

Aminokyselinové složení bezlepkových mouk

Bc. Monika Šmehlíková

Diplomová práce
2014



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav technologie potravin

akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Monika Šmehlíková**
Osobní číslo: **T11136**
Studijní program: **N2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie, hygiena a ekonomika výroby potravin**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Aminokyselinové složení bezlepkových mouk**

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

1. Charakterizovat jednotlivé druhy pseudocereálií a vybrané druhy cereálií.
2. Chemické složení a využití pseudocereálií a cereálií.
3. Obecná charakteristika aminokyselin.

II. Praktická část

1. Popis použitého materiálu a metodiky – stanovení obsahu aminokyselin v mouce.
2. Výsledky a diskuze.
3. Popis získaných výsledků.
4. Srovnání obsahu aminokyselin v hodnocených moukách.
5. Porovnání získaných výsledků s výsledky publikovanými v literatuře.
6. Formulace závěru plynoucí z práce.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

[1] PŘÍHODA, J.; HUMPOLÍKOVÁ, P.; NOVOTNÁ, D. Základy pekárenské technologie. vyd. 1., Pekař a cukrář s.r.o., Praha, 2003, 363 s., ISBN 80-902922-1-6.

[2] VELÍŠEK, J. Chemie potravin I.. vyd. 2., OSSIS, Tábor, 2002, 644 s., ISBN 80-86659-00-3.

[3] MOUDRÝ, J.; a kol. Alternativní plodiny; Vydavatelství Profi Press s.r.o., Praha, 2011, 138 s., ISBN 978-80-86726-40-3.

[4] FRANCIS, F.J. Encyclopedia of Food Science and Technology. New York, 2000, ISBN 978-0-471-19285-5.

[5] RANKEN, M.D., KILL, R.C., BAKER, C. (Eds.). Food Industries Manual. London, 1997, ISBN 9780751404043.

Vedoucí diplomové práce: **Mgr. Iva Burešová, Ph.D.**
Ústav technologie potravin

Datum zadání diplomové práce: **10. ledna 2014**

Termín odevzdání diplomové práce: **25. dubna 2014**

Ve Zlíně dne 3. února 2014


doc. Ing. Román Čermák, Ph.D.
děkan



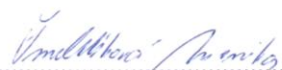

doc. Ing. František Buňka, Ph.D.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

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

Ve Zlíně 25. dubna 2014


.....

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ABSTRAKT

V teoretické části diplomové práce je popsána charakteristika pseudocereálií, cereálií a luskovin. Mezi nejvýznamnější pseudocereálie řadíme amarant, merlík chilský a pohanku. Z cereálií se jedná o čirok, kukuřici, proso, rýži a z luskovin je v práci charakterizována cizrna beraní. Dále se práce zabývá charakteristikou aminokyselin a bílkovin a popisuje metody stanovení aminokyselin. V praktické části diplomové práce je popsána metodika, výsledky a diskuze stanovení obsahu aminokyselin, které bylo provedeno pomocí iontové výměnné kapalinové chromatografie. Z výsledků analýzy bylo zjištěno, že naprosto dominantní aminokyselinou u bezlepkových mouk byla kyselina glutamová, jejíž nejvyšší obsah vykazovala cizrnová mouka. Z nutričního hlediska je cizrna beraní, spolu s amarantem velmi hodnotná a jejich výrobky jsou nejvhodnější pro konzumaci.

Klíčová slova: pseudocereálie, cereálie, aminokyseliny, kyselina glutamová, bílkoviny

ABSTRACT

In the theoretical part of presented thesis various pseudocereals, cereals and legumes are widely characterized. To the most important pseudocereals belong amaranth, quinoa and buckwheat Chilean, from cereals are discussed sorghum, maize, millet and rice, and from legumes the chickpea is deeply specified. Additionally to this, the work deals with the characterization of both amino acids and proteins, and also describes methods for analytical determination of amino acids. In the experimental part of the thesis the methodology of ion exchange liquid chromatography, used for determination of amino acids in all above mentioned commodities, is described. Discussion of results is focused on amino acids content in particular cereals, pseudocereals and legumes. From the data obtained it can be concluded that glutamic acid represent the most abundant amino acid in all tested samples, its highest content was detected in chick pea flour. From a nutritional point of view, the chickpea along with amaranth represent a valuable source of essential amino acids, thus related products can be recommended for consumption.

Keywords: pseudocereals, cereals, amino acids , proteins, glutamic acid, protein

Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucí mé práce Mgr. Ivě Burešové, Ph.D. za odbornou pomoc a za poskytnuté konzultace pro vypracování této diplomové práce.

Dále mé poděkování patří Ing. Lucii Masaříkové za vstřícnou pomoc a připomínky k této diplomové práci. Nakonec chci poděkovat své rodině za finanční a psychickou podporu v průběhu celého studia.

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

OBSAH

ÚVOD	10
1 TEORETICKÁ ČÁST	11
1 PREUDOCEREÁLIE	12
2 NEJVÝZNAMNĚJŠÍ PSEUDOCEREÁLIE	13
2.1 POHANKA	13
2.1.1 Chemické složení pohanky.....	13
2.1.2 Využití pohanky	15
2.2 MERLÍK CHILSKÝ – QUINOA.....	16
2.2.1 Chemické složení merlíku chilského	16
2.2.2 Využití merlíku chilského	17
2.3 AMARANT	17
2.3.1 Chemické složení amarantu	17
2.3.2 Využití amarantu	18
3 CEREÁLIE	19
3.1 PROSO	19
3.1.1 Chemické složení prosa.....	20
3.1.2 Využití prosa	20
3.2 KUKUŘICE	21
3.2.1 Chemické složení kukuřice	21
3.2.2 Využití kukuřice	21
3.3 RÝŽE	22
3.3.1 Chemické složení rýže	22
3.3.2 Využití rýže	22
4 LUSKOVINY	23
4.1 CIZRNA BERANÍ	23
4.1.1 Chemické složení cizrny	23
4.1.2 Využití cizrny	24
5 AMINOKYSELINY A BÍLKOVINY	25
5.1 CHARAKTERISTIKA AMINOKYSELIN	25
5.2 AMINOKYSELINY OBILOVIN	26
5.3 CHARAKTERISTIKA BÍLKOVIN	27
5.4 BÍLKOVINY OBILOVIN	28
5.5 METODY STANOVENÍ OBSAHU AMINOKYSELIN	29
5.5.1 Hydrolýza bílkovin v analyzovaných vzorcích	29
5.5.2 Ionově-výměnná kapalinová chromatografie IEC.....	30
6 CHARAKTERISTIKA BEZLEPKOVÉHO PEČIVA	31
6.1 TVORBA STRUKTURY TĚSTA	31
6.1.1 Změny těsta při pečení	32

6.2	VÝROBA BEZLEPKOVÉHO PEČIVA	33
6.3	VYUŽITÍ BEZLEPKOVÝCH MOUK	34
6.4	CELIAKIE	34
II	PRAKTICKÁ ČÁST	35
7	CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE	36
8	MATERIÁL A METODIKA	37
8.1	MATERIÁL	37
8.1.1	Charakteristika vzorků bezlepkových mouk	38
8.2	METODIKA	39
9	VÝSLEDKY A DISKUZE	41
9.1	VÝSLEDKY STANOVENÍ OBSAHU AMINOKYSELIN	41
9.2	DISKUZE ZÍSKANÝCH VÝSLEDKŮ	53
	ZÁVĚR	57
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	59
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	67
	SEZNAM OBRÁZKŮ	68
	SEZNAM TABULEK	69
	SEZNAM PŘÍLOH	70

ÚVOD

Pseudocereálie, neboli pseudoobiloviny se svým složením i využitím podobají cereáliím, ale z botanického hlediska se k cereáliím neřadí. Mezi nejvýznamnější pseudocereálie patří pohanka, amarant (laskavec) a quinoa (merlík chilský).

Nahrazují a doplňují sortiment běžně používaných obilovin a zároveň přispívají k rozšíření spektra rostlinné produkce. Vyznačují se specifickými chuťovými, nutričními a zdravotními vlastnostmi.

Pseudocereálie mají vysoký obsah proteinů s příznivým aminokyselinovým složením. Tyto bílkoviny neobsahují lepek, tudíž jsou pseudoobiloviny velmi užitečnými pro výživu lidí trpících celiakií. Lepek je směs bílkovin obsažená v obilných zrnech. A právě jeho část – bílkovina, která se u pšenice nazývá gliadin, u ječmene hordenin, u ovsa avenin a u žita sekalin, způsobuje u některých lidí nesnášenlivost. Proto lze nahradit tyto potraviny tzv. přirozeně bezlepkovými, jako jsou např. kukuřice, rýže, pohanka, quinoa, amarant, cizrna, beraní, proso.

Ve srovnání s obilovinami tedy pseudocereálie obsahují kvalitnější skladbu bílkovin, vyšší obsah nenasycených mastných kyselin a vlákniny. Dále jsou považovány za dobrý zdroj vitaminů, minerálních látek a rovněž se vyznačují vysokým obsahem bioaktivních látek.

O jednotlivých plodinách je blíže pojednáno v teoretické části diplomové práce, která popisuje jejich charakteristiku, chemické složení a potravinářské využití. Další část byla věnována charakterizaci a klasifikaci bílkovin a aminokyselin. Následně byla popsána hydrolýza bílkovin, která zajistí rozštěpení bílkovin na aminokyseliny.

V praktické části je popsána metoda stanovení obsahu aminokyselin a získané výsledky z měření, které jsou následně v diskuzi srovnány s literaturou.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 PREUDOCEREÁLIE

Pseudocereálie se řadí mezi alternativní plodiny, což jsou druhy rostlin, které jsou využívány vedle stávajících pěstovaných plodin, ale v menších množstvích.

Pseudocereálie jsou tedy dvouděložné rostliny nepatřící botanicky sice do čeledi lipnicovitých (*Poaceae*), dříve (obilní) trávy (*Gramineae*), ale většinou se využívají a zpracovávají podobně jako obiloviny, také způsob pěstování je podobný. Jako nejznámější příklady můžeme uvést pohanku, merlík chilský – quinou a laskavec – amarant [1].

Pseudoobiloviny jsou především významným zdrojem sacharidů (škrob). Pseudoobiloviny významně přispívají k pokrytí denní potřeby esenciálních mastných kyselin. Rovněž mají výrazně vyšší obsah nutričně důležitých minerálních látek než obiloviny, např. hořčík, který často ve stravě chybí, dosahuje v amarantu vysoké hodnoty (0,5 %). Také obsah vápníku je velmi vysoký [2].

Amarant a quinoa neobsahují stejně jako kukuřice, pohanka nebo proso žádný gluten – jsou tedy vhodné pro výrobu bezlepkových potravin pro celiaky. Mouka z pseudocereálií není příliš vhodná k pečení, protože jí chybí potřebná lepková bílkovina. Možnosti zpracování amarantu a quinoi ve světové kuchyni jsou však rozmanité. Semena se mohou zpracovávat např. do polévek, chleba (přimíchání k obvyklé chlebové mouce), sladkých pokrmů, nebo přidávat do müsli. Energetický obsah 100 g amarantu je 365 kcal, quinoi 343 kcal. Amarantový škrob dodává potravinám jemnou krémovitou texturu, soudržnost a stabilitu, je lehce stravitelný a je v těle pětkrát rychleji metabolizován než kukuřičný škrob. V mnoha klimatických oblastech světa se konzumují i jiné části rostliny než semena. Listy jsou bohaté na proteiny, vitaminy a minerální látky. Mají jemnou chuť a používají se jako špenát, nebo ingredience do různých polévek a omáček [3].

2 NEJVÝZNAMNĚJŠÍ PSEUDOCEREÁLIE

2.1 Pohanka

Pohanka setá (*Fagopyrum esculentum* Moench.) je kulturní plodina, která pochází z Číny a patří k nejmladším plodinám v Evropě. Je teplomilnou dvouděložnou rostlinou, patřící do čeledi rdesnovitých (*Polygonaceae*). Pohanka setá je cizosprašná, převážně hmyzosnubná [4].

Na našem území byla pohanka známa již ve 12. stol. především na Těšínsku, Valašsku a v Beskydech. Ze střední Evropy (Maďarska, Polska, Čech) se pohanka šířila do Německa, Dánska, Francie a dalších zemí. Z Evropy se pohanka dostala také do Ameriky [5].

Kromě pohanky seté (*Fagopyrum esculentum* Moench.) se v omezené míře pěstuje pohanka tatarská (*Fagopyrum tataricum*), zvaná tatarka. Jelikož má vyšší odolnost, nahrazuje pohanku setou rostoucí ve vyšších polohách. Tento druh pohanky je samosprašný [6].

2.1.1 Chemické složení pohanky

Obsah bílkovin v nažce pohanky se pohybuje od 10,5 do 15 %. Jsou významné vysokým obsahem cytoplasmatických bílkovin – albuminů a globulinů s minimálním obsahem prolamínů a glutelinů. Obsah bílkovin ve zralém zrně je 13,8 %. Ačkoliv mají pohankové nažky velmi vyvážené složení bílkovin, jejich biologická dostupnost pro člověka je nízká [7,8,9].

Pohanka má ve srovnání s běžnými obilovinami téměř optimální zastoupení esenciálních aminokyselin. Celkem obsahuje 18 různých aminokyselin. Významný je zejména vysoký obsah lysinu, argininu, kyseliny asparagové, threoninu, tryptofanu a sirných aminokyselin. Limitující aminokyselinou je leucin. Pohanka je považována za vhodnou potravinu pro bezlepkovou dietu, protože zastoupení glutelinových bílkovin je minimální. Přestože je pohanka vhodnou potravinou pro osoby s celiakií, může být i původcem alergie [10].

Hlavním sacharidem pohanky je škrob, jeho obsah se pohybuje v rozmezí od 55 – 70 % v sušině nažek. Škrob obsahuje poměrně velké množství amylosy (42 – 52 %). Je to dvakrát vyšší hodnota než u pšenice a ječmene. Vysoký obsah amylosy má významný vliv na fyzikálně-chemické vlastnosti škrobu a jeho reakci na působení tepla a vody. Škrobová

zrna jsou v porovnání s pšenicí, žitem nebo ječmenem malá, 50 % jich dosahuje velikosti 3 – 4,5 μm . Pohankový škrob je snadno stravitelný [8,11].

Celé kroupy pohanky obsahují asi 2 % rozpustných sacharidů. Hlavním komponentem nízkomolekulárních cukrů je sacharosa. Mezi rozpustné sacharidy patří také látky D-chiro-inositol a fagopyritoly [12].

Obsah tuku v nažce pohanky, který se nachází především v embryu a endospermu, se pohybuje mezi 1,5 – 3 %. Ze zdravotního hlediska je pozitivní obsah polyenových nenasycených mastných kyselin, které tvoří kolem 82 % tuku. Hlavní kyselinou je kyselina palmitová a linolová. Důležitý je také obsah fyziologicky aktivních sterolů 0,2 % (sitosterol, stigmasterol, kampesterol), které preventivně snižují vstřebávání cholesterolu a mají další pozitivní účinky na některá chronická onemocnění [13].

Nažky pohanky jsou i cenným zdrojem minerálních látek. Jejich celkový obsah je průměrně 2 – 2,5 %. Vyznačují se vysokým obsahem fosforu, draslíku, vápníku, hořčíku a železa. Pohanka je rovněž dobrým zdrojem manganu, zinku a mědi. Dále jsou nažky významným zdrojem vitamínu skupiny B (zejména B₁ a B₂) a vitamínu E. Celá rostlina je zdrojem bioflavonoidu rutinu. Obecně se jeho obsah v nažkách udává 14,5 – 18,5 mg.100 g⁻¹ sušiny. Flavonoidy tedy v pohance představují hlavní skupinu přírodních antioxidantů. U rutinu byly prokázány antikarcinogenní a antimutagenní účinky v souvislosti s jejich antioxidantivními schopnostmi. Příznivě ovlivňuje pružnost cév a permeabilitu cévních kapilár, čímž se podílí na snižování krevního tlaku. V rostlině byly, kromě rutinu, identifikovány ještě další významné antioxidanty: katechin, epikatechin, myricetin, kvercetin a jeho deriváty kvercetin-3-D-galaktosid, kvercetin-3-beta-D-glukosid a kyselina chlorogenová [14,15,16,17].

Nažka pohanky obsahuje však i některé antinutriční látky – taniny a fytáty. Obsah taninů se pohybuje v rozmezí od 0,5 – 4,5 % a nachází se hlavně v osemeni a ve slupkách. Fytáty jsou obsaženy především v buňkách aleuronové vrstvy. Celá nažka obsahuje asi 10 g.kg⁻¹ kyseliny fytové [12].

Rostlina pohanky obsahuje také resveratrol, který rovněž snižuje krevní tlak a zabraňuje shlukování krevních destiček. Také byl prokázán jeho efekt v prevenci proti rakovině tlustého střeva [15].

Obr. 1. *Pohanka setá* [18]

2.1.2 Využití pohanky

Pohanku setou lze využít v řadě oblastí. Největší uplatnění nachází v potravinářství, v omezené míře pak jako léčivá rostlina pro farmaceutický průmysl, nebo jako krmivo ve výživě hospodářských zvířat. Rovněž ji lze využít na hnojení či k získávání fytofarmak. Pohanka je plodina vhodná pro pěstování v ekologickém zemědělství a díky svým vynikajícím nutričním vlastnostem je považována za jednu z nejhodnotnějších plodin [5].

Pohanka setá je potenciálně vhodným komponentem pro zdravé a funkční potraviny, protože má vysokou nutriční hodnotu a průkazné pozitivní účinky na zdraví lidí. Konzumace oloupaných nažek, tzn. pohankových krup, hraje významnou roli v prevenci vysokého krevního tlaku, vysoké hladiny cholesterolu v krvi a jiných kardiovaskulárních rizikových faktorů, ale i při posílení imunitního systému. Pohankový extrakt se uplatňuje při ochraně před rakovinou kůže [15].

V současné době je na trhu celá řada pohankových produktů (např. kroupy, lámanka, krupice, mouka, těstoviny, vločky, pukance, čaj, pečivo, cukrářské výrobky, řada polotovarů, aj.), které jsou vhodné kromě běžných konzumentů i pro diabetiky, pacienty s bezlepkovou dietou, nebo při poruchách trávicího ústrojí [19].

2.2 Merlík chilský – quinoa

Merlík chilský (Quinoa) pochází stejně jako amarant z Jižní Ameriky. Botanicky patří do čeledi merlíkovitých (*Chenopodiaceae*) a jako plodina je řazena rovněž mezi pseudocereálie. Inkové quinou nazývali „matkou obilovin“ a na andských náhorních plošinách byla pěstována již 3000 let př. n. l. Quinoa je hodnotná svým nutričním složením. Má většinou malá žlutá semena čočkovitého tvaru, ale vyskytují se i semena barvy bílé, růžové či hnědé, jejichž povrchové vrstvy obsahují vysoké množství saponinů. Obsah těchto hořkých sloučenin s antinutričními vlastnostmi se snižuje leštěním povrchu (jemným obroušením), tepelným ošetřením, promýváním a vařením. Uvedeným postupem se však sníží i obsah vitaminů a minerálních látek [20,21,22].

2.2.1 Chemické složení merlíku chilského

Ve srovnání s obilovinami má merlík vysoký obsah bílkovin, který se pohybuje okolo 16 % v sušině. Skladba bílkovin je příznivá, neboť největší podíl (60 %) připadá na albuminy a globuliny. Ve složení aminokyselin má význam obsah lyzinu. Významné je i zastoupení sirných druhů metioninu a cysteinu. Neobsahuje lepkové bílkoviny a je vhodná pro nemocné celiakií, případně při různých alergiích [20].

Škrob obsažený v semenech (cca 60 %) má poměrně nízké zastoupení amylázy (11–12 %). Semeno obsahuje 4 – 9 % tuku v sušině, z čehož převážnou část tvoří nenasycené mastné kyseliny. Nejvíce je zastoupena kyselina linolová (52,3 %) a olejová (24,8 %). Dále se vyskytuje i nasycená kyselina palmitová, která tvoří pouze 10 % obsahu tuků. Merlík je dobrým zdrojem vitaminů (tiamin, kyselina listová, beta-karoten, tokoferoly a vitamin C). V porovnání s obilovinami má pouze nižší obsah niacinu. Významné je i zastoupení minerálních látek. Je zde vyšší obsah vápníku, fosforu, hořčíku, zinku, draslíku a železa, než v cereáliích. Merlík je také obohacen antioxidantními flavonoidy, jako jsou quercetin a kempferol [22].

Ze zdravotního hlediska má význam také vláknina, která je v semenech zastoupena v množství cca 3,5 % v sušině [23].

2.2.2 Využití merlíku chilského

Vzhledem k chemickému složení, dobré stravitelnosti a příjemné oříškové chuti je merlík chilský využíván i v současné výživě. Doporučuje se přidávat ve formě semen do cereálních přesnídávek nebo polévek. Použití ve formě celozrnné mouky do pečiva nebo bezlepkových těstovin představuje nové možnosti užití merlíku [23].



Obr. 2. Merlík chilský [24]

2.3 Amarant

Amarant (laskavec) patří mezi nejstarší rostliny, které jsou pěstované pro lidskou obživu. Byl pěstován už starými Mayi, Aztéky a Inky. V současnosti je nejvíce rozšířeno pěstování laskavce na semeno v Americe, zeleninové formy se pěstují především v Asii a v Africe. V Evropě se jeho pěstováním na zrno zabývají nejvíce na Slovensku, v Maďarsku a v Itálii. Rod laskavec (*Amaranthus*) zahrnuje více než 60 druhů. Pro produkci semen je nejvíce využíván druh *Amaranthus hybridus* L. ssp. *hypochondriacus* a *Amaranthus cruentus* L., naopak druhy *A. tricolor* L., *A. lividus* aj. jsou pěstovány jako listová zelenina [5,25].

2.3.1 Chemické složení amarantu

Semena amarantu jsou vhodná pro bezlepkovou dietu při celiakii a mají vysoký obsah bílkovin, který činí 17 – 18 %. Z minerálních látek je zastoupen nejvíce hořčík, draslík, fosfor a zinek v množství 3 %. Amarantová mouka je vhodným přídatkem k mouce pšeničné z důvodu vyššího obsahu esenciálních aminokyselin. Obsah tuku je rovněž relativně vysoký, pohybuje se kolem 7 %. Olej ze semen laskavce obsahuje 6 – 7 % skvalenu, což je lát-

ka, která snižuje riziko vzniku rakoviny a zpomaluje proces stárnutí kůže. Zvláštností amarantu je vysoký obsah škrobu až 62 % s relativně malou velikostí škrobových zrn [5].

2.3.2 Využití amarantu

Drobná zrnka amarantu nelze loupat, proto se celá rozemílají na mouku. Amarantová mouka nemůže být sama zpracována na pekařské výrobky, neboť nemůže vytvořit celistvý výrobek. Přidává se do pečiva, sušenek nebo těstovin v množství obvykle od 5 do 15 %. Vyšší množství již značně ovlivňuje tvar nebo strukturu výrobku, který se pak liší od tradičních [26].

V rostlinách laskavce je také vysoký obsah především červených barviv, která lze využít pro produkci přírodních barviv. Další uplatnění nachází také v krmivářství a je surovinou i pro další průmyslová odvětví [5].



Obr. 3. *Laskavec – amarant* [27]

3 CEREÁLIE

Obiloviny (cereálie) patří botanicky mezi traviny – latinsky *Gramineae*. Téměř všechny známé obiloviny patří do čeledi lipnicovité (*Poaceae*). Výjimku tvoří výše zmíněná pohanka, amarant, guinoa. Společný botanický původ obilovin čeledi lipnicovité předurčuje jejich vzájemnou podobnost jak ve struktuře a tvorbě zrna, tak v jeho chemickém složení. Příkladem může být uspořádání obalových a podobalových vrstev zrna, dále zastoupení jednotlivých aminokyselin v obilné bílkovině nebo mastných kyselin v tukových složkách. Vlivem různých klimatických podmínek se během staletí šlechtění a pěstování vytvořily odlišnosti mezi jednotlivými botanickými rody a druhy obilovin i mezi jednotlivými odrůdami téhož druhu. Rozdílly vznikly např. ve složení a obsahu tzv. slizovitých látek, které silně váží vodu, v kvalitě bílkovin nebo v obsahu tuku. Postupem doby se zjistila vhodnost různých obilovin pro různá zpracování, a proto jen některé získaly dominantní postavení ve využití pro pekárenské účely [26].

Pšenice patří v současné době podle statistik FAO - OSN (Food and Agriculture Organization – Organizace Spojených Národů) ke dvěma obilovinám s největším objemem produkce na světě. Její produkce trvale stoupala až do roku 1997, pak se začala projevovat stagnace [28].

Z hlediska celkového objemu produkce obilovin je objem produkované pšenice přibližně stejný jako objem produkované rýže, ta se však jen v malém množství zpracovává na mouku. V jiných částech světa mimo Evropu dosahují značného významu další obiloviny, zejména čirok, proso, kukuřice a rýže. Pekařské využití těchto surovin na výrobky podle našich zvyklostí je však omezené, neboť nejsou schopny vytvořit pevnou strukturu klenu-tého výrobku [28].

3.1 Proso

Proso (*Panicum*) je jednou z nejdéle pěstovaných kulturních plodin a patřilo spolu s pšenicí a ječmenem k nejstarším obilninovým druhům. Proso bylo považováno za nejdůležitější obilninu Slovanů, kteří ji používali na přípravu placek a kaší [29]. První doložené historické záznamy o prosu pochází z druhého a třetího století našeho letopočtu z východních zemí (dnešní Rusko, Ukrajina a Bělorusko). V minulosti bylo pěstování prosa hojně rozšířeno po celé Evropě, ovšem s nástupem výnosnějších plodin a s dovozem některých jiných druhů

(rýže, brambory apod.) bylo postupně jeho pěstování omezeno. V ČR je proso řazeno mezi minoritní plodiny [29,30].

3.1.1 Chemické složení prosa

Zrno prosa slouží jako potravina, která obsahuje vyšší obsah vitaminů, A, B₁, B₂ než ostatní obilniny. Proso má bohaté zastoupení minerálních prvků, hlavně železa a v neposlední řadě vysoký obsah karotenoidů. Zrna obsahují 70 – 73 % sacharidů (z toho 9 – 11 % vlákniny a škrobu 62 – 66 %), na bílkoviny připadá 10 – 14 % a na tuky 3,7 – 4,6 %. Obsah tuku v semenech je vyšší (4 – 5 %) než u pšenice [29].

3.1.2 Využití prosa

Proso nachází své uplatnění v lidské výživě, zejména pak u pacientů s bezlepkovou dietou, proto jeho význam v poslední době narůstá. Hlavním výrobkem mlýnského zpracování prosa jsou oloupané obilky, tzv. jáhly, mouka, krupice a vločky. Jahelná mouka se používá k výrobě jahelných těstovin nebo jako přídavek do jiných potravinářských a pekařských výrobků [30]. Jakost jáhel nesmí překročit následující parametry: vlhkost 15 %, nečistoty (minerální) 0,15 %, cizí semena max. 0,2 %, neloupané obilky max. 2 %. Jáhly jsou dobře stravitelné, výživné a zároveň i velmi chutné. Nevýhodou však je poměrně krátká trvanlivost prosných výrobků (jáhel i mouky). Vedlejším produktem je krmné proso, prosná krmná mouka, prosné otruby a prosný prach. Proso je možné používat i jako náhražku sladu, dále ke krmení exotického ptactva nebo jako krmivo pro drůbež, prasata a ryby. Rozemleté zrno je výborným koncentrovaným krmivem [5].



Obr. 4. Proso seté [31]

3.2 Kukuřice

Kukuřice setá (*Zea mays*) patří do čeledi lipnicovité skupiny Maydeae. Jedná se o teplo-
milnou jednoletou rostlinu, která je jarního charakteru a převážně je cizosprašná.

Z původní oblasti Jižní Ameriky se do Evropy dostala koncem 15. století a do střední Ev-
ropy se rozšířila z Balkánu. K největším producentům patří Severní a Jižní Amerika.
V Čechách má krátkou historii pěstování. V roce 1930 se začaly využívat první hybridy,
které umožňují lepší využití kukuřice pro jednotlivé technologie [32,33].

3.2.1 Chemické složení kukuřice

Obilky kukuřice obsahují 70 % škrobu, 12 % dusíkatých látek a 8 % tuku. Nejvíce tuku je
obsaženo v klíčku a jeho obsah se pohybuje mezi 3 – 6 %. Na bílkoviny připadá 11,6 %
a obsah vlákniny činí 1,7 %. Z vitaminů má největší zastoupení vitamin E [33].

3.2.2 Využití kukuřice

Kukuřice je velmi významná potravinářská a krmná plodina. Zrno se používá jako krupice
a kukuřičná mouka k obživě lidí. Je možno z ní také vyrábět kaše, cukr, olej a některé po-
chutiny (např. popcorn, lupínky). Kukuřice se zpracovává průmyslově na výrobu alkoholu,
piva a škrobu. Využití nachází i ve farmacii při výrobě penicilinu a ostatních antibiotik.
Dále je důležitým komponentem krmných směsí pro prasata a drůbež a zelená hmota slouží
ke krmení skotu nebo na siláž [33,34].



Obr. 5. Kukuřice setá [35]

3.3 Rýže

Rýže, jako nejrozšířenější obilovina pro přímou konzumaci, je pěstována nejvíce v asijských a afrických zemích a zčásti v Americe. Jedná se o jednoděložnou rostlinu z čeledi lunicovitých. Zrna rýže jsou pluchatá s tuhými převážně celulosovými obaly. Mezi největší světové producenty rýže patří Čína a Indie.

V současnosti je pěstován velký počet odrůd rýže, všechny však patří pod jeden druh *Oryza sativa* L. [26]

V současné době se obchodně rozlišuje rýže jednak podle tvaru zrna, stupně omletí a odstranění obalových vrstev. Dle platné vyhlášky Ministerstva zemědělství ČR č. 333/1997 ve znění pozdějších úprav se u nás rozlišují následující druhy rýže:

- podle tvaru zrna – dlouhozrná, střednězrná a zlatozrná,
- podle omletí – rýže neloupaná, rýže pololoupaná („natural“) a rýže loupaná [36].

3.3.1 Chemické složení rýže

Rýže je velmi dobře stravitelná potravina. Obilka obsahuje přibližně 8 – 12 % bílkovin, 68 – 72 % sacharidů, 2,4 % tuků, 10 % vlákniny a 4 – 5 % minerálních látek a to především draslíku a fosforu. Důležité je také zastoupení vitaminů B1, B2 a B3 [37].

3.3.2 Využití rýže

Z hlediska celkového objemu produkce obilovin je objem produkované rýže přibližně stejný jako objem produkované pšenice. Ta se ale jen málo zpracovává na mouku a podíl jejího využití pro pekařské výrobky je nízký. Nejrozšířenější použití rýže je na přípravu různých typů kaší a jako přílohy k masům, zelenině apod. [26]



Obr. 6. Rýže [38]

4 LUSKOVINY

Rostliny zařazené do této skupiny patří do čeledi bobovitých (*Fabaceae*), kde jejich plodem je lusk. V potravinách se využívají suchá nebo nezralá semena, případně nezralé plody (zelené fazolové lusky). Jsou také využívány jako složka krmných směsí pro hospodářská zvířata. Luskoviny jsou především zdrojem rostlinných bílkovin, proto jsou velice důležité v každodenním jídelníčku. Obsah bílkovin v semenech je v rozmezí 20 – 45 % podílu v sušině. Semena luskovin v kombinaci s obilovinami vytvářejí vyvážený poměr živin v potravě. Biologická hodnota bílkovin je ve srovnání s obilovinami vyšší. Luštěniny na rozdíl od obilovin obsahují vyšší množství lyzinu, ale méně sirných aminokyselin.

4.1 Cizrna beraní

Významnou luskovinou pro lidskou výživu je také cizrna beraní (*Cicer arietinum* L.). Jedná se o jednoletou jarní luskovinu keříčkovitého typu. Původ vzniku cizrny se uvádí východní a střední Asie, Indie a Etiopie. V Evropě patří mezi největší producenty Španělsko, jižní Francie, Itálie a Řecko. V minulosti se pěstovala také na Jižní Moravě a na Slovensku. Cizrna patří ke skupině plodin, o které mají v poslední době konzumenti stále vyšší zájem. Ve světě zaujímá v produkci suchých semen významné místo za sójou, fazolem a hrachem [5].

4.1.1 Chemické složení cizrny

Nutriční hodnota cizrny je velmi vysoká vzhledem k obsahu a složení glycidů a aminokyselin. Obsah bílkovin v cizrně představuje 22,7 %. Sacharidy jsou zastoupeny ve dvakrát vyšším množství, než bílkoviny. Obsah tuků je 3,8 – 10,7 %. Z esenciálních mastných kyselin se vysokým obsahem vyznačují kyselina linolová a kyselina linolenová. Množství vlákniny se pohybuje mezi 5,2 – 19 % a souvisí s tloušťkou osemení. Jako v jediné z luskovin se u cizrny vyskytuje vitamin C. Zastoupení minerálních látek se pohybuje kolem 3 %, z nichž největší zastoupení má sodík, draslík, vápník a železo [39].

4.1.2 Využití cizrny

Cizrna je u nás neobvyklou luštěninou, zatímco ve světě má její produkce významné místo. Nejčastěji se konzumuje ve formě zrna nebo cizrnové mouky, používá se i do polévek, jako příloha, do pomazánek nebo salátů. Cizrnová mouka smíchaná s pšeničnou je vhodná k pečení nekvašeného chleba nebo se přidává do nejrůznějších pekařských produktů. Je možno použít i další způsoby úpravy cizrny jako je např. fermentování, paření, smažení či pražení semen [40].



Obr. 7. Cizrna beraní [40]

5 AMINOKYSELINY A BÍLKOVINY

Bílkoviny jsou biopolymery tvořené aminokyselinami a navzájem spojené peptidovou vazbou $-\text{CO}-\text{NH}$. Aminokyseliny jsou skupinou chemických látek, které mohou vstupovat do řady chemických reakcí. Jednou z nich je tvorba zmíněných peptidových vazeb. Sloučeniny, v nichž je tímto způsobem spojeno 2 až 100 monomerů, nazýváme peptidy. Sloučeniny, ve kterých je spojeno 11 až 100 monomerů, jsou označovány jako polypeptidy. Za bílkovinu je považována sloučenina, která obsahuje více než 100 monomerů (běžně několik set až tisíc aminokyselin) a jejíž relativní molekulová hmotnost se pohybuje v rozmezí od 10 000 do milionů Da [41,42,43,44].

Z rostlinných materiálů jsou ve výživě člověka obiloviny nejvýznamnějším zdrojem bílkovin. Na obsahu bílkovin se v mouce značně podílí stupeň jejího vymletí, druh, odrůda rostliny a další faktory. U tmavých celozrnných mouk bývá obsah bílkovin vyšší než u mouk bílých, rozdíl činí až 4 % [28].

5.1 Charakteristika aminokyselin

Aminokyseliny jsou organické sloučeniny, které ve své molekule obsahují alespoň jednu karboxylovou skupinu $-\text{COOH}$ a současně alespoň jednu primární skupinu $-\text{NH}_2$ umístěnou na uhlovodíkovém řetězci. Jsou tedy substituovanými karboxylovými kyselinami. V přírodních materiálech bylo prokázáno asi 700 různých aminokyselin [26,41,45].

Z aminokyselin, vyskytujících se v přírodě, tvoří pouze dvacet aminokyselin molekuly bílkovin. Tyto základní AMK se vyskytují ve všech bílkovinách. Jedná se výhradně α -aminokyseliny, jejichž aminoskupina se nachází na uhlíku sousedícím s karboxylovou skupinou. Tento uhlík se běžně označuje jako uhlík C_α (chirální uhlík). V biochemii se zmíněných 20 standardních L- α -aminokyselin označuje pod názvem kódované nebo takéž proteinogenní aminokyseliny (Tab. 1) [44,45].

Mezi základní AMK patří:

- **Esenciální AMK**, které člověk není schopen syntetizovat a musí je získávat výhradně z potravy. Většina esenciálních aminokyselin se ve stravě vyskytuje v dostatečném množství. K esenciálním AMK jsou řazeny valin, leucin, isoleucin, threonin, methionin, lysin, fenylalanin a tryptofan. U obilovin je zastoupeno všech

osm esenciálních AMK, avšak v menším obsahu než u živočišných produktů. Za limitující AMK je u obilovin považován zejména lysin, u luštěnin methionin [26].

- **Semiesenciální AMK**, které nemají dostatečnou syntézu pro podporu růstu a tělo si je tedy za určitých podmínek nedokáže samo vytvořit v dostatečném množství např. v období růstu. Mezi semiesenciální AMK patří arginin a histidin [26,43].
- **Neesenciální AMK**, které si lidské tělo dokáže vyprodukovat samo z jiných bílkovin. Mezi neesenciální AMK náleží glycin, alanin, serin, cystein, kyselina asparagová a asparagin, kyselina glutamová a glutamin, tyrosin a prolin [26,37].

Tab. 1. *Přehled aminokyselin a jejich používané zkratky* [37]

Základní aminokyseliny			
Glycin (Gly)	Isoleucin (Ile)	Arginin (Arg)	Fenylalanin (Phe)
Alanin (Ala)	Serin (Ser)	Kys. asparagová (Asp)	Tyrosin (Tyr)
Threonin (Thr)	Methionin (Met)	Kys. glutamová (Glu)	Histidin (His)
Valin (Val)	Cystein (Cys)	Asparagin (Asn)	Tryptofan (Trp)

5.2 Aminokyseliny obilovin

Hlavní aminokyselinu v obilovinách představuje kyselina glutamová, která se vyskytuje převážně ve formě svého aminu – glutaminu a obsahuje více než jednu třetinu bílkoviny zrna. Druhý největší podíl zaujímá prolin, kterého je obsaženo v pšeničné lepkové bílkovině více než 10 % a díky své struktuře dává značné předpoklady pro vytvoření bílkovinných řetězců. Vysoký podíl tvoří i leucin, který je rovněž významný pro tvorbu zesíťovaných struktur [46,47].

Pseudocereálie mají ve srovnání s cereáliemi vyšší obsah bílkovin s příznivějším aminokyselinovým složením. Bílkoviny pseudocereálií neobsahují lepek (gluten), proto jsou výrobky z nich vhodné pro osoby s celiakií. Podíl gliadinů u laskavce zaujímá pouze 3 %, u pohanky se vyskytuje v rozmezí 2 – 5 %, u merlíku 3 – 10 % a u pšenice může být zastoupen až z 30 – 50 %.

Kukuřičné proteiny tvoří asi z 50 % zein, který patří mezi gliadiny a 20 – 45 % tvoří gluteliny. Výrazně nedostatkovými aminokyselinami u kukuřice jsou lysin a tryptofan. Proteiny rýže tvoří přibližně z 80 % gluteliny (oryzenin), gliadiny a další proteiny zde představují minoritní složku [28,37,46].

5.3 Charakteristika bílkovin

Vlastnosti bílkovin závisí kromě chemického složení také na strukturním uspořádání. Struktura bílkovin je popisována na několika úrovních (primární, sekundární, terciární a kvartérní) [28,48].

- **Primární struktura** bílkovin určuje pořadí a počet jednotlivých aminokyselin v řetězci [42].
- **Sekundární struktura** vyjadřuje prostorové uspořádání jednotlivých atomů a skupin v hlavním polypeptidovém řetězci. Uspořádání sekundárních struktur může být pravidelné a nepravidelné. Mezi pravidelné uspořádání patří α -helix a β -struktura (β -list). Helikální struktury vznikají stočením řetězce kolem atomu C_{α} do šroubovice, čili α -helixu. Do nepravidelného uspořádání náleží β -ohyb, který vzniká ohybem (stočením) molekuly nebo jinou deformací [42,44].
- **Terciární struktura** zahrnuje celkovou konfiguraci a prostorové uspořádání polypeptidového řetězce včetně postraních řetězců [44].
- **Kvartérní struktura** je tvořena jen některými proteiny a zahrnuje prostorové uspořádání protomerů (podjednotek). Podjednotky jsou vázány nekovalentními vazbami a mohou být různé nebo zcela stejné. Vlivem vnějšího prostředí dochází ke změně konfigurace a prostorového uspořádání podjednotek, což má za následek změnu biologické aktivity [42].

Každá molekula bílkoviny má tedy svou specifickou strukturu, která jí umožňuje vykonávat danou funkci. Tento stav bývá potom označován jako nativní. Pokud však dojde k porušení struktury na kterékoli úrovni, dochází obvykle ke ztrátě biologické funkce a tento průběh se nazývá denaturace. Podle rozsahu porušení nativní struktury rozlišujeme denaturaci buď vratnou, nebo nevratnou. Denaturace může být zapříčiněna buď chemickým zásahem (denaturačními činidly) nebo fyzikálně. Častým příkladem bývá tepelná denaturace bílkovin, která nachází využití především v potravinářství. Při výrobě pečiva je denatu-

race bílkovin jedním z hlavních biochemických dějů v procesu pečení. Po tomto procesu se z pšeničné bílkovinné struktury stává pružná, ale pevná prostorová síť, která tvoří výrobek stravitelnějším [44].

Podle chemické struktury jsou bílkoviny děleny na jednoduché a složené.

- **Jednoduché bílkoviny** jsou tvořeny pouze polypeptidovým řetězcem a dále je dělíme na globulární (sferoproteiny) – mají kulovitý nebo elipsoidní tvar a fibrilární (skleroproteiny) – mají tvar vláken [28,44,49].
- **Složené bílkoviny** obsahují v molekule látky nebílkovinné povahy. Rozlišujeme pak tzv. fosfoproteiny – obsahující kyselinu fosforečnou, glykoproteiny – obsahující sacharidické složky, lipoproteiny – obsahující lipidické složky, metaloproteiny – obsahující kovy. V obilovinách se převážně vyskytují glykoproteiny i lipoproteiny [28,44,49].

Podle Osborna, který v roce 1907 publikoval frakcionaci pšeničných proteinů, jsou bílkoviny děleny na základě rozpustnosti:

- albuminy (rozpustné ve vodě),
- globuliny (rozpustné v roztocích solí), př. legumin hrachu,
- prolaminy (rozpustné v 70% etanolu), kam se řadí především rostlinné bílkoviny obsahující značné množství vázaného prolinu a glutaminu a neobsahující lysin, jejichž příkladem je pšeničný gliadin a zein z kukuřice,
- gluteliny (zčásti rozpustné ve zředěných roztocích kyselin a zásad), příkladem je pšeničný glutenin a oryzenin z rýže [26,42].

Všechny čtyři základní skupiny se vyskytují v různých poměrech ve všech zrnech obilovin [42].

5.4 Bílkoviny obilovin

Bílkoviny se v obilovinách vyskytují pouze vázané do polymerů různého stupně. Rozhodující část bílkovin je však uložena v endospermu a v aleuronové vrstvě obilného zrna. Obilné bílkoviny můžeme klasifikovat podle několika hledisek. Podle morfologického původu

rozlišujeme bílkoviny endospermu, aleuronové vrstvy a zárodečné, pocházející z klíčku [50,51,53].

Klíček představuje nejmenší část obilky, je oddělen od endospermu štítkem a je nutný pro vznik nové rostliny. Štítek obsahuje 34 % bílkovin, což je největší zastoupení bílkovin v celé obilce. Endosperm zajišťuje výživu zárodku a zastoupení bílkovin je 12,6 %. Bílkoviny aleuronové vrstvy obsahují 31,7 %. U oplodí a osemení se bílkoviny vyskytují v množství 10,7 % a 17,8 %. Zralá zrna obilovin obsahují podle druhů a odrůd nejčastěji 9 – 13 % bílkovin v sušině. Nejlépe prozkoumány jsou bílkoviny pšenice, které mají také největší technologický význam [54,55,56].

5.5 Metody stanovení obsahu aminokyselin

Při stanovení aminokyselin je důležité nejdříve převést vázané aminokyseliny v bílkovinnách a v peptidech na volné formy. Důležité je zamezit ztrátám těchto aminokyselin. Následně se zvolí vhodná analytická metoda, která zajistí přesnost, rychlost a správnost naměřených výsledků [45,57].

5.5.1 Hydrolýza bílkovin v analyzovaných vzorcích

Hydrolýza zajistí rozštěpení makromolekul bílkovin a peptidů na stavební jednotky aminokyseliny. Hydrolýzu je možno provádět – kyselou nebo alkalickou, ve speciálních případech i enzymovou (při studiu mikrostruktury bílkovin) [58,59].

Při kyselé hydrolýze je vzorek hydrolyzován HCl o koncentraci 6 mol.dm^{-3} při teplotě $110 \text{ }^\circ\text{C}$. Během kyselé hydrolýzy dochází k rozkladu tryptofanu a siřných aminokyselin (cystein, methionin). Dá se tomu však zabránit a to převedením těchto aminokyselin na kyselinu cysteovou a methioninsulfon. Aby nedocházelo k degradaci siřných aminokyselin, používá se peroxid vodíku a kyselina mravenčí. Dále probíhá hydrolýza amidových vazeb, kdy se asparagin hydrolyzuje na kyselinu asparagovou a glutamin na kyselinu glutamovou. Alkalická hydrolýza je účelná pro tryptofan a pro stanovení se používá NaOH o koncentraci $4,2 \text{ mol.dm}^{-3}$, je možné použít také Ba(OH)_2 o koncentraci 2 mol.dm^{-3} nebo LiOH o koncentraci 4 mol.dm^{-3} [45].

5.5.2 Iontově-výměnná kapalinová chromatografie IEC

Chromatografie je fyzikálně chemická separační metoda selektivního dělení složek směsí. Základem chromatografie je rovnováha rozpuštěné látky mezi dvěma fázemi. Chromatografické dělení nastává, uvede-li se jedna fáze do pohybu proti druhé. Jedna fáze je nepohyblivá, tzn. stacionární a druhá je pohyblivá, tzn. mobilní [58,59].

V našem případě byly aminokyseliny separovány pomocí chromatografie založené na výměně iontů.

Kolona je naplněna iontoměničem s negativním nábojem. Na začátek kolony jsou přiváděny při nízkém pH aminokyseliny, které však mají kladný náboj. Kolona je promývána mobilní fází za účelem chromatografického dělení [59]. U iontově výměnné kapalinové chromatografie je stacionární fází měnič iontů (iontoměnič). Podle výměnné schopnosti máme anexy – pro analýzu aniontů (silné – kvartérní amoniové báze, slabé – primární nebo sekundární aminy). A dále pak katexy – pro analýzu kationtů (silné - sulfonové skupiny, slabé – karboxylové skupiny). V případě mobilní fáze jsou používány pufry, které zajišťují jak zvýšení pH tak i zvýšení iontové síly a aminokyselina je následně převedena do izoelektrického bodu. Ionty aminokyseliny ztratí přitažlivost k iontoměničce a jsou eluovány z kolony. Při dosažení izoelektrických bodů v různých časech dochází k chromatografickému dělení aminokyselin. Tato metoda je vhodná jak pro separaci volných aminokyselin, tak i pro aminokyseliny vyskytující se v bílkovinných hydrolyzátech [47,48].

Na principu střednětlaké kapalinové chromatografie s ionexovou kolonou, postkolonovou ninhydrinovou derivatizací a fotometrickou detekcí pracuje Automatický analyzátor aminokyselin AAA 400. Tento přístroj je vhodný pro analýzu aminokyselin v hydrolyzátech bílkovin a peptidů, pro stanovení volných aminokyselin ve fyziologických roztocích a extraktech a pro stanovení biogenních aminů [60,61].

Jednotlivé aminokyseliny reagují s ninhydrinem, což je silné oxidační činidlo, které rozkládá aminokyseliny na oxid uhličitý, amoniak a aldehyd. Ninhydrin (hydrindantin) reaguje se vzniklým amoniakem za vzniku purpurového produktu (Ruhemanova červeň). Prolin a hydroxyprolin reagují s ninhydrinem za vzniku žlutého zbarvení při 440 nm. Barevné produkty reakce jsou detekovány fotometricky. Ruhemanova červeň má absorpční maximum při 570 nm [48,60,61].

6 CHARAKTERISTIKA BEZLEPKOVÉHO PEČIVA

Aminokyseliny představují důležitou složku cereálií a pseudocereálií, kdy jejich obsah a složení předurčuje prostřednictvím bílkovin technologickou zpracovatelnost zrn a mouky z různých obilovin. Klasifikace bílkovin pšenice dle Osborna byla popsána již v kapitole 5.3 této práce. V pšenici tvoří albuminy a globuliny zhruba 20 % celkového bílkovinného složení, ale z pekařského technologického hlediska jsou důležité především prolaminy (v pšenici jsou označovány jako gliadiny) a gluteliny (označovány jako gluteniny), tvořící zbylých 80 % celkového množství pšeničných bílkovin.

6.1 Tvorba struktury těsta

Prolaminy a gluteliny tvoří hlavní složku lepku, což je vysoce viskózní koloidní gel, vznikající při hnětení a bobtnání těchto bílkovinných frakcí při přípravě pšeničného těsta. Celkové složení pšeničných bílkovin, kvalita a množství lepku, určují pekařskou sílu mouky a mají vliv na kvalitu hotového těsta. Pšeničné gliadiny dávají lepku tažnost, gluteniny zase pružnost a díky těmto vlastnostem obou látek vznikne kompozitní materiál s výbornou pružností, tažností a schopností vytvářet trojrozměrnou síť pečiva [63].

Z chemických vazeb se při vývinu těsta a následně struktury pečiva uplatňují především disulfidické vazby, vodíkové vazby, v menší míře pak iontové, hydrofilní a hydrofobní vazby. Pevné disulfidické vazby u gliadinu i gluteninu vytváří jak intrařetězcové vazby udržující uzavřenou smyčku u jediného řetězce bílkovin, tak také interřetězcové vazby, které u sebe drží různé řetězce bílkovin v prostoru a odpovídají za pevnou a pružnou strukturu těsta. Technologickou kvalitu bílkovin výrazně ovlivňuje především sirá aminokyselina cystein, která ve své struktuře obsahuje volnou thiolovou skupinu $-SH$. V průběhu hnětení těsta dochází k oxidaci těchto volných thiolových skupin a vznikají pevné disulfidické vazby $-S-S-$, nebo-li disulfidické můstky, které pevně propojí sousední bílkovinné řetězce nebo spojují úseky v jedné molekule. Tyto vazby mají významný a pozitivní vliv na reologické vlastnosti těsta [26].

Vodíkové vazby představují slabé vazby, ale protože je jich velký počet, mají velký vliv na vlastnosti těsta. Vnikají mezi volnými skupinami aminokyselin bez nábojů ($-OH$, $-NH_2$). Drží těsto pohromadě a určují tak jeho tuhost. Při zpracování těsta umožňují velkou mobilitu vazeb mezi řetězci bílkovin. Vodíkové vazby tvoří všechny aminokyseliny a literatura

uvádí, že jedna disulfidická vazba odpovídá pevností deseti vazbám vodíkovým, přičemž v těstě je vodíkových vazeb třicetkrát víc [26,64].

Iontové vazby vznikají mezi kyselými (glutamová, asparagová kyselina) a zásaditými skupinami aminokyselin (lysin, argidin, histidin). Těchto vazeb je výrazně méně, než vazeb vodíkových, takže i když přispívají k celkové tuhosti, je tento příspěvek jen malý.

Hydrofilní vazby se uplatňují v přítomnosti vody a jsou schopny tvořit glutamin, asparagin, serin a threonin, hydrofobní vazby tvoří valin, leucin, isoleucin, alanin, fenylalanin, cystein, prolin, methionin a glycin. Oba druhy vazeb jsou slabé a mobilní – platí pro ně totéž, co pro vazby iontové – k tuhosti těsta přispívají jen málo [26,44].

V rámci vývoje struktury těsta a následně pečiva je důležitý proces vývinu těsta – hnětení. V první fázi hnětení dochází k promíchávání jednotlivých recepturních složek pšeničného těsta a postupnému přidávání vody. V suché mouce se bílkoviny nevyskytují v prostorově spojitě struktuře, ale jsou od sebe odděleny. Při postupném přidávání vody začínají bílkoviny bobtnat a dochází k částečné hydrataci gliadinu a gluteninu. Při soustavném hnětení, zapracování vody a za přítomnosti vzduchu se postupně vytváří pružná hmota těsta a postupně vzniká lepek, který má charakter tuhého gelu. Celý takto vznikající koloidní systém dále zadržuje vodu a bublinky plynu (vzdušný dusík při hnětení nebo CO₂ při fermentačním procesu těsta) a vzniká tak pevná a pružná prostorová struktura těsta. Vznik zesítěné bílkovinné struktury těsta vyžaduje oxidační prostředí. Vzdušný kyslík nebo jiné přidané oxidační prostředky napomáhají oxidaci volných thiolových skupin, mezi řetězci bílkovin vznikají výše popsané disulfidické vazby a struktura těsta se postupně zpevňuje. Tyto vazby jsou velmi pevné a při dalším hnětení se obtížně přemisťují, na rozdíl od vodíkových vazeb, kterých je ve struktuře bílkovinné molekuly velké množství [44,63,65]. Po prohnětení se těsto nechává zrát, aby se ustavily rovnováhy fyzikálních a chemických procesů. V rámci kynutí těsta dochází funkcí kvasinek k produkci CO₂, díky kterému těsto zvětšuje svůj objem. Právě v této technologické fázi je důležitá kvalita lepku, kdy celá jeho struktura zadržuje vznikající plyn a dává tak vzniknout klasické pórovité struktuře těsta a pečiva.

6.1.1 Změny těsta při pečení

Při pečení dochází k postupnému zahřívání těsta, tepelné denaturaci bílkovin a tedy i lepku, který si ovšem zachovává svou prostorovou strukturu, což umožňuje výrobu chleba s typickým vyklenutým povrchem [65,66]. Při pečení těsta jak z pšeničné mouky, tak

z bezlepkových mouk jsou chemické změny obdobné. Kolem 100 °C dochází u cysteinu k uvolňování sulfanu a dochází následně i k částečné eliminaci lyzinu. Produkty této reakce jsou biologicky nevyužitelné a dochází ke snížení výživové hodnoty. Sulfan se pak uplatňuje při vzniku vonných a chuťových látek v tepelně zpracovávaných potravinách. Stejně jako u obilných těst, probíhá při pečení bezlepkového pečiva Maillardova reakce, kdy redukující sacharidy reagují s volnými aminokyselinami za vzniku velmi reaktivních karbonylových sloučenin. Během této reakce dochází ke vzniku hnědých pigmentů – melanoidinů, které jsou zodpovědné za barvu chlebové kůrky. Důsledkem Maillardovy reakce je kromě tvorby zabarvení i vznik žádoucí vůně a chuti, ale i nežádoucí snížení nutriční hodnoty [37].

6.2 Výroba bezlepkového pečiva

Bezlepkové pečivo je vyráběno z přirozeně bezlepkové mouky. Pokud porovnáme těsto, které obsahuje lepkové bílkoviny s těstem bezlepkovým, rozdíl je zřejmý. U pšeničné mouky lepkové bílkoviny ovlivňují viskoelastické vlastnosti těsta, zadržují kypřicí plyn uvnitř těsta a přispívají ke vzhledu a struktuře střídy pečiva. Vznikají také vzduchové póry, které tvoří pórovitou strukturu pečiva. Bezlepkové těsto však vzduchové póry netvoří a rovněž ani nezadržuje kypřicí plyn v těstě, tudíž těsto je potom špatně strojově zpracovatelné. Takové pečivo je potom tvrdší, méně nakypřené a má také mnohem kratší trvanlivost než pečivo pšeničné. U bezlepkových pekařských výrobků je nutné pro vytvoření struktury podobné pšeničnému pečivu nahrazovat chybějící lepek přírodními nebo umělými přísadami, které dokážou bobtnat ve vodě a tvořit strukturní ekvivalent lepkového zesíťování v pšeničné mouce. Častými přísadami jsou disperzní látky jako pektin, guarová guma, arabská guma, bílek, galaktomanany a methylcelulóza, obvykle ve směsi v různém poměru. Bez těchto přísad by byl výrobek rozpadavý. Přes všechny přídavné přísady a jejich kombinace chléb vyrobený z bezlepkových mouk není tak chutný, jako chléb pšeničný, a také rychleji tvrdne [70,71,72].

Při tvorbě těsta z bezlepkové mouky se uplatňují tytéž aminokyseliny i tytéž výrobní postupy, jako u pšeničných výrobků, nicméně chybí prostorová struktura tvořená disulfidickými vazbami lepku. Tuto strukturu je možné nahradit výše zmíněnými přísadami, nicméně výsledek není úplně uspokojivý.

6.3 Využití bezlepkových mouk

Pro nemocné trpící celiakií je možné připravovat pekařské výrobky např. z mouky amarantové, kukuřičné, rýžové, pohankové a dalších. Amarantová mouka se uplatňuje při výrobě piškotových, třených a kynutých těst a slaného pečiva (např. tyčinek a crackerů). Amarantová mouka dodává pokrmům jemnou ořechovou chuť a vůni. Zvyšuje nejen chutnost, ale i nutriční hodnotu jídel. Kukuřičná mouka se používá tam, kde není potřeba vysoké pojivosti např. do moučníků, tortillových placek a palačinek. Rýžová mouka se obvykle míchá s jinými druhy mouk (kukuřičná či pohanková). Z jáhel se vyrábí jahelná extrudovaná mouka s prodlouženou trvanlivostí, která se dále přidává do pekařských výrobků (chleba, sušenek aj.) a dietních výrobků pro bezlepkovou dietu. Pohanková mouka je vhodná jako přídatek k mouce pšeničné nebo do litých těst (lívanců apod.). Merlíkovou mouku je možno přidávat pro zlepšení nutriční hodnoty do chlebových těst maximálně však do 10 %. Vyšší přídatky by se nepříznivě projevíly na objemu, konzistenci a pórovitosti hotových chlebů [56,68,69].

6.4 Celiakie

Při výrobě pšeničného pečiva je negativním aspektem lepku, že obsahuje peptidové fragmenty vzbuzující u části populace imunologickou intoleranci. Toto onemocnění se nazývá celiakie a lze ho léčit pouze celoživotní dietou založenou na bezlepkové dietě [78,79]. Celiakie (celiakální sprue, gluten-senzitivní enteropatie) je označována jako permanentní střevní intolerance lepku, který je obsažený v některých druzích obilovin. Celiakii způsobuje frakce proteinů rozpustná v alkoholu, což jsou u pšenice gliadiny, u žita sekaniny, ječmenu horteiny a ovsu aveniny. Nejsilnější reakci způsobují pšeničné gliadiny [78]. Při konzumaci potravin obsahujících lepek dochází k poškození střevní sliznice. U dětí se celiakie může projevit např. zpomalením růstu, průjmy, nepřibýváním na váze a posupným rozvíjením bílkovinné podvýživy. Často se vyskytují otoky na nohou a chudokrevnost. U dospělých se příznaky nemoci mohou projevovat rovněž podobně. Mohou se vyskytovat průjemová onemocnění, pokles hmotnosti na váze, bolesti břicha. U dospělých jsou často příznaky choroby méně vyvinuté nebo celiakie je bezpříznaková. Celiakie bývá spojena s onemocněním žláz s vnitřní sekrecí, kdy nejčastějším projevem bývá diabetes mellitus 1. typu a onemocnění štítné žlázy. Proto se pro tyto nemocné vyrábějí pekařské výrobky bez přítomnosti lepku [80,81,82].

II. PRAKTICKÁ ČÁST

7 CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE

Cílem diplomové práce bylo stanovit aminokyselinové složení vybraných druhů bezlepkových mouk (amarantová mouka, cizrnová mouka, jáhlová mouka, kukuřičná mouka, merlíková mouka, pohanková mouka, rýžová mouka) a cereálních mouk (pšeničná mouka, žitná mouka).

Pro dosažení cíle bylo stanoveno:

- Zpracovat literární rešerši zabývající se chemickým složením a využitím bezlepkových mouk.
- U vybraných druhů bezlepkových mouk stanovit obsah aminokyselin metodou kyselá a oxidativně kyselá hydrolyzy s následným vyhodnocením pomocí iontově-výměnné kapalinové chromatografie na automatickém analyzátoru AMK.
- Zhodnotit získané výsledky a srovnat je s dostupnou odbornou literaturou.

8 MATERIÁL A METODIKA

8.1 Materiál

V práci byly použity tyto chemikálie:

- kyselina chlorovodíková (Ing. Petr Lukeš),
- kyselina mravenčí (Ing. Petr Lukeš),
- peroxid vodíku (Ing. Petr Lukeš),
- sodnocitrátový pufr pH 2,2 (Ing. Petr Lukeš),
 - kyselina citronová (LACHNER),
 - chlorid sodný (Ing. Petr Lukeš),
 - thiodiglykol (ZMBD Chemik),
 - azid sodný (ZMBD Chemik),
- pufr pro stanovení aminokyselin (INGOS),
 - kyselina citronová (LACHNER),
 - citronan sodný (LACHNER),
 - chlorid sodný (Ing. Petr Lukeš),
 - hydroxid sodný (PENTA),
 - thiodiglykol (ZMBD Chemik),
 - azid sodný (ZMBD Chemik),
 - kyselina boritá (ZMBD Chemik),
- standardy aminokyselin (INGOS),
- ninydrinové činidlo (ZMBD Chemik),
 - ninhydrin (ZMBD Chemik),
 - methylcellosolv (ZMBD Chemik),
 - hydrintantin (ZMBD Chemik) a acetátový pufr (ZMBD Chemik).

Použité přístroje:

- termoblok EVATERM (LABICOM, Česká republika),
- olejová lázeň (MEMMERT, Německo),
- vakuová rotační odparka LABOROTA 4010 DIGITAL (HEIDOLPH, Německo),
- automatický analyzátor aminokyselin AAA 400 (INGOS, Česká republika).

8.1.1 Charakteristika vzorků bezlepkových mouk

Pro stanovení obsahu aminokyselin u kyselé a oxidativní hydrolýzy bylo použito 7 vzorků bezlepkových mouk (viz. příloha P II), pšeničná a žitná mouka jako standard.

V tabulce 2 jsou uvedeny vzorky jednotlivých mouk, které byly uchovávány v temnu a suchu při podmínkách, které doporučuje výrobce na obale, tj. při teplotě 25 °C.

Tab. 2. Charakteristika vzorků

Vzorek	Země původu	Hmotnost balení [kg]
Pohanková mouka	Česká republika	0,5
Cizrnová mouka	Česká republika	0,5
Rýžová mouka	Česká republika	0,4
Kukuřičná mouka	Česká republika	10
Amarantová mouka	Česká republika	0,3
Jáhlová mouka	Česká republika	0,4
Merlíková mouka	Česká republika	1
Pšeničná mouka hladká světlá	Česká republika	10
Žitná mouka	Česká republika	10

8.2 Metodika

K analytickému stanovení bylo použito 9 vzorků mouk – amarantová mouka, cizrnová mouka, jáhlová mouka, kukuřičná mouka, merlíková mouka, pohanková mouka, rýžová mouka, pšeničná a žitná mouka.

Celkem bylo stanoveno 17 aminokyselin (glycin, alanin, valin, leucin, isoleucin, serin, threonin, kyselina asparagová, kyselina glutamová, lysin, arginin, histidin, fenylalanin, tyrosin, prolin, methionin a cystein).

Stanovení obsahu AMK ve vzorcích bezlepkových mouk bylo provedeno pomocí hydrolyzy HCl o koncentraci 6 mol.dm^{-3} . Pro analýzu aminokyselin bylo naváženo do vialky na analytických vahách 0,1 g s přesností na 4 desetinná místa příslušného vzorku, ke kterému bylo přidáno 15 ml HCl o koncentraci 6 mol.dm^{-3} . Vzorek se nechal 30 s probublat argonem a poté byla vialka se vzorkem uzavřena a umístěna do termobloku. Následně probíhala kyselá hydrolyza při $115 \text{ }^\circ\text{C}$ po dobu 23 hodin. Po skončení hydrolyzy byla vialka se vzorkem z termobloku vytažena a po vychladnutí byla umístěna do lednice do druhého dne. Poté byl vzorek kvantitativně převeden $0,1 \text{ mol.dm}^{-3}$ HCl přes filtrační papír do odpařovací baňky a vzorek byl odpařen na vakuové rotační odparce do sirupovité konzistence. Odparek se nechal rozpustit v několika ml redestilované vody a znovu byl odpařen. Nakonec se odparek převedl kvantitativně pufrům o pH 2,2 do 25 ml odměrné baňky. U každého vzorku byla kyselá hydrolyza provedena 3x.

Sirné aminokyseliny (cystein a methionin) byly stanoveny oxidativně kyselou hydrolyzou. Před kyselou hydrolyzou byly nejprve oxidovány směsí kyseliny mravenčí a peroxidu vodíku, protože při kyselé hydrolyze by docházelo k jejich rozkladu. Na analytických vahách byl navážen 1 g vzorku s přesností na 4 desetinná místa a následně k němu byla přidána oxidační směs. Oxidační směs (v poměru 1:9) je tvořena:

- peroxid vodíku 30% (w/w),
- kyselina mravenčí 85% (w/w).

Vzorek mouky o hmotnosti 1 g byl smíchán s 15 ml oxidační směsí a byl umístěn v odměrné baňce na 16 hodin do lednice při teplotě $\pm 4 \text{ }^\circ\text{C}$. K oxidativnímu vzorku byl po uplynutí doby přidán 1 ml koncentrované HCl a baňka se vzorkem byla umístěna do olejové lázně, kde proběhla hydrolyza při $118 \text{ }^\circ\text{C}$ po dobu 23 hodin. Hydrolyzát byl kvanti-

tativně převeden přes filtrační papír do 250 ml odměrné baňky a po vytemperování na 20 °C byl doplněn 0,1 mol.dm⁻³ HCl po rysku. Takto připravené baňky byly uchovány do druhého dne v lednici při teplotě 6 ± 4 °C. Z filtrátu byla odebrána alikvotní část (25 ml), která byla odpařena na vakuové rotační odparce (Obr. 9). Odparek byl rozpuštěn v několika ml redestilované vody a znovu odpařen. U každého vzorku byla oxidativně kyselá hydrolyza provedena 2x. Po ukončení hydrolyzy byl odparek převeden pomocí sodno-citrátového pufru (pH 2,2) do 25 ml odměrné baňky a nakonec přefiltrován přes mikrofiltr o velikosti pórů 0,45 µm do 3 ependorfek.

Při vlastním stanovení byly uvolněné aminokyseliny analyzovány pomocí iontově výměnné kapalinové chromatografie se sodno-citrátovými pufrů na automatickém analyzátoru aminokyselin AAA 400 s postkolonovou ninhydrinovou derivatizací a spektrofotometrickou detekcí (440 nm prolin, 570 nm pro ostatní AMK). Cystein a methionin byly stanoveny jako kyselina cysteová a methioninsulfon.

Z esenciálních AMK byly analyzovány: threonin, valin, leucin, isoleucin, fenylalanin, methionin a lysin. Tryptofan analyzován nebyl, protože při kyselé hydrolyze dochází k jeho degradaci. Ze semiesenciálních AMK byl stanoven arginin a histidin. Rovněž byly stanoveny také neesenciální AMK, mezi které patří: kyselina asparagová a asparagin, kyselina glutamová a glutamin, dále serin, prolin, glycin, alanin, tyrosin a cystein. Výsledky byly vyjádřeny v g.kg⁻¹.



Obr. 8. Vakuová rotační odparka LABOROTA [71]

9 VÝSLEDKY A DISKUZE

9.1 Výsledky stanovení obsahu aminokyselin

Výsledky jednotlivých obsahů aminokyselin jsou vyjádřeny v tabulce 3, ve které je uveden celkový obsah aminokyselin, obsah esenciálních aminokyselin a obsah neesenciálních aminokyselin v g.kg^{-1} . Hodnoty jsou vyjádřeny jako průměr \pm směrodatná odchylka.

Stanovením byl zjištěn nejvyšší obsah kyseliny glutamové u všech analyzovaných mouk. V pšeničné mouce byl obsah kyseliny glutamové $43,35 \text{ g.kg}^{-1}$, tedy nejvyšší ze všech zkoumaných mouk, naopak v žitné mouce byl obsah kyseliny glutamové menší $18,75 \text{ g.kg}^{-1}$. Porovnáme-li množství kyseliny glutamové v mouce pšeničné ($43,35 \text{ g.kg}^{-1}$) a cizrnové ($42,82 \text{ g.kg}^{-1}$), zjistíme, že je toto množství téměř shodné. U ostatních vzorků bezlepkových mouk bylo zastoupení kyseliny glutamové prokazatelně nižší než u mouky pšeničné a žitné. Pouze u amarantové mouky bylo množství kyseliny glutamové vyšší než u žitné. U amarantové mouky byla hodnota kyseliny glutamové $20,43 \text{ g.kg}^{-1}$. Zjištěné výsledky se shodují s hodnotami uváděnými v literatuře, které potvrzují, že zcela převažující aminokyselinou jak u pseudocereálií, tak u cereálií byla kyselina glutamová [37,44].

Druhou nejvíce zastoupenou aminokyselinou v pšeničné a žitné mouce byl prolin. Prolin umožňuje značnou tvarovou přizpůsobivost bílkovinných řetězců při vnějším mechanickém působení. V důsledku toho jsou možné strukturní změny při hnětení, kypření, přetučování těsta a při stavbě jeho struktury [44]. V pšeničné mouce byl obsah prolinu $13,05 \text{ g.kg}^{-1}$ a v žitné mouce $6,06 \text{ g.kg}^{-1}$. Při srovnání bezlepkových mouk se pšeničnou a žitnou moukou v zastoupení prolinu bylo zjištěno, že bezlepkové mouky obsahovaly nižší množství prolinu než mouka pšeničná a žitná. Pouze u cizrnové mouky byla hodnota prolinu vyšší než u mouky žitné. V cizrnové mouce prolin představoval $7,19 \text{ g.kg}^{-1}$. Při porovnání množství prolinu v cizrnové mouce ($7,19 \text{ g.kg}^{-1}$) a pšeničné ($13,05 \text{ g.kg}^{-1}$), bylo shledáno, že množství prolinu v mouce pšeničné bylo prokazatelně vyšší. Kukuřičná mouka obsahovala $5,60 \text{ g.kg}^{-1}$ prolinu, amarantová $5,82 \text{ g.kg}^{-1}$, jáhlová $2,62 \text{ g.kg}^{-1}$, merlíková $2,53 \text{ g.kg}^{-1}$, pohanková $2,28 \text{ g.kg}^{-1}$ a rýžová $2,12 \text{ g.kg}^{-1}$.

Třetí místo v zastoupení aminokyselin zaujímal u pšeničné mouky leucin $7,59 \text{ g.kg}^{-1}$. U žitné mouky patřil leucin rovněž mezi jednu z nejvíce zastoupených aminokyselin. V bezlepkových moukách nejvyšší množství leucinu vykazovala mouka cizrnová

14,99 g.kg⁻¹. Obsah leucinu patřil v pšeničné a žitné mouce mezi jeden z nejvyšších, přesto bylo jeho množství jak u pšeničné mouky (7,59 g.kg⁻¹), tak u žitné (4,36 g.kg⁻¹) v porovnání s cizrnovou moukou (14,99 g.kg⁻¹) zřetelně nižší. U amarantové a kukuřičné mouky představoval leucin taktéž jednu z nejvíce zastoupených aminokyselin. V amarantové mouce se leucin nacházel v množství 10,98 g.kg⁻¹, v kukuřičné mouce v množství 6,10 g.kg⁻¹. Hodnota leucinu v amarantové mouce (10,98 g.kg⁻¹) byla oproti pšeničné (7,59 g.kg⁻¹) a žitné mouce (4,36 g.kg⁻¹) vyšší. Při srovnání kukuřičné mouky se pšeničnou moukou bylo zjištěno, že obsah leucinu v kukuřičné mouky (6,10 g.kg⁻¹) byl nižší než u mouky pšeničné (7,59 g.kg⁻¹), ale zároveň dosahoval vyšší hodnoty než mouka žitná (4,36 g.kg⁻¹). Rýžová mouka obsahovala 3,94 g.kg⁻¹ leucinu, merlíková 3,91 g.kg⁻¹, pohanková 3,46 g.kg⁻¹ a jáhlová 3,27 g.kg⁻¹.

V žitné mouce se kyselina asparagová nacházela v množství 4,50 g.kg⁻¹. Stejně jako u žitné mouky, tak u cizrnové patřila kyselina asparagová mezi třetí nejvíce zastoupenou aminokyselinu. Hodnota kyseliny asparagové v cizrnové mouce byla 24,06 g.kg⁻¹. Jestliže srovnáme obsah kyseliny asparagové v pšeničné mouce (4,16 g.kg⁻¹), žitné (4,50 g.kg⁻¹) a cizrnové (24,06 g.kg⁻¹), je na první pohled zřejmé, že zastoupení kyseliny asparagové v cizrnové mouce bylo prokazatelně vyšší. Kyselina asparagová v merlíkové, v pohankové a v rýžové mouce patřila rovněž mezi jednu z nejvíce zastoupených aminokyselin. V porovnání se pšeničnou a žitnou moukou byly hodnoty těchto zkoumaných bezlepkových mouk v zastoupení kyseliny asparagové taktéž vyšší.

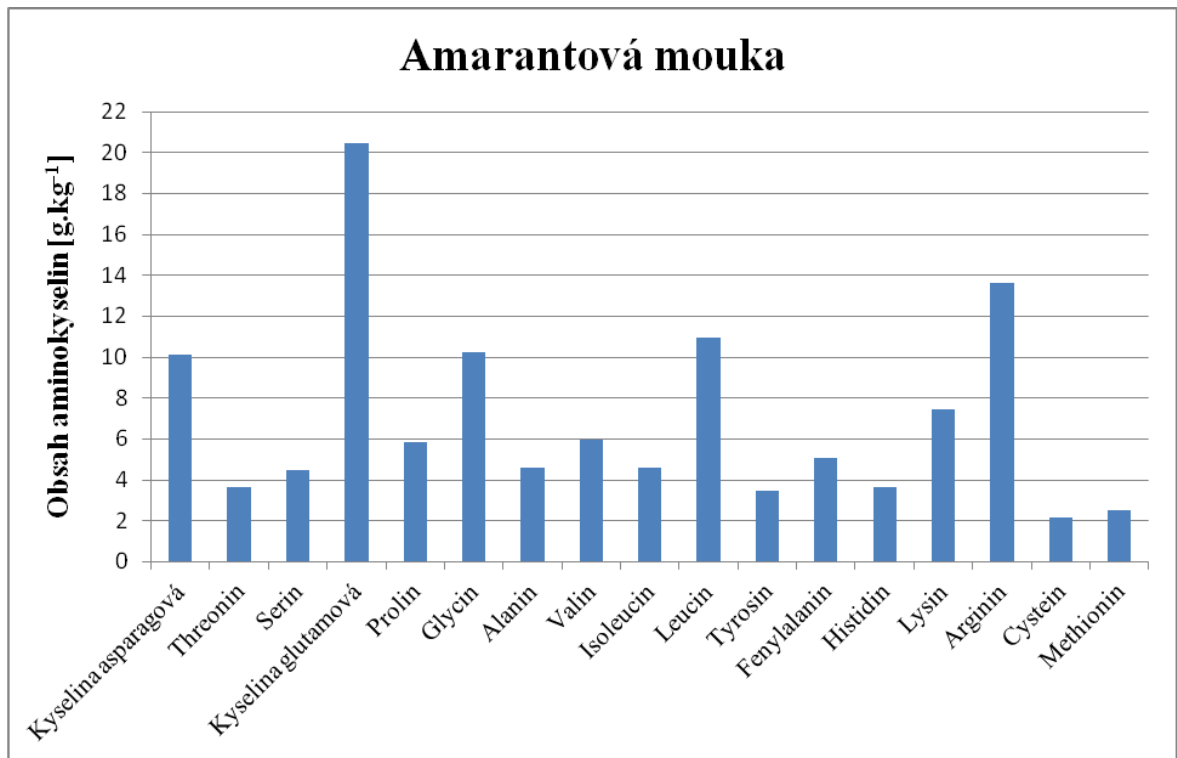
Nejvyšší rozdíl byl zjištěn v zastoupení argininu u cizrnové mouky 27,57 g.kg⁻¹, amarantové 13,61 g.kg⁻¹, pohankové 6,55 g.kg⁻¹, merlíkové 6,30 g.kg⁻¹ a rýžové mouky 4,74 g.kg⁻¹.

Obsah argininu u jednotlivých bezlepkových mouk náležel mezi jeden z nejvyšších, zatímco v pšeničné mouce byl obsah argininu 4,11 g.kg⁻¹ a v žitné mouce 3,39 g.kg⁻¹, tudíž tyto obsahy v zastoupení aminokyselin patřily paradoxně mezi jedny z nejnižších.

Nejvyšší obsah z esenciálních aminokyselin u zkoumaných mouk vykazoval leucin. Mezi esenciální aminokyselinu s nejnižším obsahem patřil u pohankové mouky isoleucin, u jáhlové a pšeničné mouky lysin a u cizrnové methionin.

Tab. 3. Obsah AMK v testovaných moukách

Obsah aminokyselin [g.kg ⁻¹]									
Aminokyselina	Amarantová mouka	Cizrnová mouka	Jáhlová mouka	Kukuřičná mouka	Merlíková mouka	Pohanková mouka	Rýžová mouka	Pšeničná mouka	Žitná mouka
Asparagová k.	10,13 ± 0,39	24,06 ± 1,49	2,51 ± 0,04	3,90 ± 0,11	6,99 ± 0,36	5,37 ± 0,42	4,69 ± 0,24	4,16 ± 0,10	4,50 ± 0,15
Threonin	3,66 ± 0,14	6,49 ± 0,48	1,00 ± 0,04	1,52 ± 0,05	1,96 ± 0,02	1,92 ± 0,13	1,45 ± 0,05	2,72 ± 0,03	2,19 ± 0,10
Serin	4,46 ± 0,14	12,68 ± 0,37	1,30 ± 0,02	1,46 ± 0,08	3,47 ± 0,05	3,19 ± 0,25	1,46 ± 0,10	4,84 ± 0,08	2,80 ± 0,06
Glutamová k.	20,43 ± 0,71	42,82 ± 0,36	7,08 ± 0,22	10,27 ± 0,36	8,87 ± 0,17	8,84 ± 0,35	8,28 ± 0,31	43,35 ± 0,70	18,75 ± 0,35
Prolin	5,82 ± 0,50	7,19 ± 0,25	2,62 ± 0,10	5,60 ± 0,40	2,53 ± 0,15	2,28 ± 0,03	2,12 ± 0,10	13,05 ± 0,08	6,06 ± 0,24
Glycin	10,23 ± 0,32	11,50 ± 0,67	1,00 ± 0,04	1,92 ± 0,06	4,30 ± 0,03	3,63 ± 0,18	2,38 ± 0,08	3,69 ± 0,09	2,79 ± 0,05
Alanin	4,59 ± 0,17	11,70 ± 0,93	3,53 ± 0,21	4,02 ± 0,11	3,41 ± 0,04	2,63 ± 0,16	2,74 ± 0,14	3,09 ± 0,12	2,77 ± 0,06
Valin	5,96 ± 0,28	5,15 ± 0,32	2,03 ± 0,10	2,98 ± 0,10	1,36 ± 0,00	1,35 ± 0,02	3,41 ± 0,16	4,56 ± 0,05	3,28 ± 0,09
Isoleucin	4,61 ± 0,32	4,04 ± 0,23	1,54 ± 0,07	2,65 ± 0,24	1,19 ± 0,07	1,05 ± 0,04	2,35 ± 0,14	4,08 ± 0,12	2,39 ± 0,08
Leucin	10,98 ± 0,55	14,99 ± 1,15	3,27 ± 0,11	6,10 ± 0,38	3,91 ± 0,03	3,46 ± 0,10	3,94 ± 0,13	7,59 ± 0,14	4,36 ± 0,15
Tyrosin	3,49 ± 0,06	7,37 ± 0,37	0,98 ± 0,04	1,70 ± 0,09	2,02 ± 0,15	2,54 ± 0,07	1,84 ± 0,05	3,22 ± 0,02	1,86 ± 0,03
Fenylalanin	5,10 ± 0,27	14,47 ± 0,33	1,81 ± 0,09	2,43 ± 0,08	3,44 ± 0,20	3,39 ± 0,04	2,49 ± 0,12	5,46 ± 0,09	3,19 ± 0,04
Histidin	3,64 ± 0,14	8,84 ± 0,18	0,84 ± 0,05	1,98 ± 0,10	3,46 ± 0,04	2,48 ± 0,12	1,55 ± 0,11	2,59 ± 0,06	1,68 ± 0,02
Lysin	7,47 ± 0,41	12,92 ± 0,17	0,86 ± 0,04	1,30 ± 0,06	3,65 ± 0,17	3,63 ± 0,16	1,91 ± 0,10	2,14 ± 0,04	2,43 ± 0,12
Arginin	13,61 ± 0,65	27,57 ± 1,22	1,51 ± 0,04	2,27 ± 0,06	6,30 ± 0,07	6,55 ± 0,44	4,74 ± 0,14	4,11 ± 0,04	3,39 ± 0,03
Cystein	2,18 ± 0,15	3,29 ± 0,12	0,62 ± 0,03	1,18 ± 0,06	1,02 ± 0,05	4,02 ± 0,15	0,96 ± 0,06	3,61 ± 0,22	2,21 ± 0,06
Methionin	2,50 ± 0,08	3,01 ± 0,12	1,00 ± 0,09	0,75 ± 0,03	2,30 ± 0,12	2,68 ± 0,23	1,05 ± 0,01	2,08 ± 0,06	1,31 ± 0,03
Celkem AMK	118,84	218,09	33,5	52,02	60,17	59,01	47,36	114,36	65,97
Celkem EAA	40,28	60,07	11,51	20,11	17,81	17,48	16,6	28,63	19,15
Celkem NEAA	78,56	158,02	21,99	31,91	42,36	41,53	30,76	85,73	46,82



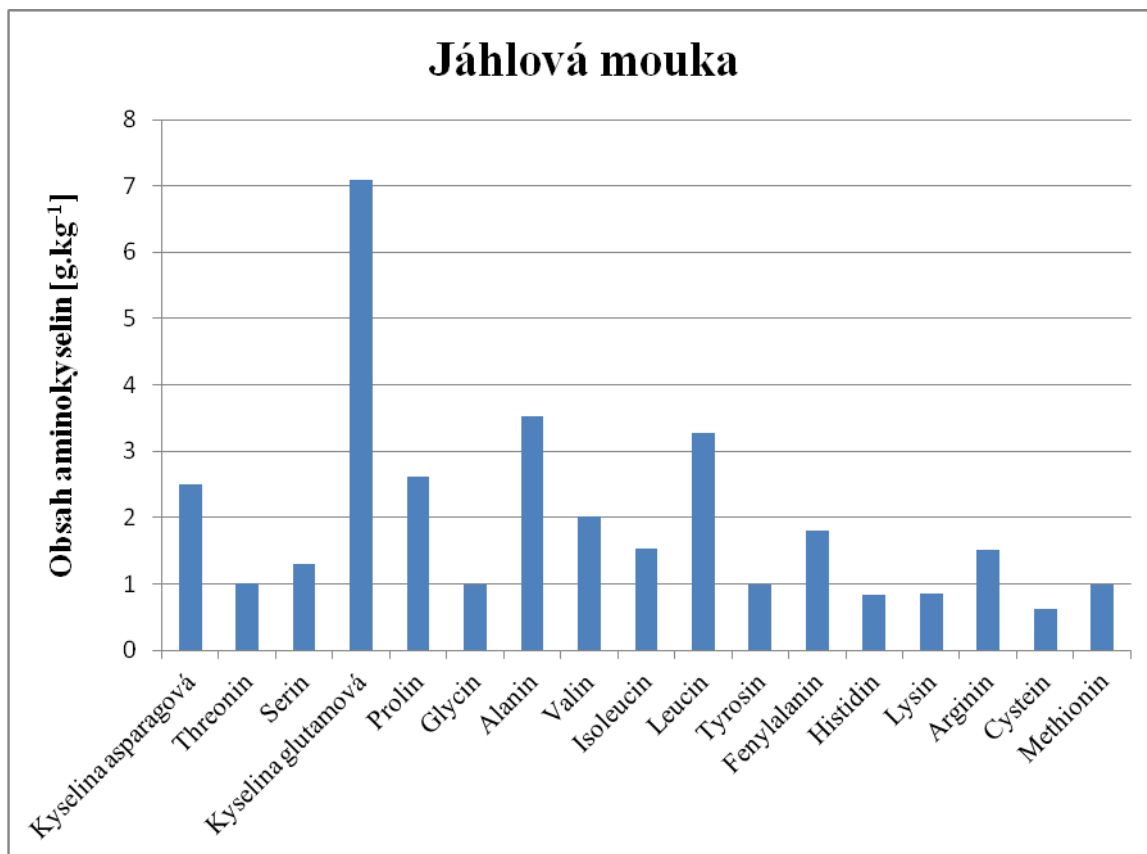
Obr. 9. Obsah AMK v amarantové mouce

V grafu (Obr. 9) jsou graficky znázorněny jednotlivé obsahy AMK v amarantové mouce. Hodnota kyseliny glutamové v amarantové mouce byla $20,43 \text{ g.kg}^{-1}$, tato aminokyselina byla zastoupena v nejvyšším množství ze všech zkoumaných moukách. Druhá nejvíce zastoupená aminokyselina v analyzovaném vzorku amarantové mouky byl arginin $13,61 \text{ g.kg}^{-1}$. Mezi třetí nejvíce zastoupenou AMK spadal leucin $10,98 \text{ g.kg}^{-1}$. K AMK, které se vyskytovaly v analyzovaném vzorku amarantové mouky v nejnižším množství, patřily cystein $2,18 \text{ g.kg}^{-1}$, methionin $2,50 \text{ g.kg}^{-1}$, tyrosin $3,49 \text{ g.kg}^{-1}$, histidin $3,64 \text{ g.kg}^{-1}$ a threonin $3,66 \text{ g.kg}^{-1}$.



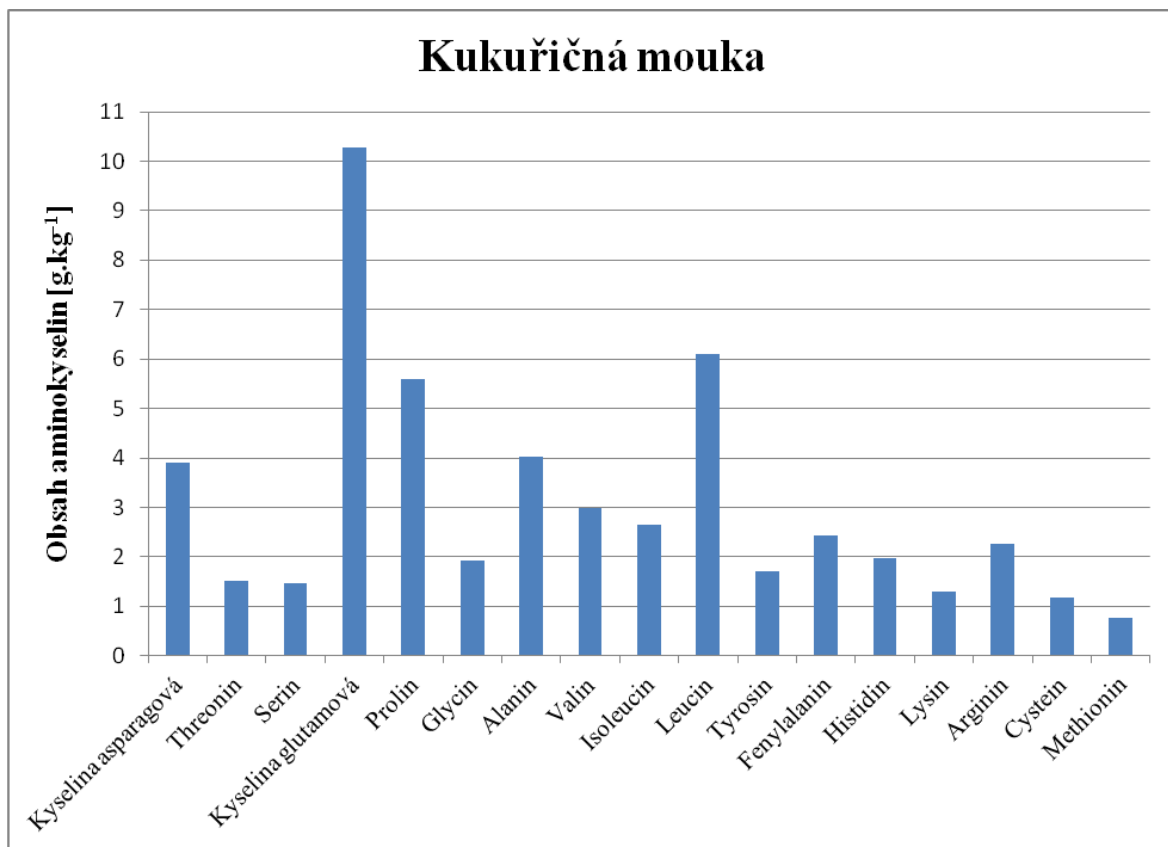
Obr. 10. Obsah AMK v cizrnové mouce

Z grafu (Obr. 10) je viditelné, že v cizrnové mouce se kyselina glutamová vyskytovala v nejvyšším množství $42,82 \text{ g.kg}^{-1}$. Ze všech zkoumaných bezlepkových mouk bylo množství kyseliny glutamové u cizrnové mouky prokazatelně nejvyšší. Druhou nejvíce zastoupenou AMK byl arginin $27,57 \text{ g.kg}^{-1}$. Třetí místo v pořadí zastoupení AMK u cizrnové mouky připadá na kyselinu asparagovou $24,06 \text{ g.kg}^{-1}$. Mezi AMK, jejichž obsah byl vyhodnocen jako nejnižší, patřily u cizrnové mouky methionin $3,01 \text{ g.kg}^{-1}$, cystein $3,29 \text{ g.kg}^{-1}$, isoleucin $4,04 \text{ g.kg}^{-1}$, valin $5,15 \text{ g.kg}^{-1}$ a threonin $6,49 \text{ g.kg}^{-1}$.



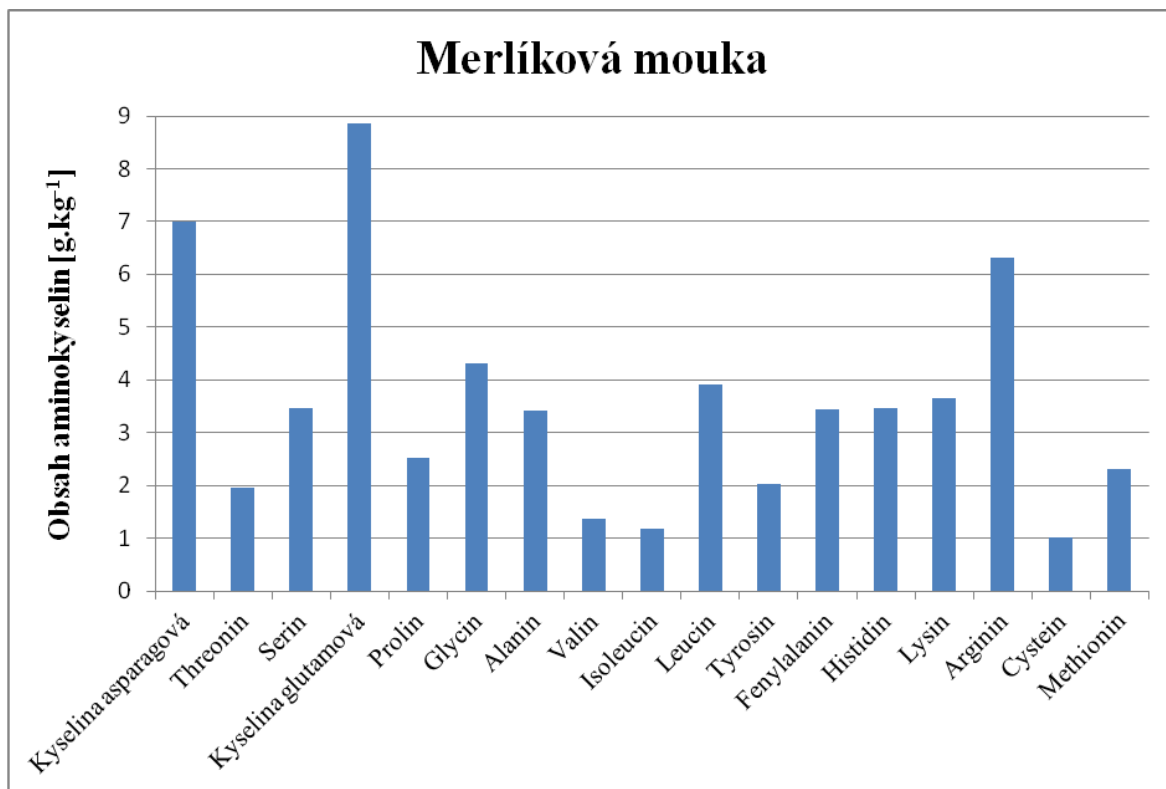
Obr. 11. Obsah AMK v jáhlové mouce

V grafu (Obr. 11) jsou graficky znázorněny jednotlivé obsahy AMK v jáhlové mouce. Při stanovení obsahu AMK u jáhlové mouky byl nejvyšší obsah shledán u kyseliny glutamové a to v množství $7,08 \text{ g.kg}^{-1}$. Druhou nejvíce zastoupenou aminokyselinou je alanin, který představuje $3,53 \text{ g.kg}^{-1}$. V pořadí třetí nejvíce zastoupenou AMK byl leucin $3,27 \text{ g.kg}^{-1}$. K AMK, které se vyskytovaly v analyzovaném vzorku jáhlové mouky v nejnižším množství, patřily cystein $0,62 \text{ g.kg}^{-1}$, histidin $0,84 \text{ g.kg}^{-1}$, lysin $0,86 \text{ g.kg}^{-1}$, tyrosin $0,98 \text{ g.kg}^{-1}$, glycin $1,00 \text{ g.kg}^{-1}$ a threonin $1,00 \text{ g.kg}^{-1}$.



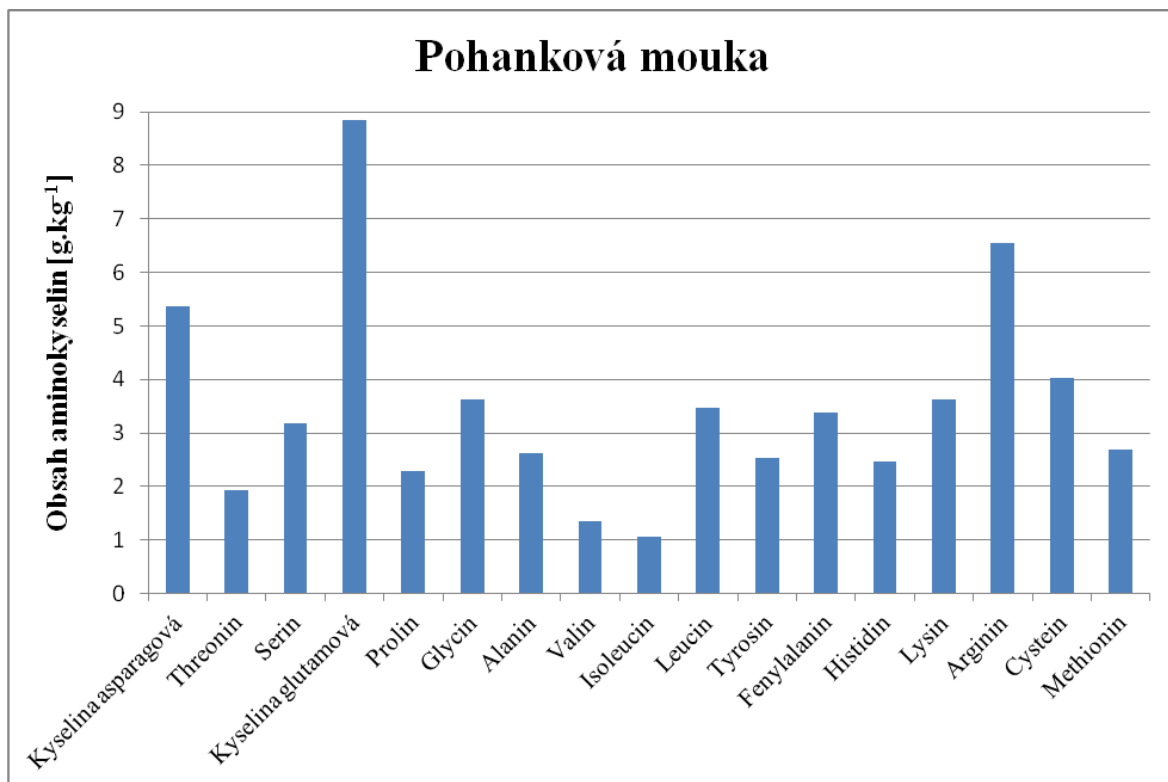
Obr. 12. Obsah AMK v kukuřičné mouce

V grafu (Obr. 12) jsou graficky znázorněny jednotlivé obsahy AMK v kukuřičné mouce. Hodnota kyseliny glutamové v kukuřičné mouce byla $10,27 \text{ g.kg}^{-1}$, tato aminokyselina byla zastoupena v nejvyšším množství ze všech analyzovaných AMK. Druhou nejvíce zastoupenou AMK byl leucín s obsahem $6,10 \text{ g.kg}^{-1}$. V pořadí třetí nejvíce zastoupenou AMK byl prolin v množství $5,60 \text{ g.kg}^{-1}$. Mezi AMK, jejichž obsah byl vyhodnocen jako nejnižší, patřily u vzorků kukuřičné mouky methionin $0,75 \text{ g.kg}^{-1}$, cystein $1,18 \text{ g.kg}^{-1}$, lysin $1,30 \text{ g.kg}^{-1}$, serin $1,46 \text{ g.kg}^{-1}$ a threonin $1,52 \text{ g.kg}^{-1}$.



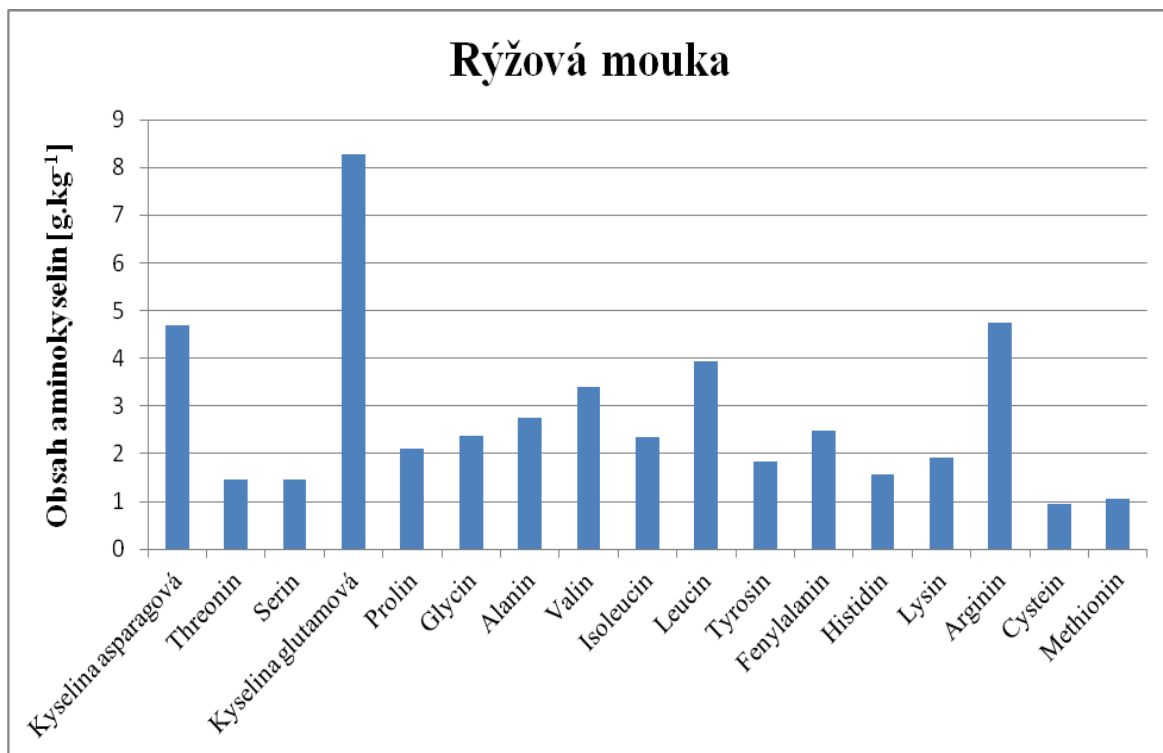
Obr. 13. Obsah AMK v merlíkové mouce

Jednotlivé obsahy AMK v merlíkové mouce jsou graficky znázorněny v grafu (viz. Obr. 13). Při stanovení obsahu aminokyselin v merlíkové mouce byl nejvyšší obsah zjištěn u kyseliny glutamové. Množství kyseliny glutamové činí $8,87 \text{ g.kg}^{-1}$. Druhá nejvíce přítomná aminokyselina v analyzovaném vzorku byla kyselina asparagová, jejíž obsah byl $6,99 \text{ g.kg}^{-1}$. V pořadí třetí nejvíce zastoupenou AMK byl arginin, jehož množství představovalo $6,30 \text{ g.kg}^{-1}$. K AMK, které se vyskytovaly v analyzovaném vzorku merlíkové mouky v nejnižším množství, patřily cystein $1,02 \text{ g.kg}^{-1}$, isoleucin $1,19 \text{ g.kg}^{-1}$, valin $1,36 \text{ g.kg}^{-1}$, threonin $1,96 \text{ g.kg}^{-1}$ a tyrosin $2,02 \text{ g.kg}^{-1}$.



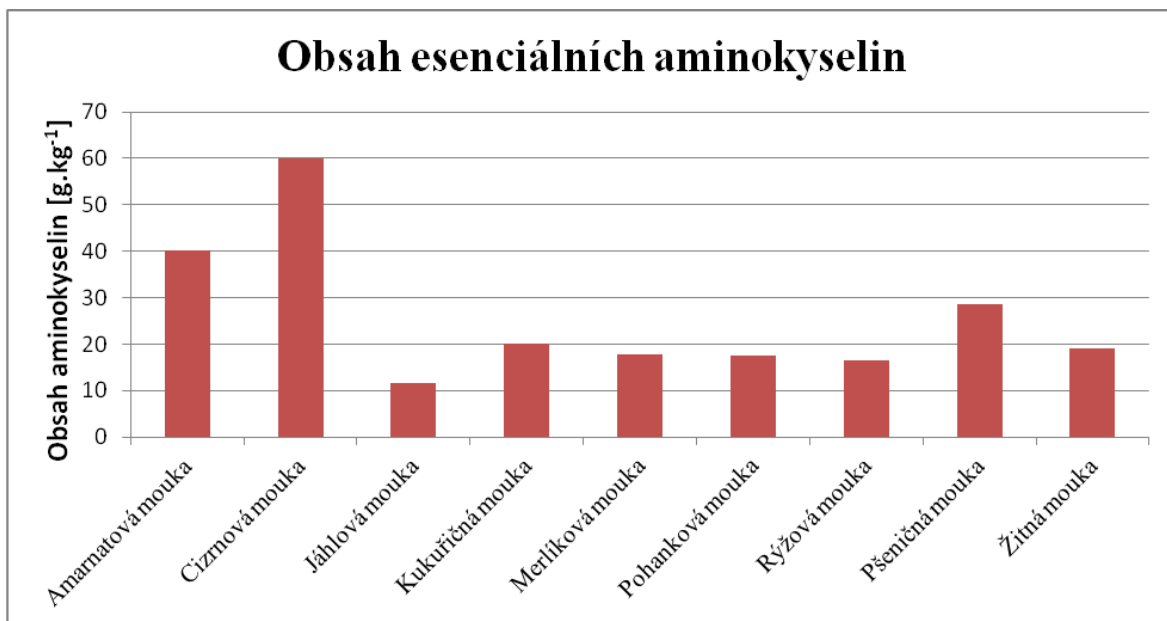
Obr. 14. Obsah AMK v pohankové mouce

V grafu (Obr. 14) je uvedené množství jednotlivých AMK v pohankové mouce. Při analýze obsahu AMK v pohankové mouce byl nejvyšší obsah zjištěn u kyseliny glutamové v množství 8,84 g.kg⁻¹. Druhou nejvíce zastoupenou aminokyselinou byl arginin, který zaujímá 6,55 g.kg⁻¹. V pořadí třetí nejvíce zastoupenou AMK byla kyselina asparagová v množství 5,37 g.kg⁻¹. Mezi AMK, jejichž obsah byl vyhodnocen jako nejnižší, patřily u vzorků pohankové mouky isoleucin 1,05 g.kg⁻¹, valin 1,35 g.kg⁻¹, threonin 1,92 g.kg⁻¹, prolin 2,28 g.kg⁻¹ a histidin 2,48 g.kg⁻¹.



Obr. 15. Obsah AMK v rýžové mouce

V grafu (Obr. 15) jsou graficky znázorněny jednotlivé obsahy AMK v rýžové mouce. Hodnota kyseliny glutamové v rýžové mouce byla $8,28 \text{ g.kg}^{-1}$, tato aminokyselina byla zastoupena v nejvyšším množství ze všech analyzovaných AMK. Mezi druhou nejvíce zastoupenou aminokyselinou v analyzovaném vzorku rýžové mouky patřil arginin, jehož obsah byl $4,69 \text{ g.kg}^{-1}$. V pořadí třetí nejvíce zastoupenou AMK byla kyselina asparagová, jejíž množství bylo $4,69 \text{ g.kg}^{-1}$. K AMK, které se vyskytovaly v analyzovaném vzorku rýžové mouky v nejnižším množství, patřily cystein $0,96 \text{ g.kg}^{-1}$, methionin $1,05 \text{ g.kg}^{-1}$, threonin $1,45 \text{ g.kg}^{-1}$, serin $1,46 \text{ g.kg}^{-1}$ a histidin $1,55 \text{ g.kg}^{-1}$.



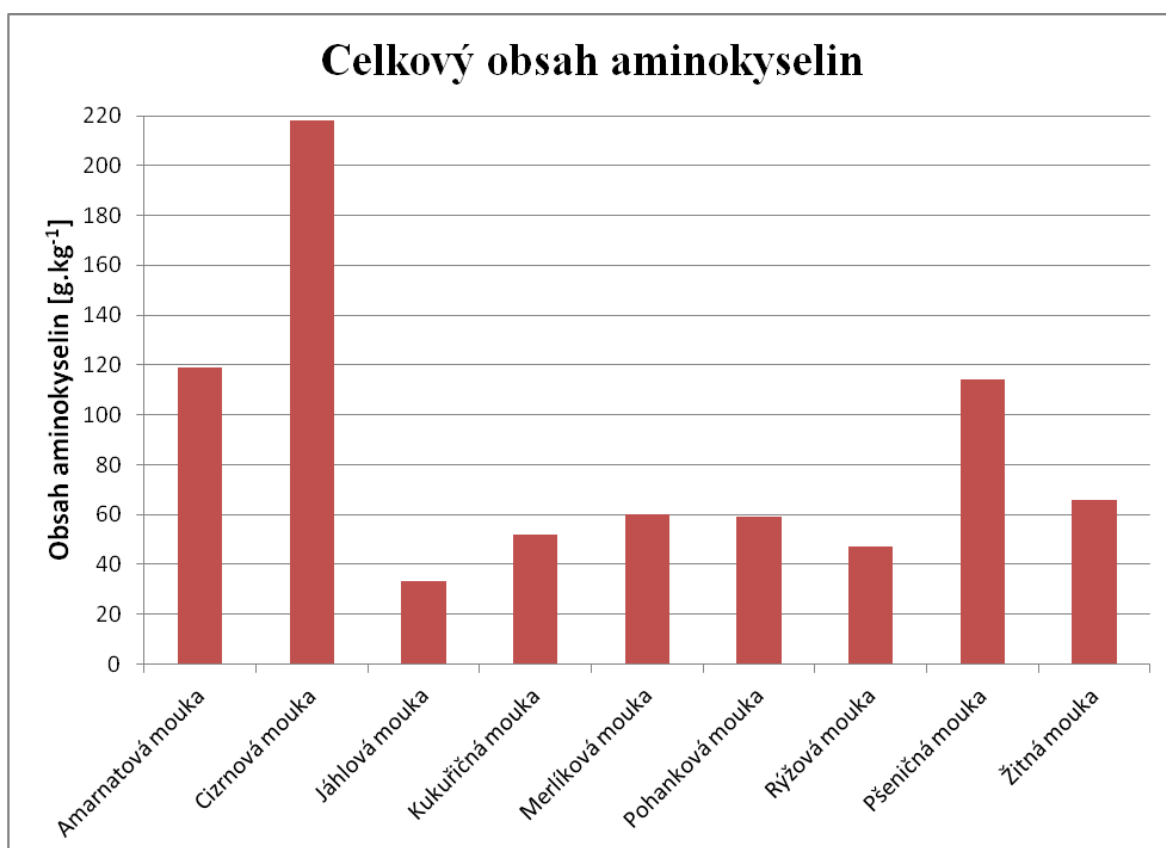
Obr. 16. Celkový obsah esenciálních aminokyselin



Obr. 17. Celkový obsah neesenciálních aminokyselin

V grafech (Obr. 16, Obr. 17) je znázorněn celkový obsah esenciálních a neesenciálních aminokyselin v testovných moukách. Nejvyšší obsah esenciálních i neesenciálních AMK vykazovala cizmová mouka. Obsah esenciálních AMK byl u cizrnové mouky 60,07 g.kg⁻¹

a obsah neesenciálních AMK byl v množství 158,02 g.kg⁻¹. Naopak nejnižší obsah jak esenciálních tak neesenciálních AMK vykazovala jáhlová mouka. Obsah esenciálních AMK byl u jáhlové mouky zjištěn 11,51 g.kg⁻¹ a obsah neesenciálních AMK byl zaznamenán v množství 21,99 g.kg⁻¹.



Obr. 18. Celkový obsah aminokyselin v testovaných moukách

Na obr. 18 je znázorněn celkový obsah aminokyselin v bezlepkových moukách a standardech (pšeničná a žitná mouka). U vzorků bezlepkových mouk byl nejvyšší celkový obsah AMK zjištěn u cizrnové mouky, a to v množství 218,09 g.kg⁻¹, následně u amarantové mouky 118,09 g.kg⁻¹. Naopak nejnižší celkový obsah byl zaznamenán u jáhlové mouky, jejíž množství bylo 33,50 g.kg⁻¹. Pšeničná mouka při srovnání celkového obsahu AMK představuje třetí nejvyšší hodnotu 114,36 g.kg⁻¹ hned po cizrnové a amarantové mouce. Celkový obsah AMK u žitné mouky 65,97 g.kg⁻¹ je v porovnání s pšeničnou moukou prokazatelně nižší, avšak při srovnání žitné mouky se vzorky bezlepkových mouk, zaujímá třetí místo hned po cizrnové a amarantové mouce.

9.2 Diskuze získaných výsledků

Obsah a aminokyselinové složení bílkovin předurčuje pekařskou kvalitu mouky, která je dána především množstvím a kvalitou lepku. Ve srovnání s pšeničným pečivem není výroba bezlepkového chleba a pečiva z jiných cereálií a pseudocereálií jednoduchá, především z důvodu, že obsah a struktura jejich bílkovin nejsou schopny vytvořit kvalitní těsto s požadovanými visko-elastickými vlastnostmi, které dávají vzniku nadýchané struktury pečiva [84].

Pšeničné prolaminy a gluteliny, ve vzájemném poměru 2:3, tvoří 80 % pšeničných bílkovin a jsou klíčovou složkou lepku. Pružnost a pevnost lepku je dána aminokyselinovým složením prolaminů, tažnost (elasticita) lepku je dána složením glutelinů [85]. Vedle aminokyselinového složení bílkovin se na vývoji těsta velkou měrou podílí i různé chemické vazby, které udržují stabilitu těsta. Aminokyseliny, které jsou nejvíce zodpovědné za kvalitu lepku a následně těsta jsou cystein, prolin a glutamin, a dále potom hydrofobní aminokyseliny leucin a isoleucin, tyrosin, valin, a fenylalanin [85]. Pšeničný lepek je obecně považován za nejlepší pro výrobu kvalitního pečiva s typickou porózní strukturou, a jeho komplex bílkovin běžně obsahuje přibližně 2 až 4 % cysteinu, 6 až 12 % prolinu a více než 35 % hydrofobních aminokyselin [85]. Tento poměr byl přibližně stanoven také u naší pšeničné mouky (3 % cysteinu, 11 % prolinu). Procentuální obsah všech stanovených aminokyselin je uveden v tabulce v příloze P I.

Obsah cysteinu koreluje s množstvím disulfidických vazeb v molekule bílkovin a významnou měrou tak ovlivňuje sílu mouky a lepku. V našem případě obsahovala srovnávací pšeničná mouka $3,61 \text{ g.kg}^{-1}$ cysteinu, u žitné mouky byl obsah cysteinu $2,21 \text{ g.kg}^{-1}$. Z testovaných mouk obsahovaly vysoké množství cysteinu mouky pohanková ($4,02 \text{ g.kg}^{-1}$) a cizrnová ($3,29 \text{ g.kg}^{-1}$). Z technologické praxe je známo, že žitný lepek obsahující nižší množství cysteinu je slabší a chleba připravený výhradně z žitné mouky již nedává stejné vyklenuté a nadýchané pečivo jako chleba pšeničný [83]. Vedle pohankové a cizrnové mouky, vykazovaly ostatní mouky testované v rámci naší studie obsah cysteinu srovnatelný (amarantová mouka) nebo nižší než žitná mouka a vývoj těsta s dobrými viskoelastickými vlastnostmi se tak nedá předpokládat.

Obsah prolinu souvisí především s tažností lepku a tedy se stavem finálního těsta. Prolin tvoří značný podíl gliadinové frakce u pšeničné i žitné mouky a má pozitivní vliv na tažnost těsta, avšak u bezlepkových mouk může tažnost těsta naopak negativně ovlivnit [67].

Ve všech testovaných moukách byl obsah prolinu nejvyšší u pšeničné mouky ($13,05 \text{ g.kg}^{-1}$). Srovnatelný obsah prolinu se žitnou moukou ($6,06 \text{ g.kg}^{-1}$) měla amarantová, cizrnová a kukuřičná mouka. Relativně nízký procentuální obsah prolinu v poměru k ostatním aminokyselinám byl v mouce amarantové (4,9 %) a cizrnové (3,3 %) a pravděpodobně by nestačil pro tvorbu kvalitního lepku. Pouze kukuřičná mouka obsahovala prolinu 10,7 %. Ostatní mouky obsahovaly prolinu pod hodnotu 2 g.kg^{-1} . Jako v případě žitného pečiva, kdy nedostatek tažnosti těsta způsobuje drobnost finálního pekařského výrobku. Dá se usuzovat, že i výrobky vyrobené výhradně z cizrnové, kukuřičné nebo amarantové mouky jsou možné, ale pravděpodobně budou více drobné ve srovnání s výhradně pšeničným pečivem.

Vysoké hladiny hydrofobních aminokyselin, které celkově stabilizují strukturu těsta, byly rovněž stanoveny v amarantové a cizrnové mouce. Nejvyšší obsah glycinu byl naměřen také v amarantové a cizrnové mouce, jeho obsah byl až trojnásobný ve srovnání s moukou pšeničnou, což by ovšem mohlo negativně ovlivnit finální tažnost a lepivost těsta.

I když jsou výše diskutované aminokyseliny důležité pro vývoj těsta s dobrými viskoelastickými vlastnostmi, nejde kvalita lepku a reologické vlastnosti těsta usuzovat pouze z jejich obsahu, ty jsou vždy dány komplexním obsahem všech bílkovin. Viskoelastické vlastnosti těsta se posuzují na základě reologických zkoušek, které se provádí pomocí různých přístrojů, jako jsou např. farinograf, extenzograf, mixograf a další, pekařské vlastnosti finálního pečiva se posuzují na základě pekařských zkoušek. Z technologických parametrů se testuje především absorpce vody, čas potřebný pro optimální vyhnětení těsta, stabilita těsta a odolnost těsta vůči mechanickému namáhání. Silná a kvalitní mouka obsahující kvalitní bílkoviny, je schopná vázat hodně vody. Těsto z ní připravené zadržuje velký objem plynů vznikajících při fermentaci a pečivo si tak zachovává svůj objem, tvar a texturu [86].

Ve studii Dapčević Hadnađev et al. byly porovnávány reologické vlastnosti těsta vyrobené z různých cereálií a pseudocereálií, jednalo se o rýži, kukuřici, pohanku, a amarant. Pomocí přístroje Mixolab byly porovnávány především doba vývoje těsta, absorpce vody a stabilita těsta. Jako kontrolní a srovnávací vzorek byla použita mouka pšeničná. Bylo zjištěno, že absorpce vody i reologické vlastnosti pohankové a rýžové mouky jsou velmi shodné s vlastnostmi pšeničné mouky a jsou vhodné pro výrobu bezlepkového pečiva, i když byla na optimální vyhnětení těsta potřeba delší doba. Autoři toto přisuzovali kvalitě a složení bílkovin i dalších složek mouky, které pravděpodobně ke správnému vyhnětení těsta potřebují delší dobu na hydrataci. Nutno podotknout, že celkový obsah bílkovin byl u těchto

mouk relativně nízký ve srovnání s ostatními moukami. Co se týká aminokyselinového složení pohankové i rýžové mouky v rámci naší studie, byl celkový obsah AMK přibližně poloviční ve srovnání s moukou pšeničnou a kromě obsahu cysteinu v pohankové mouce byly i obsahy důležitých aminokyselin velmi nízké. Pouze na základě získaných výsledků by se dalo usuzovat, že především rýžová mouka nebude vhodná k vytvoření těsta, ale je zřejmé, že toto lze potvrdit pouze reologickými zkouškami. Všechny ostatní mouky v rámci diskutované studie Dapčević Hadnađev et al. vykazovaly vyšší vaznost vody a menší stabilitu těsta, která je pravděpodobně dána vysokým obsahem glutelinů (65 – 85 %) v těchto moukách a pouze nízkým obsahem prolaminů (cca 2,5 – 3,5 %). Jako nejméně stabilní a nejslabší těsto bylo vyhodnoceno těsto z amarantové mouky, i když obsah bílkovin v této mouce byl nejvyšší ze všech testovaných mouk [86]. V rámci této práce obsahovala amarantová mouka vysoké množství aminokyselin, které bylo srovnatelné s moukou pšeničnou, a její využití pro tvorbu těsta a následně pečiva bylo otestováno v práci Burešová et al. [87].

V jiných studiích byla amarantová mouka používána jako doplňková k mouce pšeničné a to především z důvodu zvýšení nutriční hodnoty finálních pekařských výrobků. Amarantová mouka se běžně přidává v množství 5 až 30 % k mouce pšeničné, a výsledky studií většinou ukázaly na zlepšení reologických vlastností těst, vyšší stabilitu těsta, vyšší vaznost vody a výrazné zmenšení měrného objemu pečiva [89]. Zde je ovšem nutné vzpomenout, že komplexní výsledky záleží také na odrůdě plodiny a dalších složkách mouky, a proto jejich využití pro pekařské účely je nutné otestovat. Přídavek merlíku k pšeničné mouce byl testován také ve studii Tömösközi et al. [88]. Přídavek merlíku na hladině 10 % k mouce pšeničné nevykázal výrazné změny reologických vlastností těsta pouze snížení elasticity těsta, vyšší přídavky merlíku 20 a 30 % negativně ovlivnily všechny testované parametry těsta. Stanovením celkového obsahu aminokyselin byly zjištěny relativně nízké hodnoty. Nízké bylo i zastoupení aminokyselin cysteinu a prolinu, a lze tedy usuzovat, že těsto vyrobené z této mouky bude mít horší reologické parametry ve srovnání s moukou pšeničnou.

Na základě aminokyselinového složení je možné usuzovat, že cizrnová, pohanková, a kukuřičná mouka by byly vhodné k samostatné výrobě pečiva. Výsledné pekařské výrobky ovšem pravděpodobně budou mít menší objem a budou více drobivé, než pečivo pšeničné. Ostatní testované mouky nemohou být k přípravě těsta a pečiva doporučeny, a pokud ano, tak pouze jako minoritní složka zvyšující nutriční hodnotu výrobků.

Nutriční hodnota bílkovin v potravě je dána podílem esenciálních aminokyselin, čím je tedy podíl esenciálních aminokyselin k neesenciálním vyšší, tím je bílkovina kvalitnější [37]. Bílkoviny luštěnin, jsou důležitým zdrojem proteinů ve výživě, jsou dokonce považovány za jedny z nejkvalitnějších, a to díky vysokému obsahu lysinu oproti ostatním cereáliím a pseudocereáliím. Obsah lysinu v mouce cizrny beraní byl stanoven na $12,92 \text{ g.kg}^{-1}$, což se shoduje s údaji publikovanými v literatuře [37,74]. Při srovnání cizrnové mouky v zastoupení lysinu s ostatními vzorky testovaných mouk, byla hodnota lysinu v cizrnové mouce prokazatelně nejvyšší ze všech. Nejvyšší obsah esenciálních aminokyselin u cizrny beraní měl leucin $14,99 \text{ g.kg}^{-1}$ a následně fenylalanin $14,47 \text{ g.kg}^{-1}$. V cereáliích bývá jako limitující aminokyselina podle literatury uváděn lysin [46,51,82]. V pseudocereáliích jsou dle literatury za limitující aminokyseliny považovány rovněž lysin a isoleucin a u luštěnin to jsou sirté aminokyseliny. Analyzované výsledky toto zjištění tedy částečně potvrzují a shodují se uvedenou literaturou [37].

Nutriční kvalita bílkovin amarantu je rovněž velmi vysoká ve srovnání s ostatními cereáliemi a pseudocereáliemi. Amarant má vysoký obsah lysinu a argininu. Obsah lysinu v amarantu je dvakrát vyšší než v pšenici a třikrát vyšší jak v kukuřici. Analyzované výsledky tedy korespondují s odbornou literaturou [75,90].

Mezi významné plodiny patří rýže a kukuřice, u nichž je světová produkce na prvních dvou místech. Literatura uvádí, že rýže má nejnižší obsah aminokyselin ze všech cereálií [76]. V našem případě patřilo zastoupení celkového obsahu aminokyselin u rýžové mouky $47,36 \text{ g.kg}^{-1}$ k jednomu z nejnižších.

Z analýz provedených v mé práci je zřejmé, že obsah esenciálních aminokyselin ze zkoumaných vzorků je nejvyšší u cizrnové mouky $60,07 \text{ g.kg}^{-1}$, následované amarantovou moukou $40,28 \text{ g.kg}^{-1}$. Teprve potom je v pořadí mouka pšeničná s $28,63 \text{ g.kg}^{-1}$. Cizrnová i amarantová mouka má obsah esenciálních aminokyselin vyváženější, než je tomu u mouky pšeničné. Z ostatních lze ještě zmínit mouku merlíkovou a pohankovou, které mají vyšší obsah lyzinu $3,65 \text{ g.kg}^{-1}$ a $3,63 \text{ g.kg}^{-1}$ v porovnání s pšeničnou moukou $2,14 \text{ g.kg}^{-1}$, ovšem v obsahu ostatních esenciálních aminokyselin jsou výrazně slabší. Naopak jáhlová mouka má nedostatek aminokyselin a v porovnání s moukou pšeničnou má 2,5krát nižší obsah esenciálních aminokyselin.

ZÁVĚR

Pseudocereálie jsou plodiny, které na rozdíl od obilovin, patří mezi dvouděložné rostliny. Mají vyšší nutriční hodnotu než obiloviny, protože obsahují více vlákniny a železa. Na druhou stranu neobsahují lepkové bílkoviny, díky čemuž mají neocenitelné uplatnění při výrobě bezlepkových potravin.

Cílem uvedené diplomové práce bylo stanovit obsah aminokyselin v jednotlivých druzích bezlepkových mouk, které byly srovnány s obsahem aminokyselin v mouce pšeničné a žitné. K analýze byly použity vzorky amarantové mouky, cizrnové mouky, jáhlová mouky, kukuřičné mouky, merlíkové mouky, pohankové mouky, rýžové mouky, pšeničné mouky a žitné mouky. Stanovení obsahu jednotlivých aminokyselin bylo provedeno po kyselé a oxidativně kyselé hydrolýze pomocí iontově výměnné kapalinové chromatografie se sodno-citrátovými pufrů na automatickém analyzátoru aminokyselin s postkolonovou ninhydrinovou derivatizací a spektrofotometrickou detekcí.

Z výsledků měření bylo zjištěno, že zcela dominantní aminokyselinou ve zkoumaných moukách byla kyselina glutamová. Nejvyšší obsah kyseliny glutamové byl zjištěn u cizrnové mouky ($42,82 \text{ g.kg}^{-1}$). Naopak nejnižší obsah kyseliny glutamové byl zjištěn u mouky jáhlové ($7,08 \text{ g.kg}^{-1}$). Hodnota celkového obsahu aminokyselin u cizrnové mouky ($218,09 \text{ g.kg}^{-1}$) byla zastoupena v nejvyšším množství, naopak nejnižší hodnotu vykazovala opět jáhlová mouka ($33,50 \text{ g.kg}^{-1}$). Nejvyšší množství esenciálních aminokyselin obsahoval také vzorek cizrnové mouky ($60,07 \text{ g.kg}^{-1}$) a naopak nejnižší vzorek mouky jáhlové ($11,51 \text{ g.kg}^{-1}$).

Z technologického hlediska výroby pečiva jsou nejdůležitějšími aminokyselinami cystein a prolin, jejichž množství a poměr určují kvalitu pšeničného lepku a následně finálního pečiva. Vysoký obsah těchto dvou aminokyselin byl zjištěn u mouky cizrnové, pohankové, amarantové a kukuřičné. Existuje tedy předpoklad, že tyto mouky by mohly být samostatně využity pro pekařské účely, i když finální výrobky těžko dosáhnou kvalitativních znaků pšeničného pečiva. U bezlepkových mouk se proto doporučuje pro zlepšení kvality pečiva přidávek hydrokoloidů, pektinu, guaru a dalších látek.

Z výsledku stanovení celkového obsahu aminokyselin vyplývá, že analyzované bezlepkové mouky jsou po výživové stránce velmi hodnotné. Pro konzumaci lze tedy doporučit především výrobky z cizrny beraní a amarantu. Ke zvýšení nutriční hodnoty bezlepkového pečiva

va se doporučuje přidavek mouky z luštěnin (hrách, fazole, čočka, cizrna). V našem případě se jedná o cizrnovou mouku, která vykazovala nejvyšší celkový obsah aminokyselin i nejvyšší množství esenciálních aminokyselin.

Pro výživu v případě extrémních nebo nestandardních způsobů stravování (vegani, vegetariáni, sportovci, děti, osoby trpící celiakie) lze z hlediska obsahu esenciálních aminokyselin doporučit cizrnovou a amarantovou mouku, zatímco jáhly mohou sloužit pouze jako občasné zpestření.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] *Pseudocereálie* [online]. [cit. 2013-05-13]. Dostupné z WWW: <<http://www.vyzivaspol.cz/encyklopedie-vyzivy-p-hesla/pseudocerealie.html>>.
- [2] *Pseudocereálie z Jižní Ameriky* [online]. [cit. 2013-05-13]. Dostupné z WWW: <<http://www.agronavigator.cz/default.asp?ch=1&typ=1&val=33468&ids=414>>.
- [3] *Obilniny – Cereálie a Pseudocereálie* [online]. [cit. 2013-05-13]. Dostupné z WWW: <http://www.vscht.cz/ktk/www_324/studium/PPS/obilniny.pdf>.
- [4] FRANCIS, F.J. *Encyclopedia of Food Science and Technology*. New York, 2000, 700 s. ISBN 978-0-471-19285-5.
- [5] MOUDRÝ, J. *Alternativní plodiny*. Praha 2011. s. 36-48. ISBN 978-80-86726-40-3.
- [6] *Pohanka setá (Fagopyrum esculentum Moench.)* [online]. [cit. 2013-06-06]. Dostupný z WWW: <http://www.zf.jcu.cz/~moudry/databaze/Pohanka_seta.htm>.
- [7] ZELLER, F. J. Buchwiezer (*Fagopyrum esculentum Moench*): Nutzung, *Genetik, Züchtung*. Die Bodenkultur, 2001, 52 (8): 259 – 276.
- [8] MOUDRÝ, J., KALINOVÁ, J., PETR, J., MACHALOVÁ, A. *Pohanka a proso* 1.vyd. Praha: ÚZPI, 2005. 206 s. ISBN 80-7271-162-8.
- [9] POMERANZ, Y., ROBINSON, G.S. Amino acid composition of buckwheat. *Journal of Agricultural and Food chemistry* 20. 1988, s. 270 – 274. ISSN 0021-8561.
- [10] GABROVSKÁ, D., FIEDLEROVÁ, V., HOLASOVÁ, M., MAŠKOVÁ, E., OUHRABKOVÁ, J., RYSOVÁ, J., WINTEROVÁ, R., MICHALOVÁ, A. *Nutriční kvalita minoritních obilovin a pseudoobilovin*. Výzkum minoritních obilnin v ČR a jejich uplatnění v lidské výživě. VÚRV Ruzyně, Praha, 2003, s. 19 – 23. ISBN 80-902671-5-7.
- [11] JAVORNIK, B., EGGUM, B., KREFT, I. Studies on protein fraction and protein duality of buckweat. *Genetika* 13, 1981, s. 115 – 121.
- [12] KONVALINA, P., et al. *Pěstování a využití minoritních obilnin a pseudoobilnin v ekologickém zemědělství*. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, České Budějovice, 2012, s. 101 – 147. ISBN 978-80-87510-24-7.

- [13] KALINOVÁ, J. *Porovnání produkčních schopností a kvality pohanky a prosa*. Disertační práce. Zemědělská fakulta, Jihočeská zemědělská univerzita v Českých Budějovicích, České Budějovice, 2002.
- [14] RANKEN, M.D., KILL, R.C., BAKER, C. (Eds.). *Food Industries Manual*. London, 1997, ISBN 9780751404043.
- [15] JANOVSÁ, D., KALINOVÁ, J., MICHALOVÁ A. *Metodika pěstování pohanky obecné v ekologickém a konvenčním zemědělství*. Výzkumný ústav rostlinné výroby, České Budějovice, 2008, s. 2 – 3. ISBN 978-80-7427-000-0.
- [16] KREFT, I. *Origin and spread of buckwheat. Advances in Buckwheat Research (I)*. Proceedings of the VIII International Symposium on Buckwheat, Kangwon National University, Chunchon, Korea, 2001, 361 s.
- [17] LI, H., XIA, N., FÖRSTERMANN, U. Cardiovascular effects and molecular targets of resveratrol. *Nitric Oxide* 26, 2012, s. 102 – 110.
- [18] *Pohanka setá* [online]. [cit. 2013-05-29]. Dostupný z WWW: <http://www2.zf.jcu.cz/~moudry/skripta/2/pohanka_seta.html>.
- [19] PETR, J., KALINOVÁ, J., MOUDRÝ, J., MICHALOVÁ, A. *Historical and current atatus of buckwheat culture and use in the Czech Republic*. The 9th International Symposium on Buckwhaet, 2004, s. 30-33. ISBN 80-86555-46-1.
- [20] KOPÁČOVÁ, O. *Trendy ve zpracování cereálií s přihlédnutím zejména k celozrnným výrobkům*. Praha: ÚZPI, 1. vyd., 2007, 55s. ISBN 978-80-7271-184-0.
- [21] MICHALOVÁ, A., VALA, M., PEJCHA, J., ČEPKOVÁ, P. *Andské pseudocereálie - nové plodiny pro zdravou výživu v ČR*. Praha, 2003, ISBN 80-213-1040-5.
- [22] *Quinoa* [online]. [cit. 2013-06-12]. Dostupný z WWW: <<http://www.whfoods.com/genpage.php?dbid=142&tname=foodspice>>.
- [23] HRUŠKOVÁ, M., ŠVEC, I., HOFMANOVÁ, T., VÍTOVÁ, M. *Quinoa – užití celozrnné mouky do pečiva a bezlepkových těstovin*. Ročenka pekaře a cukráře Praha, 2010, 85 s. ISBN 978-80-903913-3-8.

- [24] *Merlík chilský – Quinoa* [online]. [cit. 2013-06-14]. Dostupný z WWW: <<http://www.google.cz/search?q=quinoa&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=ou66UczEGIXVOZuxgMgD&ved=0CEEQsAQ&biw=1366&bih=569>>.
- [25] JANOVSÁ, D. *Charakteristika amarantu jako kulturní rostliny*. Praha, 2011, s. 13 – 35. ISBN 978-80-87250-15-0.
- [26] PŘÍHOHA, J., SKŘIVAN, P., HRUŠKOVÁ, M. *Cereální chemie a technologie I*. Praha 2006. 13-21 s. ISBN 80-7080-530-7.
- [27] *Laskavec - amarant* [online]. [cit. 2013-10-16]. Dostupný z WWW: <<http://www2.zf.jcu.cz/~moudry/skripta/2/laskavec.html>>.
- [28] HAMPL, J.; *Cereální chemie a technologie*. Nakladatelství technické literatury ALFA Bratislava; Praha 1970. 396 s.
- [29] JANOVSÁ, D., KALINOVÁ, J., MICHALOVÁ A. *Metodika pěstování prosa setého v ekologickém a konvenčním zemědělství*. Výzkumný ústav rostlinné výroby, České Budějovice, 2008, s. 2 – 5. ISBN 978-80-87011-99-7.
- [30] KALINOVÁ, J. Proso - nadále opomíjená plodina. *Agro* 10, 2004, s. 20-21.
- [31] *Proso seté* [online]. [cit. 2013-10-10]. Dostupný z WWW: <<http://www.vfu.cz/vegetabilie/plodiny/czech/proso.htm>>.
- [32] *Zea mays – Kukuřice setá* [online]. [cit. 2013-10-14]. Dostupný z WWW: <http://web2.mendelu.cz/af_222_multitext/picniny/sklady.php?odkaz=kukurice.html>.
- [33] *Kukuřice setá* [online]. [cit. 2013-10-14]. Dostupný z WWW: <http://www2.zf.jcu.cz/~moudry/databaze/Kukurice_seta.htm>.
- [34] *Zea mays – Kukuřice setá* [online]. [cit. 2013-10-14]. Dostupný z WWW: <<http://botany.cz/cs/zea-mays/>>.
- [35] *Kukuřice setá* [online]. [cit. 2013-10-14]. Dostupný z WWW: <<http://botanika.prf.jcu.cz/materials/fotogalerienahledy.php?family=Poaceae&genus=Zea&name=Liliopsida>>.
- [36] ANONYM, 1997. Vyhláška MZE ČR č. 333/1997 Sb.; kterou se provádí § 1 písm. n), o), p), r), s) a t) zákona č. 110/1997 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích a o změ-

ně a doplnění některých souvisejících zákonů, pro mlýnské obilné výrobky, těstoviny, pekařské výrobky a cukrářské výrobky a těsta (v platném znění).

- [37] VELÍŠEK, J. *Chemie potravin*. Tábor, 2002, 314 s. ISBN 80-86659-00-3.
- [38] *Rýže setá* [online]. [cit. 2013-10-15]. Dostupný z WWW: <<http://ryze-seta.webnode.cz/album/fotogalerie/ryze2-jpg1/>>.
- [39] *Cizrna beraní* [online]. [cit. 2013-10-16]. Dostupný z WWW: <http://www2.zf.jcu.cz/~moudry/skripta/2/cizrna_berani.html>.
- [40] *Cizrna beraní* [online]. [cit. 2013-10-16]. Dostupný z WWW: <<http://cit.vfu.cz/vegetabilie/plodiny/czech/cizrna.htm>>.
- [41] HÁLKOVÁ, J., RUMÍŠKOVÁ, M., RIEGLOVÁ, J. *Analýza potravin*. Újezdec u Brna: Ivan Straka, 2001, s. 36-45. ISBN 80-86494-02-0.
- [42] BELITZ, H.-D., GROSCH, W., WERNER, SCHIEBERLE, P. *Food chemistry*. 2009, 1070 s. ISBN 978-3-540-69934-7.
- [43] HOLEČEK, M. *Regulace metabolismu cukrů, tuků, bílkovin a aminokyselin*. Praha: Grada Publishing, 2006, 288 s. ISBN 978-80-247-1562-9
- [44] PŘÍHODA, J., HUMPOLÍKOVÁ, P., NOVOTNÁ, D. *Základy pekárenské technologie*. Praha 2003, 363 s. ISBN 80 902922-1-6.
- [45] *Bílkoviny a aminokyseliny* [online]. [cit. 2013-12-15]. Dostupný z WWW: <<http://web.vscht.cz/~koplikr/Bílkoviny%20a%20aminokyseliny.pdf>>.
- [46] KUČEROVÁ, J. *Technologie cereálií*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno, 2008, 141 s. ISBN 978-80-7157-811-6.
- [47] HLAVÁČOVÁ, T. *Analýza obsahu aminokyselin ve vybraných netradičních druzích cereáliích*. Diplomová práce, UTB Zlín, 2011.
- [48] KOPLÍK, R. *Bílkoviny a aminokyseliny* [online]. [cit. 2013-14-12]. Dostupný z WWW: <<http://web.vscht.cz/koplikr/B%C3%ADlkoviny%20a%20aminokyseliny.pdf>>
- [49] HULÍN, P., DOSTÁLEK, P., HOCEL, I. Metody stanovení lepkových bílkovin v potravinách, *Chemické listy*, 2008, č. 102, s. 327-337.
- [50] PELIKÁN, M., SÁKOVÁ, L. *Jakost a zpracování rostlinných produktů*, 2001, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 235 s, ISBN 80-7040-502-3.

- [51] WRIGLEY, Colin W, CORKE, Harold a WALKER, E., Charles. *Encyclopedia of grain science*. 1st ed. Boston: Elsevier Academic Press, 2004, 3 v. ISBN 01276549333.
- [52] KUBÁŇ, V., KUBÁŇ, P. *Analýza potravin*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno, 2007, 202 s. ISBN 0-471-62782-8.
- [53] KADLEC, P. *Technologie potravin I*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, Praha, 2002. 299 s. ISBN 80-7080-509-9.
- [54] KENT, N.L. and EVERS, A.D. *Technology of cereals*. 4th ed. Oxford: Elsevier Science Ltd., 1994. 334 s. ISBN 0-08-040833-8.
- [55] PÁNEK, J., POKORNÝ, J., DOSTÁLOVÁ, J., KOHOUT, P. *Základy výživy*. Praha: Svoboda Sevis, 2002. 207 s. ISBN 80-86320-23-5.
- [56] BULKOVÁ, V., DERFLEROVÁ-BRÁZDOVÁ, Z. *Rostlinné potraviny*. Brno, 2011, 162 s. ISBN 978-80-7013-532-7.
- [57] *Stanovení aminokyselin v krmivech* [online]. [cit. 2013-14-12]. Dostupný z WWW: <<http://hplc1.sweb.cz/Amk/amk.htm>>.
- [58] WEISS, M., MANNEBERG, M., JURANVILLE, J. F., LAHM, H. W., FOUNTOULAKIS, M. Effect of the hydrolysis method on the determination of the amino acid composition of proteins. *Journal of Chromatography A*, 1998, 795, s. 263 – 275.
- [59] HÁLKOVÁ, J., RUMÍŠKOVÁ, M., RIEGLOVÁ, J. *Fyzikální chemie*. Újezdec u Brna: Ivan Straka, 2003, s. 24-26. ISBN 80-902775-0-0.
- [60] *Analyzátor aminokyselin AAA 400* [online]. [cit. 2013-12-15]. Dostupný z WWW: <<http://www.instruments.ingos.cz/pristrojdetail.php?id=analyzatoraminokyselin-aaa-400>>.
- [61] KLOUDA, P. *Moderní analytické metody*. Ostrava, 2003, 132 s. ISBN 80-86369-07-2.
- [62] *Laborota* [online]. [cit. 2013-04-12]. Dostupný z WWW: <<http://www.biotech.cz/cz/eshop/detail/18547-laborota-4000g3>>.
- [63] *Gluten: Definition from Answers* [online]. [cit. 2014-04-14]. Dostupný z WWW: <<http://www.answers.com/topic/gluten>>.

- [64] KIEFFER, R. Future of Flour Kap. 14 The Role of Gluten Elasticity in the Baking Quality of Wheat, *Muehlenchemie* 2006. [online]. [cit. 2014-04-14]. Dostupný z WWW:<http://www.muehlenchemie.de/downloads-future-of-flour/FoF_Kap_14.pdf>.
- [65] SCANLON, M.G., ZGHAL, M.C. Bread properties and crumb structure. *Food Research International*, 2001, 34: 841-864.
- [66] ELIASSON, A. *Thermal Stability of Wheat Gluten*. [online] [cit. 2014-04-11]. Dostupný z WWW:
<http://www.aaccnet.org/publications/cc/backissues/1980/Documents/Chem57_436.pdf>
- [67] ANUSOOYA S SIVAM, DONGXIAO SUN-WATERHOUSE, SIEWYOUNG QUEK, CONRAD O PERERA, Properties of bread dough with added fiber polysaccharides and phenolic antioxidants: *Journal of Food Science*, 2010, 75 (8): R163–R174.
- [68] Dendy, D. *Gluten-free flour*. [online]. [cit. 2014-04-12]. Dostupný z WWW:
<<http://r4d.dfid.gov.uk/pdf/outputs/R5128b.pdf>>
- [69] MUCHOVÁ, Z. – BOJŇANSKÁ, T. 2006. Funkčné zložky cereálií a ich transformácia v potravinách. In *Výživná a technologická kvalita rastlinných produktov a ich potravinárske využitie*. Nitra : SPU, 2006. s. 137-166. ISBN 80-8069-780-9
- [70] GAMBUŠ, H., SIKORA, M., ZIOBRO, R. The Effect of Composition of Hydrocolloids on Properties of Gluten-Free Bread. *Acta Sci. Pol, Technol. Aliment.* 2007, 6(3), s. 61-74.
- [71] GUARDA, A., et al. Different hydrocolloids as bread improvers and antistaling agents. *Food Hydrocolloids*, 2004, 18: s. 241-247.
- [72] WRIGLEY, W., CORKE, H., WALKER, E. *Encyclopedia of grain science*. 1st ed. Boston: Elsevier Academic Press, 2004, 3 v. ISBN 01276549333.
- [73] CAKMAK, R., CORKE, M., H., WALKER, E. Ch. *Impacts of agriculture on human health and nutrition*. 1st ed. Oxford: Eolss Publishers Co Ltd, 2009, 3 v. ISBN 978-184-8265-448.
- [74] VOJTÍŠKOVÁ, P., ŠVEC, P., KRÁČMAR, S. *Scontent of amino acids and minerals in selected sorts of legumes*. 2013, s. 136-140. ISSN 1337-0960.
- [75] GORINSTEIN, S. et al. Characterisation of pseudocereal and cereal proteins by protein and amino acid analyses. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2002, vol. 82, issue 8, s. 886-891.

- [76] JULIANO, B. O. 2004. *Rice. Encyclopedia of grain science*, volume set 1 – 3, 1. vyd., USA : Academic Press, 2004. s. 41-48. ISBN 0-12-765490-9.
- [77] MICHAELS, T. E. 2004. *Pulses. Encyclopedia of grain science*, volume set 1 – 3, 1. vyd., USA : Academic Press, 2004. s. 494-501. ISBN 0-12-765490-9.
- [78] PETR, J., et al. Extention of the Spectra of Plant Products for the Diet in Coeliac Disease. *Journal of Food Sciences*. 2003, 21, s. 59-70.
- [79] RUJNER, J., CICHANSKÁ, B. *Bezlepková a bezmléčná dieta*, 1.st ed.; Computer Press: Brno, 2006. ISBN 80-251-0775-2.
- [80] CICLITIRA, P., MOODIE, S. Coeliac disease. *Best Practice & Research Clinical Gastroenterology*. 2003, 17, s. 181-187.
- [81] BRIANI, Ch., SAMAROO, D., ALAEDINI, A. Celiac disease: From gluten to autoimmunity. *Autoimmunity Reviews*. 2008, vol. 7, issue 8, s. 644-650.
- [82] HAMER, R., J., SAMAROO, D., ALAEDINI, A. Coeliac Disease: Background and biochemical aspects. *Biotechnology Advances*. 2005, vol. 23, issue 6, s. 401-408.
- [83] SHEWRY, P., et al. Chemistry and Technology Chapter 6. *Structure and Functional properties of Gluten*. Eagan Press, Eagan, USA, 2009, 480 s. ISBN 978-1848265448.
- [84] SHEWRY, P. R. Improving the protein content and quality of temperate cereals: wheat, barley and rye. *Journal of Food Science*. Vol. 60, No. 6, 2009, s.1537–1553.
- [85] ANUSOOYA, S., DONGXIA, S., CONRAD, O. Properties of Bread Dough with Added Fiber Polysaccharides and Phenolic Antioxidants. *Journal of Food Science*, 2010, 75(8), s. 163-174.
- [86] HADNAĐEV, T., TORBICA, A. , HADNAĐEV, M. Rheological properties of wheat flour substitutes/alternative crops assessed by Mixolab. *Procedia Food Science*. 2011, vol. 1, s. 328-334
- [87] BUREŠOVÁ, I., BUŇKA, F., KRÁČMAR, S. *Rheological characteristics of gluten-free dough*. 2014, s. 195-197.
- [88] TÖMÖSKÖZI, S., et al. Effects of Flour and Protein Preparations from Amaranth and Quinoa Seeds on the Rheological Properties of Wheat-Flour Dough and Bread Crumb. *Czech Journal of Food Science*. Vol. 29, 2011, s. 109–116.
- [89] MLAKAR, S., et al. Rheological Properties of Dough Made from Grain Amaranth-Cereal Composite Flours Based on Wheat and Spelt. *Journal of Food Science*. Vol. 27, 2009, s. 309–319.

[90] VENSKUTONIS, P., KRAUJALIS, P. Nutritional Components of Amaranth Seeds and Vegetables. *Czech J. Food Sci.* Vol. 12, 2013, s. 381–412.

[91] Bezlepkové mouky [online]. [cit. 2014-04-10]. Dostupný z WWW:
<<http://www.bezlepkove-mouky.cz/>>.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

AMK	aminokyseliny
Da	Dalton – jednotka molekulové hmotnosti
EAA	esenciální aminokyseliny
NEAA	neesenciální aminokyseliny

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. <i>Pohanka setá</i>	15
Obr. 2. <i>Merlík chilský</i>	17
Obr. 3. <i>Laskavec – amarant</i>	18
Obr. 4. <i>Proso seté</i>	20
Obr. 5. <i>Kukuřice setá</i>	21
Obr. 6. <i>Rýže</i>	22
Obr. 7. <i>Cizrna beraní</i>	24
Obr. 8. <i>Vakuová rotační odparka LABOROTA</i>	40
Obr. 9. <i>Obsah AMK v amarantové mouce</i>	44
Obr. 10. <i>Obsah AMK v cizrnové mouce</i>	45
Obr. 11. <i>Obsah AMK v jáhlové mouce</i>	46
Obr. 12. <i>Obsah AMK v kukuřičné mouce</i>	47
Obr. 13. <i>Obsah AMK v merlíkové mouce</i>	48
Obr. 14. <i>Obsah AMK v pohankové mouce</i>	49
Obr. 15. <i>Obsah AMK v rýžové mouce</i>	50
Obr. 16. <i>Celkový obsah esenciálních aminokyselin</i>	51
Obr. 17. <i>Celkový obsah neesenciálních aminokyselin</i>	51
Obr. 18. <i>Celkový obsah aminokyselin v testovaných moukách</i>	52

SEZNAM TABULEK

Tab. 1. <i>Přehled aminokyselin a jejich používané zkratky</i>	26
Tab. 2. <i>Charakteristika vzorků</i>	38
Tab. 3. <i>Obsah AMK v testovaných moukách</i>	43

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Obsah aminokyselin ve vzorcích vyjádřený v %

Příloha P II: Obrázky bezlepkových mouk

PŘÍLOHA P I: OBSAH AMINOKYSELIN VE VZORCÍCH VYJÁDŘENÝ V %

Obsah aminokyselin v %									
Aminokyselina	Amarantová mouka	Cizrnová mouka	Jáhlová mouka	Kukuřičná mouka	Merlíková mouka	Pohanková mouka	Rýžová mouka	Pšeničná mouka	Žitná mouka
Aspartová k.	8,52 ± 0,39	11,03 ± 1,49	7,49 ± 0,04	7,50 ± 0,11	11,62 ± 0,36	9,10 ± 0,42	9,90 ± 0,24	3,64 ± 0,10	6,82 ± 0,15
Threonin	3,08 ± 0,14	2,98 ± 0,48	2,99 ± 0,04	2,92 ± 0,05	3,26 ± 0,02	3,25 ± 0,13	3,06 ± 0,05	2,38 ± 0,03	3,32 ± 0,10
Serin	3,75 ± 0,14	5,81 ± 0,37	3,88 ± 0,02	2,81 ± 0,08	5,77 ± 0,05	5,41 ± 0,25	3,08 ± 0,10	4,23 ± 0,08	4,24 ± 0,06
Glutamová k.	17,19 ± 0,71	19,63 ± 0,36	21,13 ± 0,22	19,74 ± 0,36	14,74 ± 0,17	14,98 ± 0,35	14,48 ± 0,31	37,91 ± 0,70	28,42 ± 0,35
Prolin	4,90 ± 0,50	3,30 ± 0,25	7,82 ± 0,10	10,77 ± 0,40	4,20 ± 0,15	3,86 ± 0,03	4,48 ± 0,10	11,41 ± 0,08	9,19 ± 0,24
Glycin	8,61 ± 0,32	5,27 ± 0,67	2,99 ± 0,04	3,69 ± 0,06	7,15 ± 0,03	6,15 ± 0,18	5,03 ± 0,08	3,23 ± 0,09	4,23 ± 0,05
Alanin	3,86 ± 0,17	5,36 ± 0,93	10,54 ± 0,21	7,73 ± 0,11	5,67 ± 0,04	4,46 ± 0,16	5,79 ± 0,14	2,7 ± 0,12	4,20 ± 0,06
Valin	5,02 ± 0,28	2,36 ± 0,32	6,06 ± 0,10	5,73 ± 0,10	2,26 ± 0,00	2,29 ± 0,02	7,20 ± 0,16	3,99 ± 0,05	4,97 ± 0,09
Isoleucin	3,88 ± 0,32	1,85 ± 0,23	4,60 ± 0,07	5,09 ± 0,24	1,98 ± 0,07	1,78 ± 0,04	4,96 ± 0,14	3,57 ± 0,12	3,62 ± 0,08
Leucin	9,24 ± 0,55	6,87 ± 1,15	9,76 ± 0,11	11,73 ± 0,38	6,50 ± 0,03	5,86 ± 0,10	8,32 ± 0,13	6,64 ± 0,14	6,61 ± 0,15
Tyrosin	2,94 ± 0,06	3,38 ± 0,37	2,93 ± 0,04	3,27 ± 0,09	3,36 ± 0,15	4,30 ± 0,07	3,89 ± 0,05	2,82 ± 0,02	2,82 ± 0,03
Fenylalanin	4,29 ± 0,27	6,63 ± 0,33	5,40 ± 0,09	4,67 ± 0,08	5,72 ± 0,20	5,74 ± 0,04	5,26 ± 0,12	4,77 ± 0,09	4,84 ± 0,04
Histidin	3,06 ± 0,14	4,05 ± 0,18	2,51 ± 0,05	3,81 ± 0,10	5,75 ± 0,04	4,20 ± 0,12	3,27 ± 0,11	2,26 ± 0,06	2,55 ± 0,02
Lysin	6,29 ± 0,41	5,92 ± 0,17	2,57 ± 0,04	2,50 ± 0,06	6,07 ± 0,17	6,15 ± 0,16	4,03 ± 0,10	1,87 ± 0,04	3,68 ± 0,12
Arginin	11,45 ± 0,65	12,64 ± 1,22	4,51 ± 0,04	4,36 ± 0,06	10,47 ± 0,07	11,10 ± 0,44	10,01 ± 0,14	3,59 ± 0,04	5,14 ± 0,03
Cystein	1,83 ± 0,15	1,51 ± 0,12	1,85 ± 0,03	2,29 ± 0,06	1,70 ± 0,05	6,81 ± 0,15	2,03 ± 0,06	3,16 ± 0,22	3,35 ± 0,06
Methionin	2,10 ± 0,08	1,38 ± 0,12	2,99 ± 0,09	1,44 ± 0,03	3,82 ± 0,12	4,54 ± 0,23	2,22 ± 0,01	1,82 ± 0,06	1,99 ± 0,03

PŘÍLOHA P II: OBRÁZKY BEZLEPKOVÝCH MOUK

Amarantová mouka [91]



Cizrnová mouka [91]



Jáhlová mouka



Kukuřičná mouka [91]



Merlíková mouka



Pohanková mouka [91]



Rýžová mouka

