy (Tonón *et al*., 2001).
- aktivita β-1,2-xylosidasy (Payer *et al*., 2004).

Tyto specifické enzymové aktivity dávají patatinovým bílkovinám předpoklad jejich účasti na obranném mechanismu rostliny (Peyer *et al*., 2004; Tonón *et al*., 2001).

Inhibitory proteas (PI´s)

Proteolytické enzymy (proteasy) zastávají důležitou funkci v organismu rostlin. Katalyzují štěpení molekuly bílkovin na menší řetězce a v závěru až na jednotlivé aminokyseliny. Tento proces se nazývá proteolysa a je klíčovým procesem všech živých organismů (Hanusová, 2008).

Přirozeně se vyskytující PI´s jsou primárně klasifikovány na základě typu, popř. typů enzymů, které inhibují. Zastoupení PI´s v hlízách je odhadováno na 20 – 30 % celkového množství bílkovin v hlíze (Melville & Ryan, 1972) s molekulovou hmotností PI´s od 5-25 kDa (Kärenlampi & White, 2009). PI´s jsou bohaté na cystein, jež hrají významnou roli v obranných mechanismech brambor (Povreau *et al.* 2001). Zejména obranné mechanismy proti atakujícímu hmyzu a mikroorganismům. Inhibují specifické proteasy hmyzu a patogenů, přičemž aktivitu vlastních proteas inhibují vyjímečně (Keil *et al.*, 1986).

Inhibitory proteas jsou tříděny do 4 třídy:

2. serinové proteasy (v aktivním místě je serin či histidin),
3. cysteinové proteasy (s cysteinem v aktivním místě),
4. aspartátové proteasy (s aspartátovou skupinou v aktivním místě)
5. metaloproteasy (s kovovým iontem, např. Zn2+ či Mn2+, v aktivním místě) (Neurath, 1984).

Povreau, *et al*., (2001) prezentovali, že inhibitory proteas jsou děleny do sedmi skupin na základě jejich molekulové hmotnosti, stavby molekuly, hodnoty isoelektrického bodu a počtu sulfidických můstků v molekule. Dělení PI´s je dle zvoleného systému následující:

- Bramborový inhibitor I (PI-1, Potato Inhibitor I)
- Bramborový inhibitor II (PI-2, Potato Inhibitor II)
- Bramborový cisternový inhibitor (PCPI, Potato Cystein Protease Inhibitor)
- Bramborový aspartátový inhibitor proteas (PAPI, Potato Aspartyl Protease Inhibitors)
- Bramborové inhibitory proteas Kunitzova typu (PKPI, Potato Kunitz Protease Inhibitors)
- Ostatní serinové inhibitory proteas (OSPI, Other Serine Protease Inhibitors)
- Bramborový karboxypeptidasový inhibitor proteas (PCI, Potato Carboxypeptidase Inhibitor)

Nejvíce zastoupenými rodinami jsou PI - 2 a PCPI, které představují 22 % (PI – 2) a 12 % (PCPI) ze všech bílkovin v hlíze bramboru (Pouvreau *et al*., 2001). Vlastnosti všech výše uvedených rodin PI´s jsou popsány v Tab. 8 (Pouvreau *et al*., 2001).

Tab. 8 Vlastnosti rodin PI´s, přítomných v hlíze bramboru (Pouvreau *et al*., 2001).

Skupina	Počet podjednotek	MW (kDa)	pI	Inhibované enzymy
PI – 1	**5**	**35 - 40**	**5,1 - 7,8**	**chymotrypsin, trypsin**
PI – 2	**2**	**20,5**	**5,5 - 5,9**	**trypsin, chymotrypsin**
PCPI	**1**	**20,1 - 22,8**	**5,8 - 9,0**	**papain, trypsin, chymotrypsin**
PAPI	**1**	**19,9**	**8,2**	**trypsin,chymotrypsin,cathepsinD**
PKPI	**1**	**20,2**	**8,0 - 9,0**	**trypsin, chymotrypsin**
PCI	**1**	**4,3**	**-**	**karboxypeptidasa A**
Ostatní	**1 - 2**	**21 - 24**	**7,5 - 8,8**	**trypsin, chymotrypsin, elastasa**

Jedním z nejznámějších inhibitorů proteas brambor je inhibitor typu Kunitz o Mr = 22 kDa, který se syntetizuje jako preprotein o Mr = 27 kDa. Přítomnost preproteinové formy byla nejpočetnější v poraněných listech (lokální odpověď) a dále také v neporaněných listech (systemická odpověď).

PI´s tvoří důležitou část obranného mechanismu rostlin, spojeného s rezistencí rostlin vůči hmyzu a patogenům. Vykazují rovněž mnoho dalších funkcí mimo rostlinu (Hanusová &

Čurn, 2006). U řady PI´s je studována možnost jejich využití při léčbě rakoviny, dermatitid, obezity či AIDS (Pouvreau *et al.*, 2001).

PI´s jsou přítomné v hlízách bramboru v relativně vysokém množství i bez předchozí indukce poraněním či patogenem a tato jejich přítomnost nasvědčuje tomu, že PI´s mohou sloužit i jako zásobní bílkoviny. Tuto možnou roli naznačil poprvé Pusztai (1972).

Shain & Mayer (1965) studovali interakce mezi proteasami podobnými trypsinu a PI´s v semenech salátu. Ve svých studiích dokázali, že PI´s mohou být aktivní vůči endogenním proteasam i u brambor.

Biocidní účinky inhibitorů proteas

- Inhibitory serinových proteas mají schopnost inhibovat trávicí enzymy trypsin a chymotrypsin hmyzích škůdců (Ondřej & Drobník, 2002), princip antimikrobiálního působení inhibitorů proteas není zcela znám (Selitrenikoff, 2001).

Ostatní bílkoviny hlíz brambor

K tzv. ostatním bílkovinám jsou řazeny bílkoviny, které nelze přiřadit k bílkovinám patatinového komplexu, nebo jde o bílkoviny, které nemají schopnost inhibovat proteasy (Bárta & Bártová, 2007).

Bílkoviny, zařazené do této skupiny, tvoří přibližně jednu třetinu všech hlízových bílkovin. Jsou zde zahrnuty bílkoviny s celkovou molekulovou hmotností vyšší než 40 kDa (Bauw *et al.*, 2006).

Za nejdůležitější bílkoviny této skupiny jsou považovány lektiny. Důvodem je jejich zapojení do obranného mechanismu rostlin. Jsou toxické pro vyšší organismy včetně člověka, kde navozují shlukování (aglutinace) buněk, např. buněk krevního séra. Lektiny procházejí gastrointestinálním ústrojím takřka beze změny a dokáží přivodit řadu odlišných systemických příznaků (Carlini & Grossi – de Sá, 2002).

Biocidní účinky ostatních bílkovin hlíz bramboru

- Biologická aktivita lektinu hlíz brambor (o velikosti 100 kDa), který se váže na chitin (Bárta & Bártová, 2007), byla testována na larvách blýskáčka řepkového (*Meligethes aenus* L.) spolu s dalšími bílkovinami hlíz bramboru. Účelem této studie bylo nalézt látky, s jejichž využitím by byla u řepky ozimé navozena rezistence vůči zmiňovanému škůdci (Ahman & Melander, 2003).

3.4.2 Bílkoviny hlíz topinamburu

Hlízy topinamburu s bohatým obsahem inulinu jsou využívány pro výživu lidí (uplatnění v redukčních dietách, potravina pro diabetiky) a průmyslové zpracování (výroba lihu a fruktosových sirupů). Ke krmným účelům slouží nať i hlízy a celou nadzemní fytomasu lze v suchém stavu využít energeticky na spalování. Topinambur je dosud největším komerčním zdrojem inulinu a fruktosy.

Topinambury v Evropě předešly rozšíření brambor, které je později jako hlíznatou plodinu vytlačily. V malém rozsahu je topinambur pěstován po celém světě, větším pěstitelem je Francie. Výnos hlíz se pohybuje ve značném rozpětí podle podmínek pěstování od 20 – 70 $t.ha^{-1}$ (4 – 15 $t. ha^{-1}$ sušiny), výnosy sušiny celkové biomasy mohou dosáhnout až 30 $t.ha^{-1}$ (Denoroy, 1996).

Obsah surové bílkoviny v topinamburu (2,4 g/100 g) je nepatrně vyšší než v bramborách (2,0 g/100 g). Pokud jde o aminokyselinové složení, je převažující kyselina asparagová a glutamová (0,86 a 0,83 % sušiny) a arginin 0,65 % sušiny, přičemž mezi odrůdami jsou velké rozdíly. V Tab. 9 je znázorněno průměrné složení hlíz topinamburu.

Tab. 9 Průměrné složení hlíz topinamburu (převzato Čepl www.agrokrom.cz).

Energetický obsah	**332,3 KJ/100g**
voda	**78,9 %**
Bílkoviny	**2,44 %**
Tuky	**0,41 %**
Cukry	**15,8 %**
Vláknina	**0,7 %**
popeloviny	**1,74 %**

3.5 Potravinářské a biotechnologické využití rostlin a rostlinných bílkovin

Na základě nastudované literatury, jde o utříděné poznatky z oblasti využití hospodářsky významných plodin a jejich majoritních bílkovin v potravinářství biotechnologiích, krmivářství, lékařství a dalších odvětvích.

3.5.1 Pšenice

Pšenice je jediná obilnina, jejíž bílkoviny vytvářejí viskoelastický gel (lepek) důležitý zejména pro kynutá těsta (Pečivová, 2006).

Nejvýznamnější aspekt lepku je pro potravinářský průmysl jako zboží, prodáváno pro široké použití po celém světě. Jeho nejvíce známá forma, je lepek v sušeném stavu jako "Vital pšeničný lepek", v této formě si udržuje své funkční vlastnosti. Používá se k obohacení mouky o vyšší obsah bílkovin, zvyšuje sílu těsta, texturu těsta, lepší vlastnosi těsta (skus, tuhost), vyšší absorbce vody vylepšuje pečené výrobky, dává jim jemnost a vyšší trvanlivost. Například zvýšením o 1% obsahu lepkových bílkovin u preclíků, se docílí menší křehkosti těsta, ale vyšší obsah bílkovin způsobí nežádoucí tuhost preclíků. Další využití lepku, díky schopnosti vázat vodu a tuk, je v masném průmyslu jako pojivo masných výrobků (Day *et al.*, 2006). Vzhledem k nebezpečí BSE (Bovinní spongiformní encefalopatie) lepkové bílkoviny převážně nahradily živočišnou želatinu u potr. výrobků (Van & Schueren, 2002).

Při získávání pšeničného škrobu ze zrna se izoluje lepek. Lepek se dál může využívat např. na výrobu potravinářských filmů nebo bílkovinných povlaků. Tyto „glutenové“ filmy mají funkční vlastnosti jako guma a jsou vzduchotěsné. Filmy jsou homogenní, transparentní, mechanicky pevné, relativně nerozpustné ve vodě, biologicky odbouratelné. Pro potravinářský průmysl se využívají jako ochranné bílkovinné povlaky, protože jsou jedlé a mají dobré vlastnosti na ochranu potravinářských výrobků. Filmy a povlaky se používají např. na maso a koláče. Své uplatnění v potravinářství mají také jako nosiče antioxidantů a přídatných látek u potravinářských výrobků (Gennadios *et al.*, 1993).

Celiakie (glutensenzitivní enteropatie) je chronické onemocnění, které postihuje nejen člověka, ale i monogastrická zvířata. Toto metabolické, geneticky podmíněné onemocnění může být definované jako porucha, při které dochází k poškození sliznice tenkého střeva, kde dochází k mizení klků a mikroklků. Tato disfunkce vedoucí k malabsorpci živin je spojená

s příjmem potravin, které obsahují bílkovinný komplex pšenice, ječmene, žita a ovsa, nazývaný gluten, a intolerance k němu přetrvává po celý život (Camafeita *et al.*, 1997).

Příznaky, které je možné sledovat u osob stižených celiakií, zahrnují typické projevy alergie na potravu, tedy průjem, malabsorbci, bolesti kostí, v některých případech anémii a přidruženou kožní vyrážku (dermatitis herpetiformis). Dodržováním striktní bezlepkové diety dochází k eliminaci příznaků a regeneraci poškozené střevní tkáně. Základní a doposud užívanou diagnostickou metodou je v případě celiakie histologické vyšetření poškození tenkého střeva pomocí duodenální biopsie (Hulín *et al.*, 2007).

Skladba podjednotek gluteninů a jejich využití pro predikci pekařské kvality pšenice (Výzkumný ústav rostlinné výroby, 2011)

Genetický potenciál odrůd pro pekařskou kvalitu pšenice je posuzován po mnoho let s využitím tzv. Glu–1 skóre, což je bodové ohodnocení jednotlivých nebo párů gluteninových podjednotek s HMW podle toho, jaký mají efekt na výslednou pekařskou kvalitu (vyšší hodnota predikuje lepší pekařskou kvalitu). Payne *et al*. (1987) vyvinul systém na základě složení HMW-GS a SDS sedimentačního testu, jehož výsledky mají úzký vztah k pekařské kvalitě. Cornich *et al*. (2005) tento systém inovovali na základě dalších kvalitativních parametrů pšenice a doplnili o bodové hodnocení některých dalších podjednotek (14+15, 20). Pokud odrůda obsahuje žitnou translokaci T1BL.1RS, dochází ve většině případů ke snížení pekařské kvality. Aby byla predikce pekařské kvality přesnější, je nutno Glu–1 skóre v případě přítomnosti žitné translokace upravit následujícím způsobem. Glu-1 skóre odrůd mezi 8 a 10 se snižuje o tři body, Glu-1 skóre mezi 5 a 7 se snižuje o 2 body a jeden bod se odečte, pokud je Glu-1 skóre mezi 3 a 4.

Pro LMW-GS podobný systém bodového hodnocení jednotlivých podjednotek či alel ve vztahu k pekařské kvalitě v současné době neexistuje.

Genové inženýrství přispělo o vytvoření nové odrůdy pšenice. Transformací byly zaneseny geny rezistence vůči suchu a běžným chorobám. Největší australská společnost pro pěstování pšenice Australian Grain Technologies Pty Ltd (AGT) vyšlechtila novou odrůdu pšenice rezistentní vůči suchu, která by měla přispět ke zvýšení výnosů v jižních a západních oblastech Austrálie. Podle tvrzení společnosti budou výnosy pšenice Espada dobré jak v suchých letech, tak i při vyšších srážkách. Hlavní předností této variety je ale velmi dobrá adaptace zejména na nízké srážky (Ondřej & Drobník, 2002).

Šlechtění ozimé pšenice a ječmene na odolnost vůči působení nízkých teplot (mrazuvzdornost) stále zůstává základním požadavkem při tvorbě nových odrůd.
V roce 1992 Houde *et al.* popsali u pšenice chladově indukovaný dehydrin WCS120 a navrhli tuto bílkovinu jako možný marker dosažené úrovně mrazuvzdornosti. Tato hypotéza byla ověřována i Vítámvás *et al.* (2007), kteří rozlišili po třech týdnech otužování dvě různě odolné odrůdy ozimé pšenice (Mironovská 808 a Bezostá) na základě různé úrovně akumulace dehydrinu WCS120 v listových pletivech.

3.5.2 Ječmen

Bílkoviny ječmene, jak bylo zmíněno v kapitole 3.2.2., jsou hlavní komponentou stabilizující pěnu piva (pěnivostně pozitivní bílkoviny), mají hydrofobní strukturu, která usnadňuje přechod bílkovin do pěny a umožňuje v mezifázovém rozhraní orientaci bílkoviny do bubliny plynu (Hughes & Wilde, 1997). Obsah dusíkatých látek je důležitou technologickou hodnotou ječmene určeného ke sladování − slad obsahuje 7 až 16 % bílkovin, přičemž 80 % proměnlivosti znaku je dáno agroekologickými podmínkami daného ročníku (Basařová & Čepička, 1985). Některé nově zaváděné (s odlišnými genetickými znaky) zahraniční odrůdy se nehodí pro výrobu českého piva. Pivo z nich má vyšší stupeň prokvašení a horší pěnivost (Prokeš, 2000).

Užitkové směry podle obsahu bílkovin v zrnu ječmene (Tichá & Vizínová, 2006)

- **Ječmen potravinářský** se využívá k výrobě krup a dietních potravin.
- **Ječmen sladovnický** se u nás pěstuje převážně jako jarní forma. Na jeho kvalitu je kladena řada požadavků. K hlavním kriteriím jakosti patří obsah bílkovin (max. 11 %), podíl předního zrna, obsah β-glukanů (max. 1,5-2 %).
- **Ječmen krmný** má vyšší obsah bílkovin (asi 15 %) a lysinu a nižší obsah β-glukanů (1,5-2 %). Je vhodný ke krmení skotu, koní, králíků a prasat, může být také součástí krmných směsí pro masožravce.

- **Ječmen pícninářský** se využívá pro sklizeň celých rostlin (systém GPS).
- **Ječmen průmyslový** slouží k výrobě lihu, zvláště whisky, škrobu, detergentů, kosmetických a farmakologických přípravků.

3.5.3 Oves

V současné době znovu nabývá oves, díky svému bílkovinnému složení, na významu jako surovina pro výrobky zdravé lidské výživy. V lidské výživě se využívá celá řada ovesných produktů (Dostálová, 1992):

- ovesná krupice
- ovesné vločky
- ovesná vyrážka
- oves extra
- expandovaná ovesná zrna

Navíc bílkoviny ovsa jsou dobře snášeny pacienty, kteří trpí celiakií (Ahokas *et al*., 2005)

Bílkovinný komplex ovsa se ve srovnání s pšenicí vyznačuje snažší stravitelností a vyšším podílem esenciálních aminokyselin. Zrno ovsa se také uplatňuje v krmných dávkách (jako bílkovinné krmivo) některých kategorií hospodářských zvířat – mladých a plemenných zvířat a koní.

Nepotravinářské využití bílkovin ovsa

Hydrolyzovaná ovesná bílkovina je součástí bioaktivního komplexu pro stimulaci syntézy kolagenu v kůži, čímž podporuje buněčnou obnovu, chrání a hydratuje pokožku. Hydrolyzovaný extrakt bílkovin ovsa je bohatý na glutamin a glutamové kyseliny v kombinaci s ATP. Krém, který obsahuje 3% bioaktivní komplex, byl aplikován na kůži 25 dobrovolnicím. Výsledkem bylo zvýšení hydratace po 14 dnech o více než 60% a po 4 týdnech od aplikace bylo snížení vrásek a nerovností o více než 50%. Bioaktivní komplex s bílkovinami ovsa stimuluje syntézu bílkovin, které jsou důležité pro epidermální diferenciaci buněk a zabraňují stárnutí pleti (Gafner *et al*., 2009).

3.5.4 Kukuřice

V posledních letech, byla kukuřičná bílkovina považována za alternativu k ropným polymerům, protože mají perfektní přilnavost a dobrou biologickou rozložitelnost (Sun *et al*., 2005). Bílkoviny kukuřice se nepoužívají pouze jako ekologicky šetrné materiály, ale také v oblasti výroby lepidel, laminovaných desek, jsou součástí barevných tisků, inkoustů, vláken a také jsou součástí biologických filmů a dalších.

Především jsou bílkoviny používány jako biomateriál, např. v tkáňovém inženýrství v oblasti biomedicíny (Sun *et al.*, 2005). Nevýhodou je, že je obtížné vyrobit filmy, protože jsou křehké a rozpustné ve vodě. Podstatou a další využívání filmů je zlepšení pevnosti a odolnosti proti vodě např. celulózou.

Vasal (2010), popisuje objev v genovém inženýrství, kdy se podařilo vytvořit hybridy s vysokým obsahem lysinu u kukuřice. Mutanti měli dvojnásobné množství lysinu a tryptofanu, na úkor potlačení zeinu (prolamin). Nicméně výsledná zrna byla měkká a hybridi vyžadovali také vylepšení v agronomice (FAO, 2004). Vasal (2010), také popsal další zlepšení kukuřice QPM. Předání kvalitních genů bílkovin z elitních kultivarů do standardní kukuřice se vytvořily nové hybridní QPM druhy kukuřice. Některé z nových hybridní QPM řady obsahují až o 13,5 % bílkovin a o 100 % více lysinu a tryptofanu než je běžné u standardní kukuřice (FAO, 2004).

Po objevení mutačních genů opaque-2 a fluory-2 a jejich vlivu na kvalitu bílkovin kukuřice, se stala kukuřice předmětem rozsáhlého výzkumu. Studium těchto mutantů a jejich modifikátorů může vést k objevu odolné kukuřice s vysokým obsahem nutričně významného lysinu (Yang *et al.*, 2005). Mertz (1964) zjistil, že rostliny s mutantním genem *opaque*-2 kukuřice tlumí syntézu nutričně neplnohodnotných prolaminů, což vede ke zvýšení obsahu lysinu a tryptofanu.

Genové inženýrství vytvořilo Bt – kukuřici BT – kukuřice MON 810 je transgenní rostlina s rezistencí proti hmyzím škůdcům, která kóduje bílkovinu δ-endotoxin z bakterie *Bacillus thuringienssis.*

3.5.5 Hrách

Nízká konzumace hrachu je způsobena tím, že vyvolává nadýmání, což způsobuje lidem trávicí obtíže.

Společnost Roquette vytvořila (bez chemických rozpouštědе) „čistou hrachovou bílkovinu“ Nutralys®. Tato bílkovina má vynikající emulgační a pěnivé vlastnosti a lze ji využít při zpracování tuků nebo k tvorbě stabilních pěn, na zlepšení struktury potravin (Anonym3, 2012). Lektiny hrachu (PSA) byly použity u transgenního tabáku, kde způsobily toxicitu vůči motýlu *Heliotus virescens* (Birch *et al.*, 1999). Tedy lektiny hrachu mají antimikrobiální účinky, které se dají využít v genovém inženýrství a ve šlechtění rostlin.

Bílkovinné koncentráty hrachu

Bílkovinné koncentráty mohou přispívat ke zlepšení chuti jídla, jsou prekurzorem pro aromatické látky a k utvoření specifické barvy. Tyto změny se dějí během teplotní enzymatické reakce v produktu a dále probíhají i u uskladněných produktů. Rostlinný materiál se zahřeje, aby se bílkoviny denaturovaly, a vyextrahují se tzv. nebílkovinné extraktivní látky. Zbývající materiál je přitom obohacen bílkovinami, kterých má být v koncentrátu alespoň 50 % sušiny. Koncentráty se mohou dále texturovat, aby dostaly vláknitou strukturu podobnou bílkovinám svaloviny, dále se barví a aromatizují. Bílkoviny mohou přispívat také k fyzikální charakteristice pro přípravu potravin a vytvářet stabilní gely, pěny, emulze a vláknité struktury. Nutriční energie plnohodnotné bílkoviny je 17 kJ/g (nebo 4 kcal/g). Hodnota je srovnatelná jako u sacharidů (Belitz *et al.*, 2009).

Nákladnější metodou je získávání bílkovinných izolátů. Rostlinný materiál se extrahuje (většinou mírně alkalickým roztokem) za podmínek, kdy je rozpustnost bílkovin co největší. Tato část procesu musí být rychlá a alkalita mírná, aby se netvořily antinutriční produkty. Následnou centrifugací, úpravou pH (dojde k vysrážení) a opětovnou centrifugací se získá bílkovinný izolát s více než 90 % bílkovin v sušině (Tzitzikas *et al.*, 2006).

Bílkoviné koncentráty semen hrachu a izoláty hrachu by mohly být úspěšně použity v pekařství, pro obohacení bílkovin a zlepšení biologické hodnoty výrobků a i jako náhrada svalových bílkovin u některých salámů.

3.5.6 Sója

Uplatnění sója našla ve výživě osob zdravých i ve výživě osob trpících některou chorobou např. poruchami lipidového metabolismu, obezitou, cukrovkou, alergiemi na jiné bílkoviny, celiakií a dalšími (Dostálová, 1990).

Sója jako potravina rostlinného původu neobsahuje cholesterol, a tudíž příjem bílkovin ze sóji není spojen s příjmem cholesterolu, jak je tomu u bílkovin živočišného původu. Tento fakt pro obyvatelstvo vyspělých zemí, kde veliká část populace je postižena chorobami srdce a cév, je velmi důležitý (Dostálová, 1990). Sójová bílkovina v množství 25 g/den snižuje hladinu cholesterolu u lidí, kteří ji mají zvýšenou. Tomuto množství odpovídá např. 50 g sójového masa (= texturovaná sójová bílkovina) nebo 0,75 l extrabílkovinného sójového mléka (Kunová, 2004). Nedávno bylo v USA zjištěno, že sója průkazně zpomaluje šíření rakoviny mléčné žlázy u krys (Dostálová, 1990).

Rostlinné přísady, které jsou založeny na bázi sóji, mají mnoho různých funkcí a vyznačují se obsahem bílkovin srovnatelným s masem, díky čemuž mohou posloužit k vylepšení textury a chuti koncentrovaného výrobku a k rozšíření funkce masných bílkovin. Sójové preparáty se podílejí na absorpci vody, emulgačních vlastnostech, schopnosti tvořit nadýchanou strukturu, tepelné stálosti a zvýšení celkového obsahu bílkovin. Funkční vlastnosti, které se týkají interakce mezi vodou a sójovou bílkovinou, závisí na strukturních a agregačních vlastnostech hlavních složek sójového preparátu, které mohou být modifikovány při výrobě, tepelném a chemickém zpracování nebo při sušení. Hydratační vlastnosti a viskozita roztoku sójové bílkoviny jsou dány množstvím a vlastnostmi nerozpustné frakce (Boutten *et al*., 1999; Vaňha *et al*., 2002).

Sójové boby poskytují celou řadu možností průmyslového zpracování na různé výrobky. K základním výrobkům patří výrobky a skupiny výrobků uvedené v kapitolách 2.1.1 Rostlinné bílkoviny (str. 10) a 2.3.2 Bílkoviny semen sóji (str. 27).

Nejkvalitnějšími bílkovinnými preparáty ze sóji jsou izoláty (90% bílkovin). Pro technologické účely nahrazují přídavky izolátu 1 – 6 % masa daného recepturou (Pipek, 1998). Kolmanová a Volf (2002) uvádějí, že nejfrekventovanějším aditivním bílkovinným preparátem je sójový koncentrát, obsahuje přes 70% bílkovin a navíc přes 20% vlákniny. Sójové bílkovinné izoláty, koncentráty, texturované koncentráty, mouku a drti lze použít ve všech typech masných aplikací od emulzifikovaných, mletých a restrukturalizovaných mas až po celé svalové systémy.

3.5.7 Řepka

Využití řepky dnes spočívá především v potravinářství a ve výrobě bionafty. Celé řepkové semeno se v lidské výživě neuplatnilo. Pro výživu lidí má velký význam hlavně řepkový olej, ostatní složky semene už méně.

Pokusně byly vyráběny bílkovinné koncentráty z řepkového semene pro lidskou výživu, náklady na jejich výrobu byly ale příliš vysoké a tyto produkty měly navíc nevyhovující senzorické vlastnosti (Koprna & Havel, 2002). Řepkové semeno obsahuje kromě žádoucích složek (dusíkaté látky, polysacharidy, triglyceridy, steroly, fosfolipidy a galaktolipidy, popeloviny, celulóza) také nežádoucí složky - glukosinoláty (1 %), fytin (3 %), tanin (2%), sinapin (2 %), lignin (5 %) a volné mastné kyseliny (0,2 %) (Koprna & Havel, 2002).

Řepkové bílkoviny našly uplatnění jako bílkovinná krmiva pro krmení přežvýkavců, prasat a drůbeže (Vašák, 2000) ve formách pokrutin a extrahovaného šrotu (šrot je považován za vysokoproteinové krmivo).

Bílkovinné hydrolyzáty řepky

Bílkovinné hydrolyzáty mohou být zdrojem bioaktivních peptidů. Jde o peptidy s krátkým řetězcem, které mají různé biologické účinky, mezi nimi i schopnost ovlivňovat imunitu, dále antimikrobiální a antitrombotické účinky i vliv na snižování vysokého krevního tlaku. Nově se zjistilo, že peptidy získané z určitých bílkovin dokáží inhibovat HIV-proteasu. Terapeutická schopnost peptidů je však omezená, neboť mají sníženou schopnost pronikat do buněčných struktur. HIV-proteasa je toxická bílkovina, která štěpí řadu buněčných struktur. Výzkumníci ve Španělsku zjistili, že opracováním řepkové bílkoviny endoproteasou potravinářské kvality (alkalasou) lze získat peptidové inhibitory HIV-proteasy (Kvasničková, 2004).

3.5.8 Brambor

Potravinářské a biotechnologické využití patatinových bílkovin

Nabízí se možnost uplatnění patatinových bílkovin v potravinářství, zejména při produkci instantních polévek, omáček, sušených výrobků z brambor (vylepšování výživné hodnoty, zvýraznění chuti atd.) nebo jako surovina pro tvorbu potravinářsky stabilních pěn a emulzí (Koningsveld *et al.,* 2002). Pěny jsou přítomny v řadě koloidních systémů produkovaných potravinářským a kosmetickým průmyslem. Bílkoviny jsou často používány jako jejich stabilizační prvek. Pěnivé schopnosti nedenaturovaných hlízových bílkovin a jejich jednotlivých složek, zejména pak patatinových bílkovin, byly porovnány v práci Ralet & Guéguen (2002) s komerčně dostupným vaječným koncentrátem, který je považován za referenční vzorek s vynikajícími pěnivými vlastnostmi (Baniel *et al.,* 1997). Optimální podmínky pro tvorbu a stabilitu pěn s použitím frakce patatinových bílkovin je v prostředí s rozsahem pH 6 až 7 a zvýšenou iontovou sílou (1% NaCl) (Ralet & Guéguen, 2001). Počítá se rovněž s využitím enzymových vlastností nativního patatinu v biotechnologických výrobních procesech, např. pro syntézu speciálních monoacylglycerolů.

Biotechnologické využití inhibitorů proteas v lékařství

PI´s jsou zkoumány i z hlediska využití v lékařském výzkumu. Ačkoliv byly dlouho považovány pouze za antinutriční faktory, dostávají se v posledních letech do popředí zájmu zejména díky svým možným protirakovinným a specifickým dietetickým vlastnostem (Hanusová, 2008; Hanusová & Čurn, 2006).

PI´s jako protirakovinná činidla

PI´s jsou uznávána jako skupina protirakovinných činidel (Kennedy, 1998).
K nejrozšířenějším formám rakoviny patří karcinomy kůže. V souvislosti s touto formou rakoviny byly studovány účinky PI-1, PI-2 a PCI. Pokusy s PI-1 a PI-2, aplikované na myší epidermální buňky, prokázaly, že tyto PI´s jsou schopny blokovat UV zářením, které je hlavní příčinou rakoviny kůže, indukovanou aktivaci bílkoviny AP-1 (aktivační protein). Tato inhibice je navíc specifická pouze pro přenos signálu pro aktivaci AP-1, který byl indukován UV zářením (Huang *et al.,* 1997).

Inhibitory proteas v léčbě dermatitid

Další možné využití PI´s v medicíně představuje jejich zapojení do léčby kožních onemocnění (dermatitid). Zde se PI´s uplatňují především v léčbě perianálních dermatitid. (Ruseler-van Embden *et al.,* 2004).

Inhibitory proteas a léčba obezity

Přesný mechanismus tohoto ovlivňování nebyl dosud v lidském organismu dostatečně prozkoumán. Owyang *et al.* (1986) uvádí, že PI´s ovlivňují pocit sytosti.

Použití PI-2 jako doplňku stravy způsobuje tedy nárůst hladiny CCK a tím i redukci příjmu potravy. Současně zmizely zmiňované negativní vedlejší příznaky (Hill *et al.*, 1990).

Zjištění, že v některých rostlinách přirozeně se vyskytující PI´s mohou potlačit činnost trávicích enzymů hmyzu, vedlo k myšlence vnést kódující sekvence PI´s do genomu zemědělsky významných plodin, či zvýšit expresi v rostlině již přítomných PI´s. Prvním úspě.ným přenosem genu kódujícího PI´s byla v roce 1987 publikovaná transformace tabáku genem pro inhibitor trypsinu z bobovité rostliny vigny (Hraška *et al.,* 2006).

Stručný přehled o úspěšně transformovaných rostlinách sekvencemi PI podává Tab. 10.

Tab. 10 Některé hmyzu odolné transgenní rostliny exprimující geny pro inhibitory proteas rostlinného původu (Schuler *et al*., 1998).

PI´s	Cílový hmyz	Transformované rostliny
C-II (PI sóji)	**Coleoptera Lepidoptera**	**řepka, topol, brambor, tabák**
CMe (inhibitor trypsinu, ječmene)	**Lepidoptera**	**tabák**
CpTI (inhibitor trypsinu luskovin)	**Coleoptera, Lepidoptera**	**jabloň, řepka, salát, brambor, rýže, jahodník, slunečnice, sladké brambory, tabák, rajče**
Pot PI-I (PI I bramboru)	**Lepidoptera, Orthoptera**	**petunie, tabák**
SKTI (Kunitzův inhibitor trypsinu sóji)	**Lepidoptera**	**brambor, tabák**

3.5.9 Topinambur

Biotechnologické využití bílkovin v genovém inženýrství

Topinambur nachází své místo v genovém inženýrství, kde roste zájem o protimrznoucí bílkoviny (*antifreeze proteins* - AFPs), které se dají použít k implantaci dalším zemědělským plodinám na ochranu před mrazem. Jedná se o bílkoviny se specifickou prostorovou strukturou, které způsobují zpomalení tvorby ledových krystalů a snížení bodu tuhnutí protoplastů (Chou, 1992). Mají schopnost neutralizovat nukleátory ledu a inhibovat jeho krystalizaci (Georges *et al*., 1990).

Potravinářské využití topinamburu

Z ekonomického hlediska je topinambur hodnocen ze dvou pohledů – škodlivého (v některých zemích je považován za obtížně hubitelný plevel) a užitečného, kdy je ceněna jeho vysoká produkce biomasy s převahou sacharidů v sušině. Topinambur tak může být využit v řadě aplikací (Swanton *et al.*, 1992); (Bárta & Diviš, 2008a); (Čepl *et al.*, 1997).

- Hlízy je možné využít pro přímý konzum.

- Hlízy i nať z víceletého pěstování lze využít pro krmení hospodářských zvířat i pro přikrmování lesní zvěře.
- V biotechnologiích našel uplatnění při výrobě bioethanolu. (Anonym4, 2010).
- Velkou výhodou topinamburu je, že je vhodný pro pěstování do téměř všech výrobních oblastí.

Užitkové směry podle účelů pěstování topinamburu v České Republice obsahuje Tab. 11.

Tab. 11 Užitkové směry podle účelu pěstování topinamburu (Čepl, 1997).

Topinambury	Určení
Sadbové	**Zajištění sadby pro ostatní užitkové rostliny**
Potravinářské	**Konzum** **Produkce diavýrobků** **Produkce výrobků racionální výživy**
Krmivářské	**Krmivo pro hospodářská zvířata** **Přikrmování lesní zvěře**
Energetické	**Výroba bioethanolu** **Spalování biomasy**

3.6 Přehled produkčních parametrů jednotlivých zdrojů bílkovin

Tab. 12 uvádí údaje o sklizni zemědělských plodin v roce 2010 na území České Republiky. Největší osetá plocha byla obilovinami 1 462 836 ha a celkem sklizeno obilovin bylo 6 877 619 t. S nejvyšší sklizní je pšenice (4 161 553 t), dále ječmen (1 584 456 t), kukuřice (692 589 t) a oves (138 244 t). Olejniny byly vysety na 490 420 ha a celková sklizeň činila 1 160 093 t. S nejvyšší sklizní je řepka (1 042 418 t), dále hrách setý (48 242 t) a sója (16 135 t). Okopaniny zaujímaly osázenou plochu 84 492 ha. Brambory měly nejvyšší sklizeň (665 176 t) a ostatní okopaniny, mezi které se řadí i topinambur, měly sklizeň 2 041 t. Luskoviny na našem území zaujímaly 31 318 ha oseté plochy.

Tab. 12 Informace o sklizni zemědělských plodin v roce 2010 v ČR (Mariánek, 2011; Zemědělský svaz ČR, 2011; Český statistický úřad, 2011b).

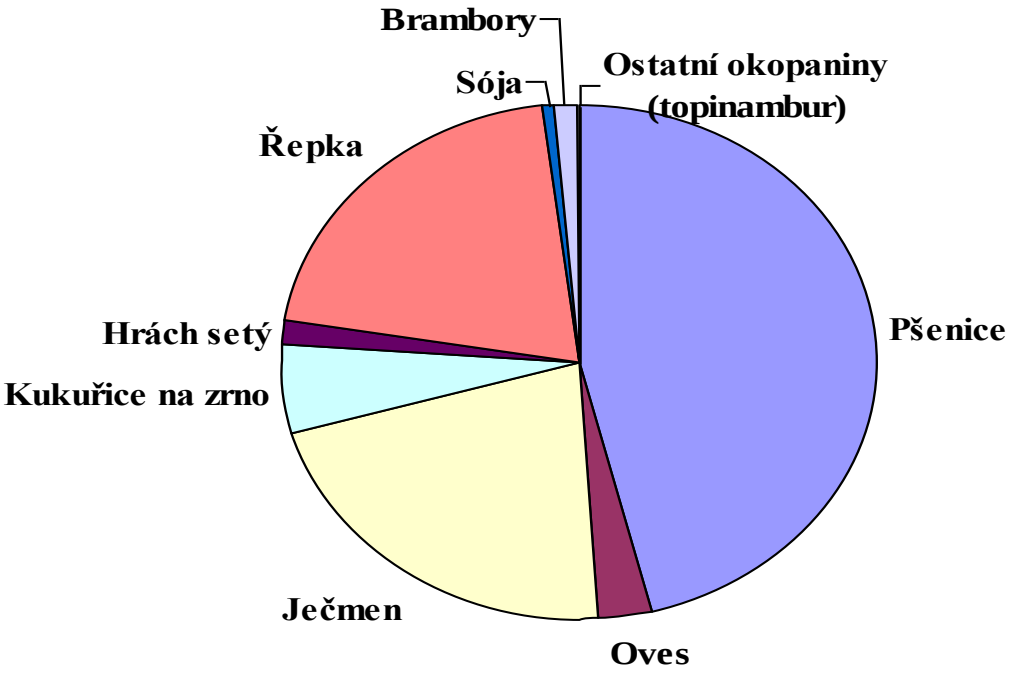
Plodina	2010		
	Plocha [ha]	Sklizeň [t]	Výnos [t.ha^{-1}]
OBILOVINY celkem	**1 462 836**	**6 877 619**	**4,70**
Pšenice	**833 577**	**4 161 553**	**4,99**
Oves	**52 278**	**138 244**	**2,64**
Ječmen	**388 925**	**1 584 456**	**4,07**
Kukuřice na zrno	**103 276**	**692 589**	**6,71**
LUSKOVINY celkem	**31 318**	**58 138**	**1,86**
Hrách setý	**24 391**	**48 242**	**1,98**
OLEJNINY celkem	**490 420**	**1 160 093**	**2,37**
Sója	**9 472**	**16 135**	**1,70**
Řepka	**368 824**	**1 042 418**	**2,83**
OKOPANINY celkem	**84 492**	**3 758 649**	**x[1)]**
Brambory	**27 079**	**665 176**	**24,56**

Ostatní okopaniny (topinambur)	**118**	**2 041**	**17,29**

[1)]x – Český statistický úřad tuto hodnotu neuvádí

Graf 2 znázorňuje pro představu rozdíl ve velikosti sklizených ploch u jednotlivých plodin v ha na území ČR v roce 2010. Nejvíce pěstovanou plodinou v České Republice je pšenice a nejméně pěstovanou plodinou sója a topinambur.

Graf 2 Struktura ploch osevů u 9 studovaných rostlin v ČR v roce 2010.



Tab. 13 uvádí údaje o výnosu bílkovin a potenciál produkce bílkovin u sledovaných rostlin v ČR Výnos bílkovin se pohybuje od 0,37 $t.ha^{-1}$ (kukuřice) do 0,6 $t.ha^{-1}$ (pšenice). Nejvyšší potenciál produkce bílkovin zaujímá pšenice (500 146 t), která má největší osetou plochu 833 577 ha a nejnižší potenciál produkce topinambur (13 t), který zaujímá nejmenší osázenou plochu 118 ha.

Tab. 13 Odhad produkce bílkovin [t] z průměrných výnosů.

Plodina	Plocha [ha]	Výnos sklizňových produktů dosahovaný v ČR v roce 2010 [t.ha^{-1}]	Vlhkost sklizňových produktů [%]	Sušina sklizňových produktů [%] [t.ha^{-1}]	Obsah bílkovin v sušině sklizňových produktů [%]	Potenciální výnos bílkovin v ČR [t.ha^{-1}]	Potenciál produkce bílkovin [t]
Pšenice	833 577	4,9[5)]	14,5[1)]	85,5[6)] 4,3	8 – 20[1)] Ø 14	0,6	500 146
Ječmen	388 925	4,1[5)]	15[1)]	85[6)] 3,5	12[1)]	0,42	163 349
Oves	52 278	2,6[5)]	12 – 13[3)]	88[6)] 2,3	12 – 23,6[1)] Ø 18	0,42	21 957
Kukuřice	103 276	6,7[5)]	38[10)]	62[10)] 4,4	9,5[8)]	0,37	38 212
Hrách	24 391	2,5[5)]	10,4[6)]	89,6[6)] 2,2	20 – 25 Ø 22,5	0,5	12 196
Sója	9 472	1,5[5)]	8,5[6)]	91,5[6)] 1,4	35 – 45 Ø 40	0,55	5 210
Řepka	368 824	3,1[5)]	8[4)]	92[6)] 2,9	20[9)]	0,57	210 230
Brambor	27 079	24,6[5)]	76,3[2)]	23,7[2)] 5,8	8,4[2)]	0,49	13 269
Topinambur	118	22,5[5)]	80[2)]	20[2)] 4,5	5,8 – 12[1)]	0,4	48

Ø – průměrná (střední hodnota)

[1)] (Prugar *et al*., 2008); upraveno při 20% sušiny

[2)] (Rybáček *et al*., 1988)

[3)] (Diviš *et al*., 2000)

[4)] (Anonym5 http://pbb.cz/files/Dokumenty/Semeno_repky.pdf)

[5)] (Mariánek, 2011; Zemědělský svaz ČR, 2011)

[6)] (ÚKZÚZ – http://ukzuz.cz)

[7)] (Heřmanová, 2008)

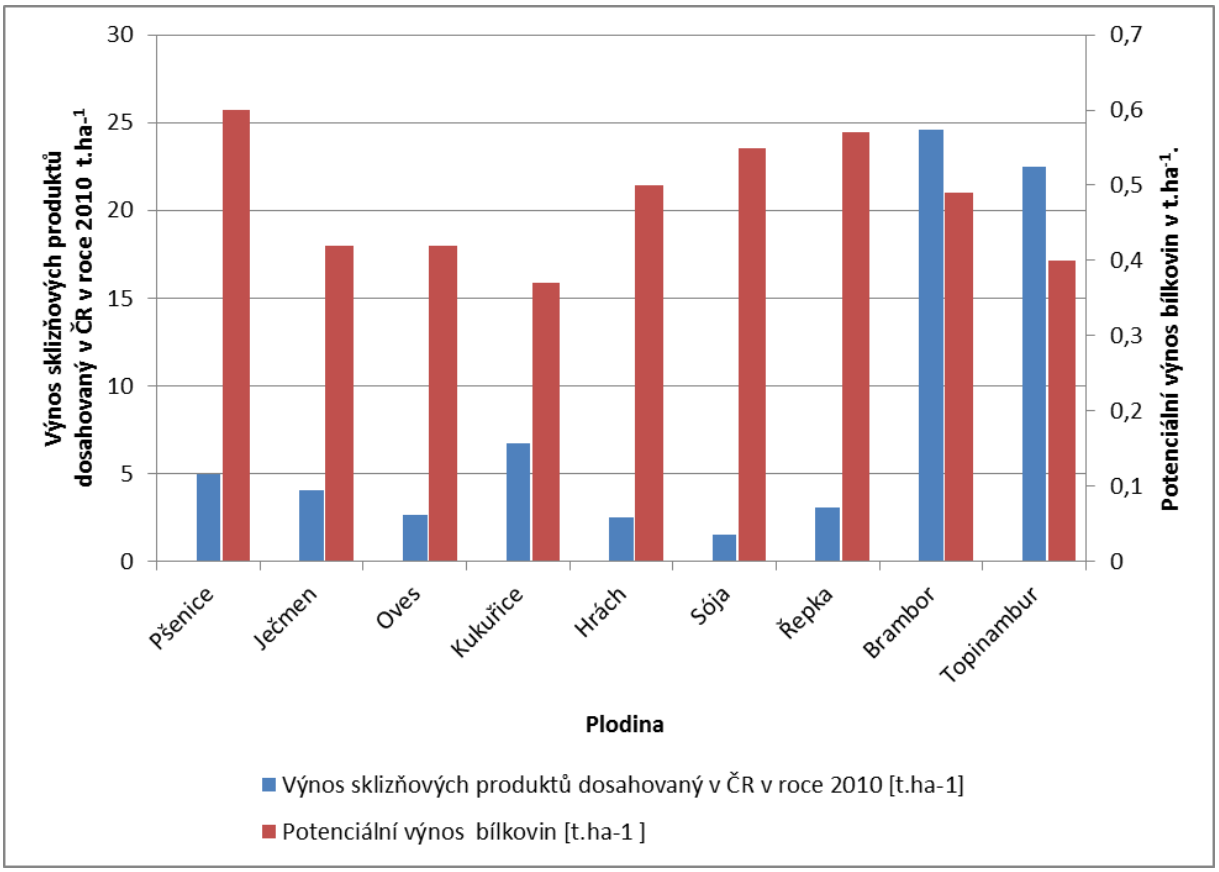
[8)] (Poštulka, 2010)

[9)] (Anonym6 http://vfu.cz)

[10)] (Anonym7 http://agrokrom.cz)

V Grafu 3 jsou zpracována data z Tab. 13, kde jsou znázorněny rozdíly výnosu sklizňových produktů (čerstvé hmoty) u rostlin a rozdíl výnosu bílkovin v t.ha^{-1}. I když je výnos čerstvé hmoty u brambor vysoký (24,6 t.ha^{-1}) tak výnos bílkovin brambor (0,49 t) je srovnatelný s výnosem hrachu (0,5 t), který má výnos čerstvé hmoty mnohem nižší (2,5 t.ha^{-1}).

Graf 3 Výnos sklizňových produktů v porovnání s potenciálním výnosem bílkovin v [t.ha^{-1}] dosahovaný v ČR v roce 2010.



V Tab. 14 jsou uvedeny produkční parametry, sklizená plocha a výnos sklizňových produktů, u 9 sledovaných rostlin, ve světě v roce 2009. Nejpěstovanější zemědělskou rostlinou je pšenice, která zaujímá 225 437 694 ha a nejméně pěstovanou rostlinou je topinambur, který zaujímá pouze 1 333 432 ha.

Tab. 14 Informace o produkčních parametrech ve světě roku 2009 (Český statistický úřad, 2010).

Plodina	Sklizená plocha [ha]	Výnos [$t.ha^{-1}$]
Brambor	**18 326 242**	**18**
Topinambur	**1 333 432**	**11,2**
Pšenice	**225 437 694**	**3,0**
Ječmen	**54 129 438**	**2,8**
Oves	**10 255 594**	**2,3**
Kukuřice	**159 531 007**	**5,1**
Řepka	**1 521 138**	**1,6**
Hrách	**6 158 809**	**1,7**
Sója	**98 826 867**	**2,5**

4 DISKUZE

Význam pšenice spočívá v širokém uplatnění pro výživu lidí i hospodářských zvířat. Pšeničná mouka je zdrojem bílkovin, které vytvářejí viskoelastický gel (lepek), který je důležitý pro pečivárenské účely. Další využití lepkových bílkovin je pro nepotravinářské účely, jako je např. krmivo pro krevety, produkce šamponů apod. (Hrabě *et al*., 2007). Pipek (1998) uvádí, že bílkoviny pšenice mají uplatnění jako stabilizátory výrobků, především v masné výrobě, kde se používají izolované formy bílkovin pšenice.

Výzkum, jak uvádí (Food and Drug Administration, 2005), přinesl zajímavé výsledky, že vláknina ječmene snižuje hladinu cholesterolu v krvi a glykemický index (Wood, 2004), však jeho produkce má spíše mírně klesající tendenci (ZVÚ Kroměříž, 2011). Zásobní bílkoviny ječmene hordeiny působí pozitivně na pěnu (Evans *et al.*, 1999), ale v negativním smyslu se podílí na vzniku koloidních zákalů piva (Čížková *et al*., 2006).

Moudrý & Vavreinová (1998) popisují bílkovinný komplex ovsa ve srovnání s pšenicí, že se vyznačuje lepší stravitelností a vyšším podílem esenciálních aminokyselin, jako je lysin, valin, isoleucin, leucin, threonin, fenylalanin.

Kukuřice je velmi významná krmná, potravinářská i farmaceutická plodina. V krmivářském průmyslu je kukuřice jedním z nejdůležitějších krmných komponentů krmných směsí pro prasata a drůbež. V potravinářství je kukuřice ceněna pro použití v dietách pro celiaky. Kukuřičný gluten (lepek), na rozdíl od glutenu pšenice, ječmene, žita a ovsa (Camafeita *et al.*, 1997), není toxický pro lidi trpící intolerancí na lepek (Momany *et al.*, 2006). Bílkoviny kukuřice mají své uplatnění i v nepotravinářském průmyslu, např. kukuřičná bílkovina zein má filmotvorné vlastnosti, které se používají k ochraně potravin (Mokrejš *et al.*, 2008).

Pěstování a význam hrachu, především pro jeho unikátní skladbu aminokyselin a značné zastoupení esenciálních aminokyselin, v poslední době opět ve světě stoupá. Podle studie Suchý *et al*. (2009) je možné říci, že hrachová bílkovina je o něco kvalitnější z hlediska obsahu některých esenciálních aminokyselin než bílkovina sójová. Bílkovinné koncentráty a izoláty se speciálními vlastnostmi podle požadavků (např. izoláty s různým poměrem nutričních složek - leguminu a vicilinu) slouží rovněž k obohacování potravin (Suková, 2010).

Sója má nejvíce bílkovin ze všech plodin, a to bílkovin plnohodnotných. Bílkovina sóji se téměř rovná bílkovině masa, mléka i vajec. Velikou výhodou sójových bílkovin je, že jejich příjem není spojen s některými nežádoucími složkami (Dostálová, 1990). Sójová bílkovina se používá jako aditivum v mnoha potravinářských výrobcích a rovněž slouží k obohacování

potravin a někdy v negativním slova smyslu i jejich falšování (Pipek, 1998), kdy výrobce použije do potravinářského výrobku např. sójovou bílkovinu a tuto skutečnost neuvede na obalu výrobku a spotřebitel je oklamán. Falšování potravinářských výrobků je trvalým problémem výroby potravin, masné výrobky nevyjímaje. Vedle nepoctivého jednání výrobců může mít tento jev také negativní dopad na ovlivnění zdravotního stavu konzumentů (Pipek *et al.*, 1998). Však ochrana spotřebitele v této souvislosti nabývá zcela jiného rozměru, protože může jít až o ohrožení jeho zdraví v případě surovin s alergenními účinky (pšenice, oves, ječmen, sója). V praxi jsou velmi často využívány pro detekci rostlinných proteinů, zejména sóji, metody imunochemické (Moriyama *et al*., 2005), založené na principu reakce antigenu s druhově specifickou buď monoklonální nebo polyklonální protilátkou. Nejčastěji je využívána ELISA metoda, která nenárokuje příliš nákladné laboratorní vybavení.

Řepka je bohatá na bílkoviny a po extrakci oleje je dobrým zdrojem bílkovin pro humánní účely. Bílkovinné izoláty získané z odtučněného řepkového šrotu se používají rovněž k fortifikaci potravin (obohacování potravin), jako u pšenice, sóji a dalších. Výzkumníci ve Španělsku zjistili, že opracováním řepkové bílkoviny endoproteasou potravinářské kvality (alkalasou) lze získat peptidové inhibitory HIV-proteasy (Kvasničková. 2004). V krmivářském průmyslu je snaha zařazovat řepkové pokrutiny a řepkový šrot v malém množství do krmných dávek všech zvířat tak, aby nebyla ovlivněna kvalita krmiv a zdraví zvířat (Anonym2, 1998).

Bílkoviny bramboru mají vysokou nutriční hodnotu a řadí se mezi nejhodnotnější bílkoviny rostlinného původu (Bárta & Čurn, 2004). Bílkoviny brambor mají své místo v potravinářském i nepotravinářském využití. Například bílkoviny patatinového komplexu mohou být použity při výrobě instantních polévek, omáček, sušených výrobků z brambor (vylepšování výživné hodnoty, zvýraznění chuti atd.) také schopnost tvorby pěn a emulzí a mohou být využity pro stabilizaci potravinářských pěn a emulzí (Koningsveld *et al.*, 2002). Společnost Solanic začala s výrobou bílkovin z brambor jako alternativy k živočišným bílkovinám. Bílkovina z bramboru s komerčním názvem Promish 204 PTM je přípravek vhodný k použití do výrobků z masa či ryb (do párků, paštik apod.), jako náhrada přidávaných kaseinátů (Suková, 2008). Inhibitory proteas brambor mají nepotravinářské využití. Roste zájem o jejich možné protirakovinné a specifické dietetické vlastnosti (Hanusová, 2008; Hanusová & Čurn, 2006).

Topinambur patří mezi „znovuobjevené“ plodiny. Dostává se do popředí zájmu při uplatnění v redukčních dietách a v potravinách pro diabetiky. Topinambur je rostlina odolná vůči nízkým teplotám, a tak roste zájem v genovém inženýrství o jeho protimrznoucí

bílkoviny (*antifreeze proteins* - AFPs) a jejich využí při transgenozi rostlin (Murai & Yoshida, 1998).

Rostlinné bílkoviny nemají své uplatnění pouze ve výživě člověka a zvířat. Stále roste zájem o rostlinné bílkoviny v genovém inženýrství, a to i při transgenozi zemědělsky významných rostlin (Ondřej & Drobník, 2002). V České Republice se pěstuje např. transgenní kukuřice (Bt-kukuřice). Využívané rostlinné bílkoviny v biotechnologiích se uplatňují při navození rezistence rostlin např. vůči hmyzím škůdcům. Transgeny pro inhibitory amylas a proteas v transgenních rostlinách inhibují enzymy v trávicím traktu hmyzu, a tím působí jeho úhyn (Ondřej & Drobník, 2002). Například gen pro inhibitor cysteinové proteasy bramboru byl vnesen do geonomu rýže a účinkoval proti broukům (Duan *et al.*, 1996) nebo gen z rýže zvyšoval odolnost bramboru proti mandelince bramborové (Lecardonnel *et al.*, 1999), gen ječmene inhibující trypsin zvyšoval odolnost k hmyzu u pšenice (Altpeter *et al.*, 1999) a lektiny hrachu byly použity u transgenního tabáku, které jsou toxické pro motýla *Heliotus virescens* (Birch *et al.*, 1999).

Zlepšení výživné hodnoty zrn a semen rostlin a dosažení optimálního spektra aminokyselin v zásobních bílkovinách bylo dlouholetým cílem programů šlechtění rostlin, zvláště u obilovin a luštěnin. V klasickém šlechtění bylo dosaženo úspěchu tím, že u kukuřice byla využita mutace s vysokým obsahem lysinu v semenech. Přirozená variabilita obsahu aminokyselin bohatých na síru je v zásobních bílkovinách poměrně malá. Detekce mutací v tkáňových kulturách rezistentních k toxickým analogům aminokyselin zatím nevedla ke vzniku nových typů rostlin, jejichž zásobní bílkoviny by měly vyšší podíl nedostatkových aminokyselin. Proto je zcela na místě řešit tento šlechtitelský problém především transgenozí (Ondřej & Drobník, 2002).

Rostlinné bílkoviny vykazují vedle vysoké nutriční hodnoty také zajímavé vlastnosti, které mohou být využity v mnoha biotechnologických a potravinářských aplikacích např. – enzymové vlastnosti, antimikrobiální efekty, antioxidační schopnosti, produkce potravinářských pěn a emulzí. V zahraničí i u nás se intenzivně pracuje na výzkumu vlastností a struktury bílkovin a jejich využití v praxi.

5 ZÁVĚR

Cílem práce bylo zhodnotit současný stav produkce zemědělských plodin (pšenice, ječmen, oves, kukuřice, hrách, sója, řepka, brambor, topinambur), využití jejich majoritních bílkovin v jednotlivých oborech. Nejdůležitější uplatnění nacházejí rostlinné bílkoviny v potravinářském průmyslu, kde je kladen důraz na jejich nutriční složení. Roste zájem o potraviny se správným nutričním složením. Rostlinné bílkoviny přispívají ke snížení cen masných výrobků a tím se stávají dostupnější pro širší skupinu lidí.

- V České Republice je nejvíce pěstovanou zemědělsky významnou rostlinou, z 9 studovaných rostlin, pšenice. Celková produkce bílkovin u pšenice za rok 2010 byla nejvyšší a to 500 146 t, tato skutečnost koreluje s osetou plochou 833 577 ha v ČR a nejnižší produkce bílkovin u topinamburu 48 t, což odpovídá osázené ploše 118 ha.
- Hektarové výnosy bílkovin u studovaných plodin se vyskytují od 0,37 (kukuřice) do 0,6 $t.ha^{-1}$ (pšenice)
- Odborníci se shodují, že mezi nejvýznamnější a nejkvalitnější rostlinou bílkovinu patří bílkovina sóji, která nalezla uplatnění hlavně v potravinářství a krmivářství.
- Rostlinné bílkoviny mají veliký význam v krmných směsích, kde rostlinné bílkoviny nahradily masokostní moučku v krmivech pro přežvýkavce, kdy se zjistilo, že živočišné bílkoviny mohou stát za šířením nákazy, u zvířat, BSE (Bovinní Spongiformní Encefalopatie).

Farmacie a medicína stále více využívá schopnosti a vlastnosti rostlinných bílkovin pro léčbu pacientů s různým onemocněním. Například inhibitory proteas u brambor jsou uznávána jako skupina protirakovinných činidel (Kennedy, 1998) při léčbě karcinomu kůže.

Tím je více zaměstnáván výzkum rostlinných bílkovin a rostlinných biotechnologií.

6 LITERATURA

Abrol, Y. P., Uprety, D. C., Ahuja, V. P., Naik, M. S., (1971): Soil fertility levels and protein duality in wheat grains, Australian Journal Agriculture Research, 22: 197 - 202.

Aherne, F. X., Kennelly, J. J., (1985): Oilseed meals for livestock feeding. In: Cole D. J. A., Haresign W. (Eds): Recent developments in pig nutrition. Butterworths, London, UK. 278 315 pp.

Ahman, I., Melander, M., (2003): Potato proteins, and other plant proteins, as potential transgenic resistance factors to pollen beetles in oilseed rape. Ann. appl. Biol. 143: 253-260.

Anonym1, (2010) [online] Dostupné z WWW: www.hubnuti-dieta.org/bilkoviny-ii/ [cit. 2010-10-17].

Anonym2, (2011) [online] Dostupné z WWW: www.e-proteiny.cz/ [cit. 2011-11-20].

Anonym3, (2012) [online] Dostupné z WWW: http://www.barentz.cz/download/Hrachova_bilkovina_Nutralys.pdf cit. [2012-4-4].

Anonym4, (2010) [online] Dostupné z WWW: www.ft.tul.cz/depart/ktm/?q=cs/zein [cit. 2010-10-17].

Anonym5, (2010) [online] Dostupné z WWW: http://www.agrokrom.cz/texty/metodiky/brambory/clanky_brambory/Fyziologie_tvorby_vynosu_u_bramboru.pdf cit. [2011-4-8].

Anonym6, (2012) [online] Dostupné z WWW: http://vfu--www.vfu.cz/vegetabilie/plodiny/czech/repka.htm cit. [2012-4-4].

Anonym7, (2013) [online] Dostupné z WWW: http://www.agrokrom.cz/texty/metodiky/radce_hospodare/radce_kukurice_na_zrno_a_silaz_celkem.pdf cit. [2013-1-20].

Baniel A., Fainz A., Popinau Y., (1997): Foaming properties of egg albumin with a bubbling apparatus compared with whipping . J Food Sci 62:377-381.

Bárta J., (2002): Ovlivnění obsahu dusičnanů a bílkovin v hlízách brambor dusíkatým hnojením. Zemědělská fakulta JU. Dostupný online z : http://xarquon.jcu.cz/zf/veda_a_vyzkum/svoc_a_dsp/svoc/2000/sbdsp/bsekfyto/Barta.doc [cit. 18. 11. 2010].

Bárta, J., Bártová, V., (2007). Bílkoviny hlíz bramboru (*Solanum tuberosum* L.), Zemědělská fakulta JČU, p. 10-80, ISBN 978-80-7394-036-2.

Bárta, J., Bártová, V., (2008). Patatin, the major protein of potato (*Solanum tuberosum* L.) tuber, and its ocurrence as genotype as genotype effect: processing versus table potatoes. Czech Journal of Food Sciences 26 (5):347-359.

Bárta, J., Čepl, J., Diviš, J., Hamouz, K., Jůzl, M., Vacek, J., (2008a): Brambory. In: Prugar et al. (2008). Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí. Výzkumný ústav pivovarnický a sladařský, a.s. ve spolupráci s Komisí jakosti rostlinných produktů ČAZV, Praha, p. 241-251.

Bárta, J., Čurn, V., (2004): Bílkoviny hlíz bramboru (Solanum tuberosum L.)-klasifikace, charakteristika, význam, Chemické listy, (98):373-378.

Bárta, J., Diviš, J., (2008a): Topinambur. In: Prugar et al. (2008): Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí. Výzkumný ústav pivovarnický a sladařský, a.s. ve spolupráci s Komisí jakosti rostlinných produktů ČAZV, Praha, p. 256-259.

Basařová, G., Čepička, J., (1985): Sladařství a pivovarství, Praha: SNTL, skripta VŠCHT.

Bauw, G., Nielsen, H. V., Emmersen, J., Nielsen, K. L., Jorgensen, M., Welinder, K. G. (2006): Patatins, Kunitz protease inhibitors and other major proteins in tuber of potato cv. Kuras. FEBS Journal *273*, 3569 – 3584.

Belitz H. D., Grosch W., Schieberle P. (2009): Investigation of yeast performances in the fermentation of beet and cane molasses to ethanol production, Food Chemistry 4th revised and extended Edition, Springer, p. 8.

Bell J. M., Keith M. O., Darroch C. S., (1988): Lysine supplementation of grower and finisherpig diets based on high protein barley, wheat and soybean-meal or canola-meal,

withobservations on thyroid and zinc status. Canadian Journal of Animal Science, 68: 931-940.

Birch, A. N. E., Geoghegan, I. E., Majeru, M. E. N., McNicol, J. W., Hackett, C. A., Gatehouse, M. R., Gatehouse, J. A., (1999): Tri-trphic interactions involving pest aphids, predatory 2-spot ladybirds and transgenic potatoes expressing snowdrop lecitin for apsid resistence. Mol. Breeding 5: 75-83.

Blochet, J. E., Chevalier, C., Marion, D., (1993): Complete amino acid sequence of puroindoline, a new basic and cystine-rich protein with a unique tryptophan-rich domain, isolated from wheat endosperm by Triton X-114 phase partitioning. FEBS Lett., 3: 336-340.

Boutten, B., Humbert, C., Chelbi, M., Durand, P., Peyarud, D. (1999): Quantification of soy proteins by association of immunohistochemistry and video image analysis. *Food Agr. Immunol*., vol. 11, no.1, p. 51 – 59.

Broekaert, W. F., Cammue, B. P. A., De Bolle, M. C. F., Thevissen, K., De Samblanx, G. W., Osborn, R. W. (1997): Atimicrobial peptides from plants. – Crit. Rev. Plant Sci. 16: 297-323.

Burkhard M., (2006): Imunochemické vlastnosti prolaminů a jejich analytické využití, souhrn disertační práce.

Camafeita, E., Alfonso, P., Acevedo, B., Méndez, E.,(1997): Sample Preparation Optimization for the Analysis of Gliadins in Food by Matrix-assisted Laser Desorption/Ionization Time-of-flight Mass Spectrometry. J. Mass Spectrom., 32: 444–449.

Campbell, G. L., (1996): Oat and barely as livestock feed-The future. Invited pápera of the V.IOC&VII. IBGS, vol. I. University ofsaskatchewan, Canada, s. 91-97.

Campbell, T. C., Campbell, T. M., (2006): Čínská studie, United states, Cornell University, BenBella Books, ISBN 1-932100-38-5, s. 417.

Capouchová, I., Petr, J., Krejčířová, L., (2006): Protein composition of shorgum and oat braun and theis suitability for gluten-free diet. Agriculture. Sci. J. of Lithuanin Institute of Agriculture and Lithuanin University od Agriculture, T. 93 (4), s. 271-284.

Capouchová, I., Petr, J., Tlaskalová – Hogenová, H., Michalík, I., Faměra, O., Urminská, D., Tučková, L., Knoblochová, H., Borovská, D., (2004): Protein fraction of oats and possibilities of oat utilisation for patinent with coeliac disease. Czech J. Food Sci. 22 (4), s. 151-162.

Capparelli, R., Borriello, G., Giroux, M. J., Amoroso, M. G., (2003): Puroindoline A-gene expression is involved in association of puroindolines to starch. Theor Appl Genet.: 107(8):1463-8.

Carlini, C. R., Grossi - de Sá, M. F., (2002): Plant toxic proteins with insecticidal properties. A review on their potentialities as bioinsecticides, Toxicon *40*, 1515 – 1539.

Carrouee, B., Gatel, F., (1995): Peas – Utilisation in animal feeding, UNIP – ITCF, 2–nd ed., 1 – 99.

Casey R., (2003): Pea legumins and vicilins. In Industrial Proteins in Perspective. Progress In Biotechnology, Aalbersberg W. Y., et al., Eds., Elsevier Science: Amsterdam, The Netherlands, vol. 23, p. 49-55.

Cornish, G. B., Békés, F., Eagles, H. A., Payne, P. I., (2005): Prediction of dough properties for bread wheats. In Gliadin and Glutenin: The Unique Balance of Wheat Quality. Amer. Assoc. Cereal Chemists, St Paul, MN, USA. Pages 243-280.

Čabajová, K.: Rok brambor – 2008 (2009): diplomová práce. Brno: LFMU, 21 S.

Čepl, J., Vacek, J., Bouma, J., (1997): Technologie pěstování a užití topinamburu. Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha, 20 str., ISBN 80-86153-08-8.

Čížková, H., Dostálek, P., Fiala, J., Kolouchová, I., (2006): Význam bílkovin z hlediska pěnivosti a stability pěny piva, Chemické listy, 100: 478−485.

Český statistický úřad, (2010): [online]. [cit. 2011-03-14]. Dostupný z WWW: http://www.czso.cz/csu/redakce.nsf/i/zemedelstvi_zem.

Český statistický úřad, (2011a): [online]. [cit. 2011-10-12]. Dostupný z WWW: http://www.czso.cz/csu/csu.nsf/informace/cskl101211.doc.

Český statistický úřad, (2011b): [online]. 2011-02-14 [cit. 2011-12-12]. Dostupné z WWW: http://www.apic-ak.cz/data_ak/11/k/Stat/Sklizen2010.pdf.

Day, L., Augustin, M. A., Batey, I. L., Wrigley, C. W., (2006): Wheat-gluten uses and industry Leeds. Trends in Food Science & Technology 17, s. 82–90.

Denoroy P., (1996): The crop physiology of Helianthus tuberosu L.: A model orientated view. Biomass and Bioenergy 11 (1), s. 11-32.

Desbrough, S., (1983): Potato (Solanum tuberosum L.). In: TANKSLEY, S.D.; ORTON, T.J. (Ed.). Isozymes in plant genetics and breeding. Amsterdam: Elsevier, Part. B, s.167-188.

Diviš, V. a kolektiv, (2000): Pěstování rostlin, skripta Zemědělské fakulty Ju v ČB, ISBN 80-7040-456-6 : 202.00

Dixon, R. A., Harrison, M. J., (1990): Activation, structure and organization of genes involved in microbial defense in plants. Adv. Gen., 28:165-234.

Dostálová, J., (1990): Význam sóje v lidské výživě, Studijní informace ÚVTIZ, ř. Výživa a potraviny, č. 11.

Dostálová, J., (1992): Uplatnění ovsa v lidské výživě. Studijní informace ÚVTIZ, ř. Výživa a potraviny, č. 1, 44 str.

Dostálová, J., Prugar, J., (2008a): Luskoviny. In: Prugar et al. (2008). Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí. Výzkumný ústav pivovarnický a sladařský, a.s. ve spolupráci s Komisí jakosti rostlinných produktů ČAZV, Praha, p. 195-202.

Dworschak, R. G., Ens, W., Standing, K. G., Preston, K. R., Marchylo, B. A., Nightingale, M. J., Stevenson, S. G., Hatcher, D. W., (1998): Analysis of wheat gluten proteins by matrix-assisted laser desorption/ionization mass spectrometry. J. Mass Spectrom., 33: 429–435. doi: 10.1002/(SICI)1096-9888(199805)33:5<429::AID-JMS645>3.0.CO;2-OE

Endres, J., G., (2001): Soy Protein Products Characteristics, Nutritional Aspects, and Utilization, A publication of AOCS, USA, ISBN 1-893997-27-8.

Epple, P., Apel, K., Bohlmann, H., (1998): Overexpression of an endogenous thionin enhances resistence of *Arabidopsis* against *Fusarium oxysporum*. – Plant Cell 9: 509-520.

Evans D. E., Hejgaard J., (1999): The impact of malt derived proteins on beer foam quality part I: the effect of germination on kilning on the level of protein Z4, protein Z7 and LTP1, J. Inst. Brew. *105*, 159.

Evans D. E., Sheehan M. C., Stewart, D. CJ., (1999): The Impact of Malt Derived Proteins on Beer Foam Quality. Part II: The Influence of Malt Foam-positive Proteins and Non-starch Polysaccharides on Beer Foam Quality, J. Inst. Brew. 105, 171.

FAO. (1999). FAO Yearbook Production 53.

FAOSTAT, 2004 [online]. [cit. 2011-04-14]. Dostupný z WWW: <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>.

Food and Drug Administration (2005), Food labeling: Health claims; soluble dietary fiber from certain foods and coronary heart disease; Final Rule Federal Register Doc. 2004 P-0512, filed 12-23-05.

Gafner, F., Schweikert, K., Dell'Acqua, G., (2009): Oat-based complex stimulates skin barrier protein synthesis and reduces skin ageing. International Journal of Cosmetic Science, 31: 403. doi: 10.1111/j.1468-2494.2009.00511_3.x

Gautier, M. F., Aleman, M. E., Guirao, A., Marion, D., Joudrier, P., (1994). *Triticum aestivum* puroindolines, two basic cystine-rich seed proteins: cDNA sequence analysis and developmental gene expression. Plant Mol. Biol. 25:43–57.

Gennadios, A., Brandenburg, A. H., Weller, C. L., Testin, R. F., (1993). Effect of pH on properties of wheat gluten and soy protein isolate films. J Agric Food Chem. 41:1835–9.

Georges, F., Saleem, M., Cutler, A, J., (1990): Design and cloning of a synthetici gene for the flunder antifreezing protein and its expression in plant cells. Gene 91: 159–165.

Hanusová, L., Čurn, V., (2006): Inhibitory proteas v hlíze bramboru, Chemické listy, (101):536-541.

Hanusová, L., (2008): Identifikace inhibitorů proteas, disertační práce. České Budějovice: ZFJU, 13 s.

Heřmanová, M., (2008): Hlíznaté okopaniny, bakalářská práce, Ústav potravinářského inženýrství, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Hill, A. J., Peikin, S. R., Ryan, C. A., Blundell, J. E., (1990): Oral administration of proteinase inhibitor II from potatoes reduces energy intake in man. Physiol. Behav. 48, 241−246.

Hosnedl, V., Vašák, J., Mečiar, L., (1998): Rostlinná výroba – II: (Luskoviny, olejniny), ČZU, Praha, ISBN 80-213-0153-8, 135 s.

Hraška, M., Rakouský, S., Čurn, V., (2006): Inhibitory proteas, mechanismy účinku a perspektivy jejich využití v transgenozi rostlin, Chem. Listy *100*, 501−507.

Hrušková, M., Burešová, I., Capouchová, I., Faméra, O., Hanišová, A., Horáková, V., Horčička, J., Hřivna, S., Novotný, F., Pet, J., Prugar, J. (2008a): Pšenice. In: Prugar et al. (2008). Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí. Výzkumný ústav pivovarnický a sladařský, a.s. ve spolupráci s Komisí jakosti rostlinných produktů ČAZV, Praha, p. 75-96.

Houde, M., Dhindsa, R. S., Sarhan, F., (1992): A molecular marker to select for freezing tolerance in *Gramineae*. Mol. Gen. Genet. 234, 43-48

Huang, C.; Ma, W. - Y.; Ryan, C. A.; Dong, Z. (1997): Proteinase inhibitors I and II from potatoes specifically block UV-induced activator protein -1 activation through a pathway that is independent of extracellular signal-regulated kinases, C-jun N-terminal kinases, and P38 kinase. Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A. *94*, 11957.

Hughes P., Wilde P. J., (1997): New techniques for the evaluation of interactions in beer foams, Proceedings of the Europenan brewing convention congress, Maastricht, str. 525.

Hulín, P., Dostálek, P., Hochem, I., (2007): Metody stanovení lepkových bílkovin v potravinách, Chemické listy, 102, 327−337.

Chmelík J., Řehulka P., Střelcová M., Kubáň V., Mayrhofer C., Allmaier G., (2002): Rostlinná výroba, 48, 261.

Chou, K. C., (1992): Energy-optimized structure of antifreeze protein and its binding mechanism. J. Mol. Biol. 223, 509–517.

Janatuinen, E. K., Pikkarainen, P. H., Kemppainen, T. A., (1995): A comparison of diets with and without oats in adults with celiac disease. The New England J. of Medicine 333, s. 1033-1037.

Jiménez M., Escribano J., Perez-Gilabert M., Chazarra S., Cabanes J., Garcia Carmona F., (2001): Anoctaethylene glycol monododecyl ether-based mixed micellar assay for determining the lipid acyl hydrolase activity of patatin. Lipids 36, 1169

Kadlec, P. a kol., (2007): *Technologie potravin I.* Praha: VŠCHT. 300 s. ISBN 80-7080-5099.

Kaersgaard P., Hejgaard J., (1979): Antigenic beer macromole-cules – an experimental survey of purification methods. *J. Inst. Brew.*, **85**, 103–111.

Kalra, S., (2000): Jood, S.: Effect of dietary barley β-Glucan on cholesterol and lipoprotein fractions in rat *J. Cereal Sci.* 31, 141– 145.

Kärenlampi. S. O., White, P. J., (2009): Potato Proteins, Lipids and Minerals. In: Singh, J. Kaur L (Ed) Advanced In Potato Biochemistry, Elsevier Academic Publishers, USA, pp. 99-125.

Keil M., Sanchez-Serrano J., Schell J., Willmitzer L., (1986): Primary structure of a proteinase inhibitor II gene from potato (Solanum tuberosum). Nucleic Acids Res. *14*, 5641 - 5650

Kennedy, A. R., (1998): Chemopreventive agents: protease inhibitors. Pharmacol. Ther. 78 (3), 167 – 209.

Kolar, C. W., Richert, S. H., Decker, C.D., Steinke, F.H., and Vander Zanden, R.J., (1985): Isolated Soy Protein, in New Protein Foods: Seed Storage Proteins, Vol. 5, Altschul, A.A., and Wilcke, H.L., Academic Press, Orlando.

Kolmanová, L., Volf, P. (2002): Nejen sójové bílkoviny. Maso, roč. 11, č. 4, s. 30 – 31.

Koningsveldvan van G. A., Walstra P., Voragen A. G. J, Kuijpers I. J., Boekel van M. A. J. S., Gruppen H., (2002): Effect of proteins composition and enzymatic aktivity on formation and properties of potato protein stabilized emulsions. J Agric Food Chem 54:6419-6427.

Koprna, R., Havel, J. (2002): Využití olejnin pro potravinářské účely. Agroweb.cz [online]. 2002-04-23 [cit. 2011-12-12]. Dostupné z WWW: http:// agroweb.cz/Vyuziti-olejnin-pro-potravinarske-ucely__s44x8463.html, Výzkumný ústav olejnin Opava.

Kumar, P. J., Farthing, M. G. J., (1995): Oats and celiac disease. The New England J. of Medicine 333, s. 1075-1076.

Kunová, V., (2004): Zdravá výživa. 1. vyd. Praha: Grada. 136 s. ISBN 80-247-0736-5.

Kvasničková, A., (2004): Inhibitory HIV-proteázy, Food Chemistry 87, článek 27399, č. 3, 387-392 s.

Lahola, J., a kolektiv, (1990): Luskoviny – pěstování a využití. SZN, Praha, 1 – 224., ISBN 8020901272, 9788020901279

Lehrer, R., Ganz, T., (1999): Antimicrobial peptides in mammalian and insect host defence. – Curr. Opinion Immunol. 11: 23-27.

Lekeš J., (1985): Ječmen. Státní zemědělské nakladatelství, Praha.

Liu, Y. G., Jensen, S. K., Eggum, B. O., (1995): The influence of seed size on digestibility a growth performance of broiler chickens fed full-fat rapeseed. Journal of the Science of Foodand Agriculture, 67: 135-140.

Lukáš, K., a kolektiv, (2005): Gastroenterologie a hepatologie pro zdravotní sestry., 1. vyd. Praha, 288 str., ISBN 80-247-1283-0.

Mandžuková, J., (2007): Potraviny pro zdravou výživu od A do Z., Praha: Vyšehrad, spol. s.r.o. 128 s. ISBN 978-80-7021-865-5.

Mariánek F.: Definitivní údaje o sklizni zemědělských plodin za rok 2010 [online], 2011-02-19 [cit. 2011-04-07]. Dostupné z WWW:<http://mskis.cz/?path=m1|mt17|mo15303.

Maxam, A., M., Gilbert, W., (1980): Methods in Enzymology, Grossman, L. and Moldave, K. Eds., Vol. 65 I, pp. 499-560, Academic Press, New York.

Melville, J. C.; Ryan, C. A. (1972): Chymotrypsin inhibitor I from potatoes: Large scale preparation and characterization of its subunit components. J. Biol. Chem. *247*. 3443 – 3453.

Mertz E. T., Bates L. S. & Nelson 0. E., (1964): Mutant gene that changes protein composition and increases lysine content of maize endosperm. Science 145:279-80.

Ministerstvo zemědělství ČR, (2010a). Charakteristiky škrobu a bílkovin zrna pšenice pro nepotravinářské využití; donory cenných znaků, vhodné odrůdy a pěstitelské technologie. [cit. 2011-04-14]. Dostupné z WWW: <http:// isvav.cz/h10/projectDetail.do;jsessionid=1103D76F84FBD6EDA9E3DDF50F648405?rowId =1G58076.

Mokrejš, P., Langmaier, F., (2008): Aplikace přírodních polymerů, 1.st ed. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, ISBN 978-80-7318-674-6.

Momany, D. J. Sessa, J. W. Lawton, W. Gordon, G. W. Selling and S. A. H., (2006): Hamaker *et al.*: Structural characterization of r-Zein, *Journal of Agricultural Food and Chemistry* 54, pp. 543–547.

Monge-Sanchez, R., Lopez-Torrejón, G., Pascual, C. Y., J. Varela, M. Martin-Esteban,G., (2004): Salcedo Vicilin and convicilin are potential major allergens from pea, Clinical & Experimental Allergy, Volume 34, Issue 11, pages 1747–1753, November.

Moudrý, J., (1991): Regulace tvorby výnosu a kvality ovsa. Disertační práce, České Budějovice 234 (I. díl).

Moudrý, J., (2003): Tvorba výnosu a kvality ovsa. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, České Budějovice, 167 str., ISBN: 80-7040-659-3.

Moudrý, J., Štěrba, Z., Capouchová, J., (2008a): Oves. In: Prugar et al. (2008). Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí. Výzkumný ústav pivovarnický a sladařský, a.s. ve spolupráci s Komisí jakosti rostlinných produktů ČAZV, Praha, p. 133-138.

Moudrý, J., Vavreinová, S., (1998): Chemical Composition of Amaranth seed. In: Proceedings of the international Conference, Brno, s. 226-227.

Murai, M., Yoshida, S., (1998): Evidence for the cell wall involvement in temporal changes in freezing tolerance of Jerusalem artichoke (Helianthus tuberosus L.) tubers during cold acclimation, Plant Sciences; Cell Biology, ISSN: 0032-078.

Nakai, S., Modler, W., (1996): Food proteins – propertiens and charakterization, Canada, ISBN 1-56081-691-0.

Neurath, H. (1984): Evolution of proteolytic enzymes. Science *224*, 350 – 357.,

Ondřej, M.; Drobník, J., (2002): Transgenoze rostlin, ACADEMIA, str. 108 – 129, ISBN 80-200-0958-2.

Osborne, T. B., (1907): The Proteins of the Wheat Kernel. Publ. No. 84 (2nd edn), Carnegie Institute of Washington.

Owyang C., Louie D. S., Tatum D., (1986): Feedback regulation of pancreatic enzyme secretion. Suppression of cholecystokinin release by trypsin, J. Clin. Invest. *77*, 2042.

Pamplona – Roger, G. D., (2005): Encyklopedie léčivých potravin. Praha: Advent-Orion. 385 s. ISBN 80-7172-542-0.

Payne P. I., Nightingale M. A., Krattiger A. F., Holt L. M., (1987): The relationship between HMW glutenin subunit composition and the bread making quality of british-grown wheat varieties. Journal Science Food and Agriculture, 40: 51–65.

Pečivová, P., (2006): Vliv definovaných přídatných látek na pekárenské vlastnosti pšeničného těsta, diplomová práce.

Peyer, C., Boney P., Staudacher E., (2004): Purification and characterization of β-xylosidase from potatoes (*Solanum tuberosum*), BBA-Proteins Protein 1672:27-35.

Piersonová, S., (2004): Vaříme v rytmu ro(c)ku! Aneb úplná příručka pro dospívající vegetariány. Praha: Volvox Globator, 216 s. ISBN 80-7207-470-9.

Pipek, P., Ingr, I., Pipkova Z. (1998): Falšování potravin – maso a masné výrobky. Výživa a potraviny, 1998, no. 6, p. 170 – 172.

Poštulka, R. (2010): Význam obsahu sušiny při silážování. Agroweb.cz [online]. 2010-8-13 [cit. 2011-12-12]. Dostupné z WWW: http://www.agroweb.cz/Vyznam-obsahu-susiny-pri-silazovani__s1307x47312.html.

Pots, A. M., (1999): Physico-chemical properties and thermal aggregation of patatin, the major potato tuber protein. [PhD Thesis.] Wageningen Agricultural University, Wageningen.

Povreau, L.; Gruppen, H., Piersima, S. R.; van den Broek, L. A. M.; van Koningsveld, G. A.; Voragen, A. G. J., (2001): Relative abundance and inhibitory distribution of protease inhibitors in potato juice from cv. Elkana. Journal of Agricultural and Food Chemistry, vol. 49, p. 2864 – 2874.

Prat S., Frommer W. B., Höfgen R., Keil M., Kossmann J., Köster-Töpfer M., Liu X. J., Müller B., Peña-Cortés H., Rocha-Sosa M. (1990): Gene expression during tuber development in potato plants. FEBS Letters, 268: 334–338.

Prokeš J., (2000): Technologický význam dusíkatých látek v ječmeni a sladu. Kvasný Průmysl, 46(10): 277-279. ISSN 0023-5830.

Prugar, J. et al., (2008) Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský ve spolupráci s Komisí jakosti rostlinných produktů ČAZV, 327s.

Psota, V., Ehrenbergerová, J. (2008a). Ječmen. In: Prugar et al. (2008). Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí. Výzkumný ústav pivovarnický a sladařský, a.s. ve spolupráci s Komisí jakosti rostlinných produktů ČAZV, Praha, p. 115-123.

Pulkrábek, J. et al., (2010): (Okopaniny [online]. Praha: ČZU katedra rostlinné výroby, [cit. 2011-04-15]. SMEP – skripta ČZU. Dostupné z WWW: <http://etext.czu.cz/php/skripta/skriptum.php?titul_key=5>.

Punja, E. D., (2004): Fungal disease resistence in plants, biochemistry molecular biology and genetic engineering; Food Produkt Press, The Haworth Pres, Inc., New York, USA, 266 p.

Pusztai A., (1972): Metabolism of trypsin-inhibitory proteins in the germinating seeds of kidney bean (*Phaseolus vulgaris),* Planta 107: 121 – 129.

Racusen D., (1984): Lipid acyl hydrolase of patatin. Canadian Journal of Botany 62: 1640-1644.

Ralet, M. Ch., Guéguen J. (2002): Fractionation of potato proteins: solubility, thermal coagulation and emulsifying properties. Lebens Wiss Technol 33:380-387.

Ralet, M. Ch., Gueguén, J. (2001): Les protéines de pomme de terre: composition, isolement et propriétés fonctionnelles. Science des Aliments 19, s. 147 – 165.

Reiners, R. A., (1973): Industrial Uses of Cereals*; American Association of Cereal Chemists:* St. Paul, MN.

Rottmann, L. H., (1996): On the use oats in the gluten-free diet. Lifeline, Vol. XIV, No 1, str. 1-2.

Ruseler-van Embden J. G. H:, van Lieshout L. M. C., Smits S. A., van Kessel I., Laman J. D., (2004): Potato tuber proteins efficiently inhibit human faecal proteolytic activity: implications for treatment of peri-anal dermatitis, Eur. J. Clin. Invest. *34*, 303.

Rybáček V. a kol. (1988): Brambory. Státní zemědělské nakladatelství Praha: 358 s.

Scrimshaw, N. S., and Young, V. R. (1979): In Soy Protein and Human Nutrition, Wilcke, H.L., Hopkins, D.T., and Waggie, D.H., Academic Press, New York, p. 121.

Selitrenikoff, C. P. (2001): Antifungal proteins, *Appl Environ Microb* 7, 2883-2894.

Shain Y., Mayer A. M., (1965): Control of Seed Germination, Physiol. Plant. *18*, 853.

Shewry P. R., Halford N. G., (2002): Cereal seed storage proteins: structures, properties and role in grain utilization. J. Exp. Bot. *53*, 947 – 958.

Shewry P. R., Tatham A. S., (1990): The prolamin storage proteins of cereals seeds structure and evolution. Biochem. J. *267*, 1 – 12.

Shewry, P. R., (1993): Barley seed proteins. In *Barley: Chemistry and Technology*; MacGregor, A. W.; Bhatty, R. S., Eds.; American Association of Cereal Chemists Inc.: St. Paul, MN, pp 131− 197.

Shewry, P. R., (1995): Plant storage proteins. Biological Reviews 70, s. 603-610.

Shewry, P. R., (2003): Tuber storage proteins. Annals of Botany,, vol. 91, no.7, p. 755-769.

Shewry, P. R., Lucas J. A., (1997): v knize: *Advances in Botanical Research* (J. Callow, ed.), sv. 26, str. 135. Academic Press, London.

Schuler T. H., Poppy G. M., Kerry B. K., Denholm I., (1998): Insect-resistant transgenic plants, Trends Biotechnol. 16, 168-175.

Straetkvern, K. O., Schwarz J. G., Wiesenborn D. P., Zafirakos E., Lihme A., (1999): Expanded bed adsorption for recovery of patatin from crude potato juice, Bioseparation 7, 333-345.

Suchý, P., Straková, E., Herzig, I., (2009): Nutriční a dietická hodnota tuzemských proteinových krmiv jako alternativa sóji a sójových produktů (část III – hrách), Praha.

Suková, I., (2008): Bílkovina z brambor Promish 204 P^{TM} . [online], [cit. 2013-04-24]. Dostupné z WWW http://www.agronavigator.cz/default.asp?ch=13&typ=1&val=81722&ids=170

Sun, S., Dong, J., Lin, Z. X., Yang, B., Wang, J. Y., (2005): Comparison of cytocompatibility of zein film with other biomaterials and its degradability in vitro, Volume 78, Issue 5 Biopolymers, 268–274.

Swanton, C. J., Cavers, P. B., Clements, D. R., Moore, M. J. (1992): The biology of Canadian Weeds. 101. Helianthus tuberosu L. Can. J. Plant Sci. 72, s. 1367 – 1382.

Šalplachta, J., Gunter, A., Chmelík, J., (2005): Proteomická identifikace glutenových bílkovin, Chemické listy 99, 967 – 971.

Šašková, D., Štolfa,V., (1993): Trávy a obilí. 1. vyd. Praha: Artia a.s., 64 s. ISBN 80-85805-03-0.

Tatham A. S., Shewry P. R. (2000): Elastomeric proteins: biological roles, structures and mechanisms, Trends Biochem. Sci. *25*, 567.

Therras, F. R. G., Eggermount, K., Kovaleva, V., Raikhel, N. V., Osborn, R. W., Kester, A., Rees, S. B., Torrekens, S., Van Leuven, F., Vanderleyden, J., Cammue, B. P. A., Broekaert, W. F., (1995): Small cystein-rich antifungal proteins from radish: thein role in host defense. –Plant Cell 7: 573-588.

Tichá, M., Vyzínová, P., (2006): Polní plodiny. Brno, Veterinární a farmaceutická univerzita.

Tonón C., Daleko G., Oliva C., (2001): An acid beta-1,3 glucanase from potato tubers appears to be patatin, Plant Physiol Biochemistry, 39 (10): 849-854.

Tzitzikas N. E., Vincken J. P., de Groot J., Gruppen H., Visser R. G. F., (2006): Genetic Variation in Pea Seed Globulin Composition, J.Agric.Food Cgemistry, vol. 54, 425-433p.

Van, D. E. R., Schueren, F. M. L. (2002): Chew candy or fruit Cheb comprises wheat gluten and maltodextrin as replacement for gelatin. European Patent 979611.

Vaňha, J., Kvasnička, F., Prokorátová, V. (2002): Detekce sójových bílkovin v masných výrobcích. Maso, roč. 11, č. 5, s. 36 – 39.

Vasal, S. K., Bjarnason, M., (2010): Breeding of quality protein maize (QPM), DOI: 10.1002/9780470650363.ch7.

Vašák, J., (2010): Řepka – žlutá expanze ve vyspělém světě.

Velíšek, J., (2002): Chemie potravin 1. 2. vyd. upravené. OSSIS Tábor, 344 s. ISBN 80-86659-00-3.

Veronese P., Ruitz M. T., Coca M. A., Hernandez-Lopez A., Lee H., Obras J. I., Damsz B., Pardo J. M., Hasegawa P. M.., Bressan R. A., Narasimhan M. L., (2003): In defens igainst pathogens. Both plant sentinental and foot soldier need to knot the enemy. *Plant Physiol.* 131:1590.

Vítámvás, P., Saalbach, G., Prášil, I. T., Čapková, V., Opatrná, J., Jahoor, A., (2007): WCS120 protein family and proteins soluble upon bowling in cold-acclimated winter wheat. J. Plant Physiol. 164, 1197-1207.

Vokál, B., Čepil, J., Hausvater, E., Rasocha, V., (2010). Abeceda pěstitele. VÚB Havlíčkův Brod, p. 4-17.

Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., (2011). Využití gelové elektorforézy k identifikaci podjednotek gluteninů s vysokou a nízkou molekulovou hmotností u pšenice. [cit. 2012-10-27]. Dostupné z WWW: http://www.vurv.cz/files/Publications/ISBN978-80-7427-056-7.pdf

Wahab P. J., Crusius J. B., Meijer J. W., Mulder C. J., (2001): Gluten challenge in borderline gluten-sensitive enteropathy. Am J Gastroenterol ;96:1464–1469.

Weiguo J., Alistar, R. D., Vogel, J., H. (2003): Conformation of a Bactericidal Domain of Puroindoline a: Structure and mechanism of Action of a 13-Residue Antimicrobial peptide, Bakteriology, 185(16): 4938-4947.

Welch, W. R., (1999): Research opportunities for oats in humana nutrition. In OATS, vive la defférence“ Second European Oats Konference Cambridge, 28-29 October, Konference Proccedings.

Wieser H., (1996): Relation between gliadin structure and coeliac toxicity, Acta Paediatr. 412, 3.

Wood, P. J., (2004): Relationships between solution properties of cereal β-glucans and physiological effects a review Trends Food Sci. Technol. 15, 313– 320.

Yada, R. Y., (2004): v knize: *Proteins in Food Processing*. Woodhead Publishing Limited, Cambridge.

Yalcin, E.; Celik, S.; Ibanoglu, E., (2008): Foaming properties of barley protein isolates and hydrolysates Eur. Food Res. Technol., 226, 967– 974.

Yang, L., Tian, D., Luo, Y., Zhang, R., Ren, Ch., Zhou, X. (2011): Proteomics-based identification of storage, metabolic, and allergenic proteins in wheat seed from 2-DE gels, African Journal of Agricultural Research Vol. 6(4), pp. 808-816, 18, ISSN 1991-637X

Yang, W., Zheng, Y., Zheng, W., Feng, R. (2005): Molecular genetic mapping of high lysine mutant gene (opaque16) and the double recessive effect with opaque2 in maize. Molecular breeding 15: 257-269.

Zemědělský svaz ČR, (2011): Soupis ploch osevů k 31. 5. 2011. [online], [cit. 2011-12-12]. Dostupné z WWW: http:// www.zscr.cz/aktuality-zscr/soupis-ploch-osevu-k-31-5-2011-a1880719.

Zimolka, J., kolektiv, (2008): Kukuřice-hlavní a alternativní užitkové směry, Praha, ISBN 978-80-86726-31-1.

Zrůst, J., (2004). Faktory ovlivňující obsah nutričně významných a škodlivých látek v hlízách a výrobcích z brambor. Podklady pro Vědecký výbor fytosanitární a životního prostředí. VÚB Havlíčkův Brod, p. 85.

Tabulky

Tab. 1 Bílkoviny obilovin a jejich složení (Velíšek, 2002; Yada, 2004; Hulín *et al.*, 2008). ..15
Tab. 2 Obsah aminokyselin v zrnu pšenici (v g vztaženo na 16g dusíku) (Velíšek, 2002). 17
Tab. 3 Obsah nejvíce zastoupených aminokyselin v obilkách nahého ovsa (v $g.kg^{-1}$) (Moudrý & Vavreinová, 1998). 22
Tab. 4 Obsah aminokyselin v zrnu kukuřice (v g vztaženo na 16 g dusíku) (Velíšek, 2002). .24
Tab. 5 Průměrný obsah bílkovin v semenech luskovin (Prugar *et al.*, 2008). 25
Tab. 6 Procentuální obsah aminokyselin v semenech řepky (Liu *et al.*, 1995). 30
Tab. 7 Obsah esenciálních aminokyselin v bílkovinách bramborových hlíz (Bárta & Čurn, 2004). 33
Tab. 8 Vlastnosti rodin PI´s, přítomných v hlíze bramboru (Pouvreau *et al.*, 2001). 36
Tab. 9 Průměrné složení hlíz topinamburu (převzato Čepl www.agrokrom.cz). 38
Tab. 10 Některé hmyzu odolné transgenní rostliny exprimující geny pro inhibitory proteas rostlinného původu (Schuler *et al.*, 1998). 48
Tab. 11 Užitkové směry podle účelu pěstování topinamburu (Čepl, 1997). 49
Tab. 12 Informace o sklizni zemědělských plodin v roce 2010 v ČR (Mariánek, 2011; Zemědělský svaz ČR, 2011; Český statistický úřad, 2011b). 50
Tab. 13 Odhad produkce bílkovin [t] z průměrných výnosů. 52
Tab. 14 Informace o produkčních parametrech ve světě roku 2009 (Český statistický úřad, 2010). 54

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

FAO	Food and Agriculture Organization
PI´s	Inhibitory proteas
DNA	Deoxyribonukleová kyselina
RNA	Ribonukleová kyselina
IP kvalita	Identity Preservation - zachování identity
NON-GMO statut	Neobsahuje geneticky modifikovaný organismus

EAA	esenciální aminokyseliny
AA	aminokyseliny
EAAI	index esenciálních aminokyselin
AAS	aminokyselinové skóre pro limitující aminokyseliny

bílkoviny přenosu lipidů nebo-li *lipid transfer proteins* (LTPS)

HMW (vysokomolekulární frakce)

LMW (nízkomolekulární frakce)

AP-1	aktivační protein (nebo-li transkripční faktor)