

Stanovení obsahu aminokyselin ve vybraných druzích rýže

Bc. Viktorie Pavlátová

Diplomová práce
2011

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav biochemie a analýzy potravin

akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Viktorie PAVLÁTOVÁ**
Osobní číslo: **T09555**
Studijní program: **N 2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie, hygiena a ekonomika výroby potravin**

Téma práce: **Stanovení obsahu aminokyselin ve vybraných
druzích rýže**

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

1. Botanika, pěstování a druhy rýže.
2. Chemické složení rýže se zaměřením na aminokyseliny.

II. Praktická část

1. Základní principy metod použitých při chemických analýzách.
2. Stanovení popele a sušiny.
3. Stanovení dusíkatých látek a obsahu aminokyselin.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

- [1] DENDY, D. A. V., DOBRASZCZYK, J. B. Cereals and cereal products: chemistry and technology, Aspen: Aspen Publishers, Inc., 2001, 439 s. ISBN 0-8342-1767-8.
[2] VALÍČEK, P. Užitkové rostliny tropů a subtropů, Praha: Academia, 2002, 486 s. ISBN 80-200-0939-6.
[3] ŠAŠKOVÁ, D., ŠTOLFA, V. Trávy a obilí, Praha: Artia a.s. a Granit s.r.o., 1993, 64 s. ISBN 80-85805-03-0.
[4] OWEN, G. Cereals processing technology, Abington: Woodhead, 2001, 283 s. ISBN 1-85573-561.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Zuzana Lazárková, Ph.D.

Ústav biochemie a analýzy potravin

Datum zadání diplomové práce:

25. února 2011

Termín odevzdání diplomové práce:

20. května 2011

Ve Zlíně dne 21. března 2011



doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan



doc. Ing. Miroslav Fišera, CSc.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: PAVLÁTOVÁ VIKTORIE, Bc.

Obor: THEVP

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 obhajoby¹⁾;
- 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. 3²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60³⁾ 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 § 60³⁾ 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.

Vc Zlíně 18. 4. 2011

Pavlaťová Viktorie

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 nevyjádřeně 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 nahlázení 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, užití-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě díla vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

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

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

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

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

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá popisem rýže z hlediska botanického a chemického, pozornost byla věnována zejména aminokyselinám. Prakticky byl stanoven obsah vlhkosti vážkovou metodou, obsah popelovin spálením v muflové peci a celkový obsah dusíkatých látek pomocí Kjeldahlovy metody. Obsah aminokyselin byl po hydrolýze bílkovin stanoven iontově-výměnnou kapalinovou chromatografií. Hodnoceno bylo 7 vzorků rýže (Kulatozrná loupaná, Dlouhozrná Parboiled, Dlouhozrná loupaná, Natural, Parboiled s Indiánskou, Basmati, Sushi). Obsah vlhkosti nepřesáhl u žádného ze vzorků 15 %, čímž byly splněny požadavky vyhlášky 333/1997 Sb. Nejvíce popelovin bylo obsaženo v rýži Natural, nejméně v rýži Basmati. Nejvíce dusíkatých látek obsahuje rýže Basmati a nejméně Kulatozrná loupaná rýže. Nejhojněji zastoupenou aminokyselinou v rýži je kyselina glutamová následovaná kyselinou asparagovou, nejnižší množství bylo zaznamenáno u histidinu a treoninu. Nejvyšší celkový obsah aminokyselin vykazuje rýže Natural a Basmati. Z esenciálních aminokyselin je u všech vzorků rýže limitující lyzin. Z nutričního hlediska lze doporučit rýži Basmati, která vykazovala nejvyšší hodnotu indexu esenciálních aminokyselin.

Klíčová slova: rýže, aminokyseliny, dusíkaté látky, popel, vlhkost, lyzin, kyselina glutamová, index esenciálních aminokyselin

ABSTRACT

This thesis deals with the description of rice in term of botanical and chemical, attention was paid to the amino acids. Moisture content was determined by the gravimetric method, ash content by burning in a muffle furnace and total nitrogen content using Kjeldahl method. Amino acid content was determined after hydrolysis of proteins by ion-exchange chromatography. Seven sample of rice was rated (Kulatozrná loupaná, Dlouhozrná Parboiled, Dlouhozrná loupaná, Natural, Parboiled s Indiánskou, Basmati, Sushi). Moisture content didn't exceed 15 % in any of the samples, thereby fulfilling the requirements of Regulation No. 333/1997. The highest amount of the ash was contained in the sample Natural, the lowest in the sample Basmati. Most nitrogen compounds was included in Basmati and least in Kulatozrná loupaná. The most abundant amino acid in rice is glutamic acid followed by aspartic acid, the lowest concentration was determined for histidine and threonine. The highest total amino acid content showed Natural and Basmati. Lysine is limiting essential amino acid in all samples of rice. From the nutritional point of view Basmati rice could be recommended, because of the highest essential amino acid index.

Keywords: rice, amino acids, nitrogen compounds, ash, moisture, lysine, glutamic acid, essential amino acid index

Ráda bych poděkovala své vedoucí Ing. Zuzaně Lazárkové, Ph.D. za odborné vedení diplomové práce, cenné rady a poskytnuté informace. Tímto také děkuji doc. Ing. Františku Buňkovi, Ph.D. za umožnění analýzy aminokyselin a laborantce Bc. Zálešákové za velkou pomoc v laboratoři. Velké díky patří také rodině za podporu během celého studia.

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

OBSAH

ÚVOD	11
I TEORETICKÁ ČÁST	13
1 RÝŽE	14
1.1 BOTANICKÁ CHARAKTERISTIKA RÝŽE.....	14
1.2 DRUHY RÝŽE	16
1.2.1 Rýže horská (<i>Oryza montana</i>).....	16
1.2.2 Rýže setá (<i>Oryza sativa</i>).....	16
1.2.3 Druhy rýže dle české legislativy.....	18
1.3 PĚSTOVÁNÍ RÝŽE	19
1.3.1 Škůdci rýže	20
1.3.2 Produkce rýže	21
1.4 CHEMICKÉ SLOŽENÍ RÝŽE	22
1.4.1 Sacharidy	23
1.4.1.1 Škrob	24
1.4.1.2 Vlákna	24
1.4.2 Proteiny	25
1.4.3 Lipidy	25
1.4.4 Vitaminy.....	25
1.4.5 Minerální látky	26
2 AMINOKYSELINY	28
2.1 OBECNÁ CHARAKTERISTIKA AMINOKYSELIN	28
2.1.1 Aminokyseliny v rýži	30
2.2 MOŽNOSTI STANOVENÍ AMINOKYSELIN V RÝŽI	32
2.2.1 Hydrolýza bílkovin.....	32
2.2.2 Analýza aminokyselin	32
2.2.2.1 Vysokoučinná kapalinová chromatografie HPLC	33
2.2.2.2 Ionově-výměnná chromatografie IEC	33
2.2.2.3 Plynová chromatografie GC.....	34
2.2.2.4 Tenkovrstvá chromatografie TLC.....	34
2.2.2.5 Kapilární elektroforéza CE	34
II PRAKTICKÁ ČÁST	36
3 CÍL PRÁCE	37
4 METODIKA PRÁCE	38
4.1 POUŽITÉ CHEMIKÁLIE A POMŮCKY	38
4.1.1 Chemikálie	38
4.1.2 Přístroje a pomůcky.....	38
4.2 VZORKY RÝŽE	39
4.3 PRINCIPY POUŽITÝCH ANALÝZ.....	39
4.3.1 Stanovení vlhkosti (sušiny)	39
4.3.2 Stanovení popela	40

4.3.3	Stanovení dusíkatých látek podle Kjeldahla s úpravou podle Winklera	41
4.3.4	Stanovení obsahu aminokyselin	43
4.3.5	Statistické hodnocení obsahu aminokyselin	44
5	VÝSLEDKY A DISKUZE	45
5.1	VLHKOST, SUŠINA, POPEL A DUSÍKATÉ LÁTKY	45
5.2	STANOVENÍ OBSAHU AMINOKYSELIN	47
5.2.1	Nutriční hodnota proteinů	51
	ZÁVĚR	53
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	55
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	61
	SEZNAM OBRÁZKŮ	62
	SEZNAM TABULEK	63
	SEZNAM PŘÍLOH	64

ÚVOD

Rýže je řazena mezi obiloviny a pro více než polovinu obyvatel zeměkoule je základní potravinou. Spolu s pšenicí a kukuřicí tvoří převážnou část světové produkce obilovin. Pochází z jihovýchodní Asie, pravděpodobně se začala pěstovat na území dnešního Thajska asi 4000 let před naším letopočtem. Odtud se naučili pěstovat rýži i obyvatelé Číny a Indie [1]. Do západní Asie a Řecka přivezla rýži vojska Alexandra Velikého v době asi 300 let př. n. l. Poté se rýže pěstovala okolo celého Středozemního moře, v jižní Evropě a severní Africe. Z Evropy byla přenesena dál; z Portugalska do Brazílie a ze Španělska do Střední a Jižní Ameriky. Rýže byla přijata do mnoha zemí světa pro svoji univerzálnost a nenáročnost. V 17. století přivezli osadníci rýži do severní Ameriky. Pěstování se zde rozmohlo nejvíce na území Kalifornie. Po občanské válce se rýže pěstuje také ve státech Louisiana, Mississippi a Texas [2].

Do Čech se dostala v 16. století ze Španělska. V chladném střeoevropském podnebí nelze rýži pěstovat a dováží se do České republiky ze subtropických oblastí celého světa. Podle světového žebříčku se 90 % veškeré rýže pěstuje i spotřebuje v Asii [3].

Rýže je výživná a lehce stravitelná, vhodná pro dietní stravování. Neobsahuje lepek, je proto vhodná i pro osoby s celiakií [3]. Rýže se může pochlubit bohatým zdrojem komplexních sacharidů a téměř nulovým obsahem tuku. Obsahuje vitaminy skupiny B (B₁, B₂, B₃), vlákninu, esenciální aminokyseliny. Dále rýže obsahuje minerální látky (železo, hořčík, vápník, zinek), jejich obsah závisí na zpracování a typu konkrétní rýže. Rýže je cenným zdrojem draslíku, díky kterému rýže odvodňuje, pročišťuje ledviny, detoxikuje. Rýže je také zdrojem fosforu [4].

Na trhu lze nalézt široký sortiment výrobků z rýže – rýžovou mouku, škrob pro lékařské účely a použití v kosmetice, dále rýžové nudle, pečivo, raciolky. Z klíčků se lisuje olej k výrobě mýdla a preparátů k léčení nemoci beri-beri. Nabobtnalá zrna, nafouklá rychlým upražením, se prodávají jako oblíbené burizony. Ve východní Asii se z rýže vyrábějí různé alkoholické nápoje, např. arak (pálenka) a saké (víno), obsahující 10 % alkoholu. Využívají se i vedlejší produkty z rýže. Sláma se zkrmuje nebo se z ní pletou klobouky, košíky, rohože. V Číně se z této slámy vyrábí jemný cigaretový papír [5].

Z hlediska nutriční hodnoty jsou významné aminokyseliny limitující, které jsou zastoupeny v nejmenším množství vzhledem k denní spotřebě. V rýži je limitující lyzin. Protože organismus nedokáže esenciální aminokyseliny syntetizovat, určuje se výživová hodnota bílkovin, ke které slouží dvě kritéria, aminokyselinové skóre AAS a index esenciálních aminokyselin EAAI [6].

Teoretická část práce se zabývá rýží z hlediska botanického a chemického. Pozornost je dále věnována chemickému složení rýže a metodám stanovení aminokyselin. V praktické části diplomové práce jsou popsány metody stanovení sušiny, popela, dusíkatých látek a aminokyselin a jsou zde zhodnoceny výsledky jednotlivých stanovení ve vybraných druzích rýže.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 RÝŽE

Rýže (*Oryza*) patří do kmene *Oryzaceae*, do čeledi lipnicovitých (*Poaceae*). Původ má v tropických a subtropických oblastech Asie [7]. Jde o teplomilnou rostlinu, která má ráda vlhkost. Roste všude, kde je alespoň po 4 měsíce v roce průměrná teplota 29 °C [8]. Rýže se dnes pěstuje ve stovkách odrůd. Základní rozdělení rýže je na bílou a natural (hnědou). Z bílé rýže jsou při loupání odstraněny všechny povrchové vrstvy (plevy), které jsou přitom důležitým zdrojem vlákniny, vitamínů (především B₁, B₂, B₃) a minerálů (zejména vápníku a železa), proto je rýže natural výživově hodnotnější. Po těchto úpravách rýže obsahuje prakticky jenom škrob (79 %), nízký obsah bílkovin (6 %) a nepatrné množství tuku (0,7 %) [9].

Zvláštním typem rýže je rýže parboiled (tzn. vaporizovaná). Tento typ rýže se upravuje patentovaným technologickým postupem, kdy se neloupaná rýže namáčí ve vodě teplé 65 °C po dobu 4 – 5 hodin, pod tlakem se v kontinuálním zařízení dovnitř zrna vtlačí rozpouštěné vitamíny a minerály z povrchových vrstev, takže je z výživového hlediska hodnotnější než rýže bílá, dále se sníží obsah škrobu na povrchu, proto je vařená rýže tvrdá a nelepí se [10].

Nejušlechtlejší odrůdou je rýže Basmati, pěstovaná na úpatí Himalájí, jedinečný charakter jí dává voda plná minerálů stékající z ledovců. Pouze Indie a Pákistán jsou země produkující Basmati. Je dlouhozrná, kyprá, sypká, má světlou barvu, vynikající chuť a oříškovou příchut', která vzniká po až dvouletém uskladnění po její sklizni v suchu a temnu [11].

1.1 Botanická charakteristika rýže

Rýže (viz Obr. 1) je jednoděložná, jednoletá kulturní tráva z čeledi *Poaceae*, za příznivých podmínek může růst déle než rok. Dorůstá výšky 1 – 1,8 m, výjimečně i více [7,12]. Travnina je charakteristická dutým stonkem zvaným stéblo, skládá se z dlouhých oblých článků přerušovaných kolénky, z kterých vyrůstají ploché dlouhé listy o délce 60 cm a šířce 1,5 cm. Listy se skládají z pochvy a čepele [13]. Stébla se nahoře rozvětvují v květenství (latu) o celkové délce 30 – 50 cm, tvořené soustavou drobných, jednokvětých klásků v počtu 40 až 160. Klásky většinou skládají další složená květenství např. klasy, hrozny nebo laty (typické pro rýži). Lata obsahuje přes 200 obilek. Obilky jsou trvale obaleny ko-

žovitými osinatými či bezosinatými pluchami [1,8]. Tato rostlina je samosprašná, opylení zajišťuje vítr. Zrna (obilky) jsou 5 – 12 mm dlouhá a mají 2 – 3 mm v průměru. Barva je různá od smetanově bílé přes červenou až černou dle odrůdy. Kořenový systém je svazčitý, zasahuje do hloubky 40 cm [1].

Vědecká klasifikace:

Říše:	rostliny (<i>Plantae</i>)
Podříše:	cévnaté rostliny (<i>Tracheobionta</i>)
Oddělení:	krytosemenné (<i>Magnoliophyta</i>)
Třída:	jednoděložné (<i>Liliopsida</i>)
Řád:	lipnicotvaré (<i>Poales</i>)
Čeleď:	lipnicovité (<i>Poaceae</i>)
Rod:	rýže (<i>Oryza</i>) [8]



Obr. 1 Rýže (*Oryza*) [14]

Divoká rýže (*Zizania aquatica*) viz Obr. 2, je z botanického hlediska odlišná od pravé rýže, ačkoli obě patří do stejného kmene *Oryzaceae*. Jsou to plody vodní trávy, ve vzhledu je velice málo podobná pravé rýži, zrna jsou dlouhá hnědá, mají oříškovou chuť. Je to jednoletá rostlina, má 4 až 6 listů, které jsou 1 – 4 cm široké a až 65 cm dlouhé. Roste na bahnitých plochách přes více než polovinu východní USA. Největší producent divoké rýže je Minnesota a Kalifornie. Dnes se pěstuje jako krmná plodina [15].



Obr. 2 *Zizania aquatica* [16]

1.2 Druhy rýže

Rýže zahrnuje asi 28 vlhkomilných druhů, popisy, fotografie a mapy těchto a dalších odrůd vede v dokumentaci Mezinárodní institut pro výzkum rýže (IRRI) [17]. Pouze dva z těchto druhů jsou považovány za kulturní druhy, a to rýže setá (*Oryza sativa*) a rýže horská (*Oryza montana*) [1]. Rýže setá vznikla pravděpodobně šlechtěním planě rostoucího druhu (*Oryza rufipogon*) [18].

1.2.1 Rýže horská (*Oryza montana*)

Rýže horská je pěstovaná v kopcích a na horách ve východní Himálaji až do výše 2700 m. V těchto terénech se zřizují pole terasovitě nad sebou, nezavlažují se, což vyžaduje méně manuální práce, ale výnosy jsou nižší a obilky chutnější. Má delší vegetační dobu. Kromě Himálají se pěstuje zejména v Thajsku, Indii nebo v Číně (Obr. 3) [1,2].



Obr. 3 Rýžová pole v Číně [19]

1.2.2 Rýže setá (*Oryza sativa*)

Rýže setá, neboli rýže nížinná či bažinná, je pěstovaná v zavodňovaných rovinách (Obr. 4), poskytuje větší výnosy, ale vyžaduje více manuální práce a dlouhé zavodňování [5].



Obr. 4 Pěstování rýže ve Vietnamu [20]

Rýže setá se dnes pěstuje ve velkém množství kultivarů, které jsou řazeny podle původu do poddruhů:

- Rýže setá japonská (*Oryza sativa subs. japonica*)

Rozšířena především v Japonsku, Číně, Koreji, Jižní Evropě, Jižní Americe a v USA (Kalifornie). Obilky jsou široké, delší než 4 mm. Moderní, vysoce produktivní kultivary tohoto druhu v některých oblastech nahrazují rýži indickou [1].

- Rýže setá javanská (*Oryza sativa subs. javanica*)

Rozšířena hlavně v Indonésii, kde je známa jako tzv. bulu rýže. Obilky jsou oválné, asi 4 mm dlouhé [1].

- Rýže setá indická (*Oryza sativa subs. indica*)

Pěstuje se především v Indii, Číně, na Filipínách, v Severní Americe, Itálii, Španělsku a v Severní Africe. Obilky jsou úzké, delší než 4 mm [1,21].

Dále se rýže dělí podle kvality obilek na rýži moučnatou a sklovitou:

- Rýže setá moučnatá (*Oryza sativa var. glutinosa*)

Kromě škrobu obsahuje i dextrin, při vaření mazovatí. K nám se nedováží a používá se zejména k výrobě alkoholu [22].

- Rýže sklovitá (*Oryza sativa var. utilissima*)

Obilky jsou sklovité, lesklé, dlouhé 5 – 7 mm. Je vhodná k vaření a u nás se běžně konzumuje [5].

1.2.3 Druhy rýže dle české legislativy

Rýží se podle naší legislativy (vyhláška č. 333/1997 Sb., ve znění pozdějších předpisů) rozumí zrna získaná z kulturní rostliny rýže seté (*Oryza sativa* L.) a jejích odrůd. Skupiny rýže se nesmí vzájemně mísit, ale povoluje se přítomnost až 10 % jiné skupiny rýže [23].

V Tab. 1 jsou uvedeny druhy rýže definované ve vyhlášce č. 333/1997 Sb., ve znění pozdějších předpisů a v Tab. 2 pak fyzikální a chemické požadavky na jakost rýže uvedené v téže vyhlášce.

Tab. 1 Druhy rýže dle vyhlášky č. 333/1997 Sb., ve znění pozdějších předpisů [23]

Rýže	Definice dle vyhlášky
dlouhozrná	rýže, jejíž zrno je průměrně 6 mm dlouhé a poměr jeho délky a šířky je zpravidla více než 3
střednězrná	rýže, jejíž průměrná délka zrna je mezi 5,2 až 6,0 mm a poměr délky a šířky zrna je zpravidla nižší než 3
kulatozrná	rýže, jejíž průměrná délka zrna je menší než 5,2 až 6,0 mm a poměr délky a šířky zrna méně než 2
pololoupaná (natural)	rýže zbavená vrchní slupky (pluchy)
loupaná	rýže zbavená všech částí oplodí a osemení a částečně i klíčků
neloupaná	neloupané obilky rýže s celistvou vrchní slupkou

Tab. 2 Fyzikální a chemické požadavky na jakost rýže [23]

Ukazatel	Hodnota
vlhkost	nejvýše 15 %
nečistoty organické (cizí semena, části slámy, stébla, plevy)	nejvýše 1 %
nečistoty minerální (kaménky, písek, hrudky zeminy, prach, mastek)	nejvýše 0,2 %
příměsi celkem (zlomky, vadná zrna, neloupaná zrna)	bez limitní hodnoty
zrna neloupaná	nejvýše 0,15 %
drť (propad sítem s kruhovými otvory o velikosti 1,4 mm)	nejvýše 0,1 %

1.3 Pěstování rýže

Rýže je teplomilná rostlina s vysokými nároky na vodu. Roste od nejmokřejších tropických oblastí až po mírné klima. Výška vodní hladiny při zavodňování se pohybuje v rozmezí od 3 do 18 cm. Jinak je poměrně nenáročná, roste v bažinách, ve sladké i mírně slané vodě, v jílu, bahně, písku. Vhodné teploty růstu jsou v rozmezí od 20 do 37 °C [24].

Nejvhodnější jsou pro ni půdy těžší, hlinitojílovité nebo naplavené, bohaté na živiny. Nejvhodnější půdní reakce je neutrální nebo mírně kyselá (pH 5,4 – 6,6); přítomnost aktivního vápníku v půdě rýži škodí. Rýže se pěstuje dvěma základními způsoby, rýže se může pěstovat buď na zavodňovaných polích anebo bez závlahy, jak bylo popsáno v kapitolách 1.2.1 a 1.2.2 [21].

Vybudování celého závlahového systému je pracné a nákladné, klasická zavodňovací rýžová pole, jak je dnes známe, vymysleli v Číně 300 – 200 let př. n. l. [2]. Voda při pěstování rýže je tak využívána ze 100 % a navíc působí jako pesticid, protože nedovoluje růst plevelů v těsné blízkosti rostlin rýže, a proto jsou rostliny silné a zdravé. Část stébla je během růstu trvale pod vodou. Rýže pěstovaná bez zavodňování (rýže horská) se může střídat na pozemku s jinými plodinami (batáty, jamy, luskoviny, okopaniny), kdežto rýže zavlažovaná se pěstuje jako monokultura [4].

Rýže se vysévá přímo nebo vysazováním předpěstovaných sazenic (Obr. 5). Výhodou je vyrovnanější porost a nižší zaplevelení.



Obr. 5 Sazenice rýže [20]

Ošetřování rýže během vegetace spočívá hlavně v udržování potřebné výšky vodní hladiny, přihnojování jak před výsevem (výsadbou), tak během vegetace a ničení plevelů [12].

Vegetační období rýže je 60 – 250 dní. Rýži je třeba sklízet ve žluté zralosti, tedy těsně před dozráním, jinak vznikají značné ztráty zrna [21]. Způsoby sklizně závisí na způsobu pěstování a na vodních poměrech rýžoviště [5]. Ve Vietnamu a v dalších zemích jihovýchodní Asie se využívá tradiční práce s minimem mechanizace (např. orba), využití tažné síly buvolů, ruční sklizeň rýže. V Americe, Jižní Evropě či Japonsku je práce na polích mechanizovaná. Rýže se seče, mlátí se, loupe ve zvláštních mlýnech, hladí a leští. Přitom se odstraní tzv. stříbrná blanka, což je část osemení s aleuronovou vrstvou [25].

Rýže se sklízí jednou až čtyřikrát za rok podle pěstovaných odrůd a podmínek prostředí. V tropech se sklízí dvakrát ročně, tři pěstitelské cykly mají na některých místech Vietnamu a čtyři cykly ve vybraných oblastech Číny. Hlavní sklizeň v tropech probíhá od prosince do února [26].

1.3.1 Škůdci rýže

Na listech se vyskytuje mnoho hub, které vytvářejí chorobné skvrny. Zrno ničí hlavně sněti *Tilletia oryzae* a *Septoria oryzae*. Z živočišných škůdců poškozují rýži hmyz, hlodavci, ptactvo [27]. Dovozem rýže byli do našich zemí zavlečeni i někteří škůdci, škodící nejen na rýži, ale i na ostatních obilninách a rostlinných výrobcích. Mezi nejnebezpečnější patří Pilous rýžový (*Calandra oryzae*), který je na Obr. 6 [5]. Samička Pilouse, vyvrátá do rýže prohlubeninky, do kterých snáší až 400 vajíček. Za 4 – 10 dní se vylíhne larva, která se živí zrnem [27].

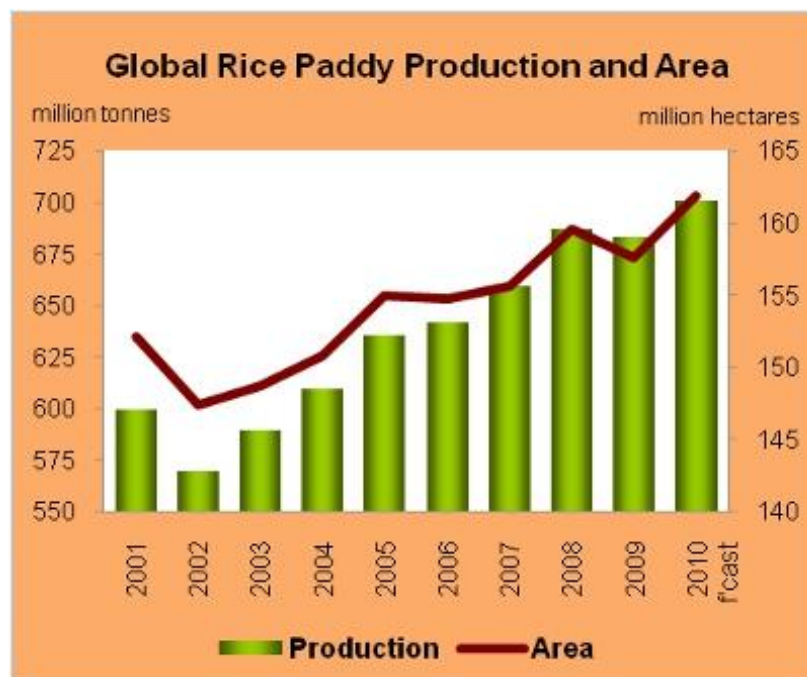


Obr. 6 Pilous rýžový [28]

Lesák skladištní (*Oryzaephilus surinamensis*) pochází z jihovýchodní Asie a proniká do potravin i přes silné obaly. Další škůdce je brouk *Trogoderma granarium*, který u nás tak rozšířený není, ale vyskytuje se v rýži dovážené z tropických a subtropických oblastí [5].

1.3.2 Produkce rýže

Rýže se pěstuje ve 112 zemích světa na všech kontinentech [25]. Podle Obr. 7 byla celková světová produkce neloupané rýže v roce 2009 dle FAO (Organizace pro výživu a zemědělství) 680 mil. tun, tedy o 1 % méně než v roce 2008, a to i přesto, že plodiny v Asii byly postižené přívalem monzunových dešťů. Rekordní produkce obilovin byla zaznamenána v roce 2008 a bylo to 2 272 mil. tun. V tomto roce byla zaznamenána produkce rýže kolem 690 mil. tun. Světová produkce rýže pro rok 2010 je ještě vyšší – 700,7 mil. tun [29].



Obr. 7 Celosvětová produkce rýže [29]

97 % rýže na světě je pěstováno v méně rozvinutých zemích, především v Asii. Čína a Indie produkují asi 55 % z celkové sklizně (IRRI, 1997) [30]. Dalšími velkými pěstiteli

jsou Indonésie, Bangladéš, Vietnam. Nejvýznamnějšími neasijskými producenty rýže jsou Brazílie a USA. Největší producenti rýže jsou uvedeni v Tab. 3 [31].

Tab. 3 Největší producenti rýže v roce 2008 [31]

Pořadí	Stát	Produkováné množství (miliony tun)
1.	Čína	193,35
2.	Indie	148,26
3.	Indonésie	60,25
4.	Bangladéš	46,91
5.	Vietnam	38,73
6.	Thajsko	31,65
7.	Barma	30,50
8.	Filipíny	16,82
9.	Brazílie	12,06
10.	Japonsko	11,02
11.	Pákistán	10,43
12.	USA	9,24

Nejbližší pole s rýží můžeme najít ve východní části Maďarska. Největším evropským pěstitelem je ale Itálie (více než 50 % produkce), dále Španělsko, Portugalsko, Řecko a také Francie a v menší míře Rumunsko a Bulharsko [26]. V 50. letech se pokoušeli rýži pěstovat také v oblasti jižního Slovenska a jižní Moravy. Problémem byly mrazíky, proto se rýže vysévala později v květnu a v dalších měsících po vzejití bylo mrazíkům předcházeno vyšším zavodněním. Pozdní setí však mohlo způsobit, že rýže nestihla dozrát. Od pěstování u nás se již upustilo [12,27].

1.4 Chemické složení rýže

Rýže je výživná a lehce stravitelná, vhodná pro dietní stravování. Je bohatým zdrojem komplexních sacharidů a téměř neobsahuje tuk. Neobsahuje lepek, je proto vhodná i pro osoby s celiakií. Obsahuje vitamíny, esenciální aminokyseliny, minerální látky [3].

Složení rýže v neloupané podobě, kterou označujeme jako paddy je následující: 13 % vody, 8 – 12 % bílkovin, 2,4 % tuku, 68 – 72 % sacharidů, 10 % vlákniny, vitaminy skupiny B (tiamin, riboflavin, niacin), vitamin E, 0,5 – 1,2 % minerálních látek (zejména fosfor, vápník, draslík, hořčík a železo). Podíl pluch z celkové hmotnosti obilok tvoří 18 – 25 %. Rýžové otruby, které udávají hnědé rýži barvu a její oříškovou příchut', jsou výborným zdrojem vitaminů, minerálních látek a vlákniny [1]. Chemické složení vybraných obilovin je uvedeno v Tab. 4.

Tab. 4 Obsah jednotlivých složek v obilovinách v % [32]

Obiloviny	Bílkoviny	Sacharidy	Tuky	Minerálie	Vláknina
Rýže Paddy	6,9	68,4	1,6	4,0	8,9
Pšenice	13,2	65,0	2,4	1,7	2,5
Žito	9,0	70,7	1,7	1,7	1,9
Ječmen s pluchami	9,5	67,0	2,1	2,5	4,0
Oves s pluchami	10,3	56,4	4,8	3,2	10,3
Kukuřice	11,0	67,2	4,4	1,5	2,2

1.4.1 Sacharidy

Sacharidy jsou nejrozšířenějšími organickými sloučeninami v přírodě. Z chemického hlediska se jedná o polyhydroxyaldehydy a polyhydroxyketony a podle počtu cukerných jednotek vázaných v molekule jsou děleny na monosacharidy (např. glukóza, fruktóza), oligosacharidy (2 – 10 jednotek, např. sacharóza, maltóza) a polysacharidy (100 – 1000 jednotek monosacharidů, např. škrob, celulóza, pektin) [22]. Sacharidy představují zejména zdroj energie, spolu s bílkoviny a lipidy se řadí k základním živinám [33]. Z 1 g cukru získá organismus 17 kJ energie, tj. 4 kcal [34].

Sacharidy rýže tvoří především zásobní polysacharid škrob a stavební polysacharidy, jejichž hlavními představiteli jsou celulóza, hemicelulóza, které jsou ve vodě nerozpustné. Dále je přítomna skupina rozpustných nebo ve vodě bobtnajících pentózanů. Rýže má vysokou nutriční hodnotu. Obsahuje komplexní sacharidy (škrob a vlákninu). Kom-

plexní sacharidy se tráví pomalu a to dovoluje tělu využít uvolněnou energii po mnohem delší dobu, což je výživově účinné. Monosacharidy se vyskytují jen nepatrně, jsou obsaženy především v klíčku, v bílé rýži 0,3 až 0,5 % a v hnědé rýži 0,6 až 1,4 % [35].

1.4.1.1 Škrob

Obsah škrobu zahrnuje asi 60 – 75 % sušiny obiliek, základními komponentami jsou amyulóza a amylopektin. Obě frakce jsou tvořeny jednotkami glukózy. Frakce se liší svými vlastnostmi, amyulóza je ve vodě rozpustná, amylopektin pouze bobtná. U většiny obilovin převažuje amylopektin, uvádí se poměr 25 % amyulózy a 75 % amylopektinu [36]. Lepkává rýže je výjimkou, jelikož neobsahuje žádnou nebo jen málo amyulózy. Amyulóza je obvykle obsažena v množství 12 – 35 % z celkového škrobu, indická rýže má více amyulózy než japonská [35].

Celkově škrob vytváří s vodou za tepla gelovitý maz, který je hlavním nositelem vláčnosti výrobků, rýžový škrob mazovatí nejobtížněji při teplotách kolem 95 °C. Schopnost bobtnat a tvořit viskózní roztoky mají v obilovinách i pentózy, což jsou polymery pentóz (zejména arabinózy a xylózy) a dalších sloučenin [36]. Obsah pentózů v mleté rýži je udáván asi od 1 do 2 %. Pentózy v hnědé rýži jsou v obsahu 2 až 2,5 %. Bohatě na pentózy jsou zejména žitné mouky, které jich obsahují 4 – 7 % [35].

1.4.1.2 Vlákna

Vlákna představuje organismem nevyužitelné sacharidy, tzn. balastní látky, prochází traktem nerozložena a neabsorbována. Z chemického hlediska tvoří vlákninu celulóza, pentózy, β -glukany, ligniny, vosky, chitiny, pektiny a oligosacharidy [37]. Vláknu dělíme na rozpustnou (pektiny) a nerozpustnou (celulóza, hemicelulóza), která je především v obilovinách. Vlákna umožňují rychlejší průchod tráveniny, takže se nestačí všechny živiny vstřebat a výsledkem je nižší využitelnost energie ze stravy [38]. Velké množství vlákniny je v neloupané rýži (1 %), díky ní se snižuje hladina cholesterolu a triacylglycerolů [34]. Nízký obsah vlákniny má bílá rýže (0,3 %), ve srovnání např. s pšenicí (2 %) či s čirokem (2,7 %) [24].

1.4.2 Proteiny

Bílkoviny jsou vysokomolekulární látky složené z aminokyselin spojených peptidovou vazbou (-CO-NH-), vyskytují se však i vazby disulfidové, esterové, amidové. Ve své molekule obsahují stovky až tisíce jednotek aminokyselin [39]. Biologická hodnota je posuzována podle obsahu esenciálních aminokyselin. Za plnohodnotné se považují bílkoviny vaječné a mléčné, téměř plnohodnotné jsou živočišné svalové proteiny a neplnohodnotné jsou veškeré rostlinné proteiny a proteiny živočišných pojivových tkání [40].

Obsah bílkovin v rýži je nižší než u ostatních obilovin, ale jsou považovány za jedny z nejkvalitnějších ve srovnání s jinými druhy obilí. Rýže neobsahuje lepek, proto se využívá při bezlepkové dietě. Nejvíce vyskytovaný protein v rýži je glutelin (80 %), v rýži nazývaný oryzenin, další pak ve vodě rozpustný albumin (5 %), v soli rozpustný globulin (10 %), a v alkoholu rozpustný prolamin (5 %). V bílé rýži představují bílkoviny 5,3 – 13,4 % a v hnědé rýži 6,7 – 13,5 %. Otruby obsahují 10 – 13,4 % bílkovin. Obsah proteinů je samozřejmě výrazně ovlivněn odrůdou, prostředím, obdobím sklizně [35,41].

1.4.3 Lipidy

Lipidy jsou nízkomolekulární látky rozpustné v organických rozpouštědlech (chloroform, eter), po chemické stránce je to velmi nesourodá skupina látek, společná je pro ně převaha dlouhých nepolárních uhlovodíkových řetězců, které udávají nerozpustnost těchto látek [22]. Lipidy jsou bohatým zdrojem energie, v 1 g tuku je obsaženo 39 kJ energie, tj. 9,3 kcal. Dále plní funkci stavební (součást biomembrán), funkci ochrannou (vosky na listech, podkožní tuk – tepelná izolace.) A také mají funkci katalytickou (vitamíny A a D, hormony) [39].

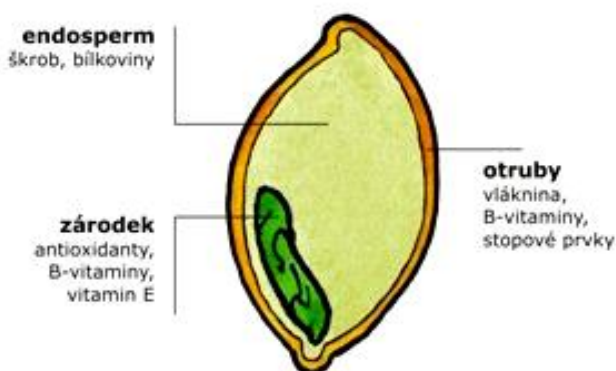
Obilná zrna jsou na lipidy poměrně chudá, jejich největší výskyt je hlavně v klíčku. Endosperm obsahuje asi 2 % lipidů, především triacylglycerolů. Tuky snadno podléhají oxidaci, což způsobuje žluknutí, které je katalyzováno lipázami, které jsou při zvýšené vlhkosti produkovány plísněmi [36].

1.4.4 Vitaminy

Vitaminy jsou definovány jako exogenní esenciální biokatalyzátory, lidské tělo je potřebuje, ale nedokáže si je vyrobit, musí být přijímány potravou. Plní funkci katalyzátorů

chemických reakcí, jsou velmi důležitou součástí některých enzymů [42]. Jejich nedostatek je označován jako hypovitaminóza, vysoký nedostatek jako avitaminóza. Dělí se na hydrofilní (vitaminy skupiny B, C) a lipofilní (A, D, E, K) [43].

Vitamíny se u obilovin vyskytují nejvíce v obalových vrstvách (otruby) a v klíčku (Obr. 8). Hlavními zástupci jsou vitaminy skupiny B (tiamin, riboflavin, kyselina nikotinová a nikotinamid). Z vitaminů rozpustných v tucích je přítomný vitamin E (tokoferol) [36].



Obr. 8 Obilné zrno [44]

1.4.5 Minerální látky

Minerální látky jsou důležité pro udržování stálého vnitřního osmotického tlaku, pro činnost enzymů, hormonů, jsou součástí oporných struktur (kostra, zuby) [40]. Podle množství, ve kterém se vyskytují, jsou děleny na makroelementy (denní potřeba nad 50 mg), mikroelementy (denní potřeba do 50 mg) a stopové prvky (denní potřeba v μg) [42]. Mezi makroelementy patří zejména stavební prvky živých organismů jako uhlík, vodík, kyslík, dusík a další prvky, které plní důležité biologické funkce (sodík, draslík, vápník, hořčík, chlor, fosfor a síra). Z mikroelementů jsou významné železo, měď, mangan, zinek, jod, fluor a některé mohou být toxické, např. rtuť, olovo, kadmium, arsen. Zástupci stopových prvků např. hliník, křemík. Minerální látky se nejčastěji vyskytují jako soli nebo jako komplexy s vitaminy, hormony a enzymy [43].

Asi 95 % minerálních látek v zrně zbaveného slupky připadá na draselné, vápenaté a hořečnaté soli fosforečnanů a sulfátů. Část fosforu je ve formě solí kyseliny fytové, které

se vážou na železo, vápník, zinek a brání tak jejich absorpci. Bohaté na kyselinu fytoovou jsou zejména otruby, a proto může hnědá rýže přispívat k nedostatku železa a vápníku. Mezi důležité mikroelementy u rýže patří železo, mangan a zinek, které představují $1,8 - 2,8 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ a měď v množství $0,4 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ [22,45].

2 AMINOKYSELINY

Aminokyseliny se vyskytují jako vázané (stavební jednotky bílkovin a peptidů) nebo volné. Některé volné aminokyseliny vykazují biologické účinky, např. funkci hormonů. Mají také velký vliv na organoleptické vlastnosti potravin, hlavně na jejich chuť. Volné aminokyseliny představují 1 % a zbytek (tedy asi 99 %) je vázaných. V přírodních materiálech se vyskytuje asi 700 různých aminokyselin, v bílkovinách je však vázaných jen 20 základních, tzn. kódovaných aminokyselin [42,46].

2.1 Obecná charakteristika aminokyselin

Aminokyseliny jsou deriváty karboxylových kyselin, v jejichž molekule je přítomna minimálně jedna aminoskupina $-NH_2$ a jedna karboxylová skupina $-COOH$ [46]. Jedná se většinou o polární sloučeniny, poměrně dobře rozpustné ve vodě a jen slabě rozpustné, v organických rozpouštědlech. Všechny aminokyseliny s výjimkou glycinu jsou opticky aktivní tzv. chirální sloučeniny s konfigurací L [39]. Významnou vlastností aminokyselin je dipolární charakter, tedy to, že se v závislosti na pH mohou chovat jako kyseliny i zásady. Jsou nazývány amfolyty (amfoterní látky) [47].

Třídění 20 kódovaných aminokyselin je podle struktury postranního řetězce a v něm přítomných funkčních skupin následující:

1. Alifatické

- monoaminomonokarboxylové kyseliny – zde se řadí nejjednodušší aminokyselina glycin, dále alanin, valin, leucin a izoleucin.
- monoaminodikarboxylové kyseliny – kyselina asparagová, kyselina glutamová a jejich monoamidy asparagin a glutamin
- diaminomonokarboxylové kyseliny – lyzin, arginin
- hydroxyderiváty aminokyselin – serin, treonin
- sírné deriváty aminokyselin – cystein, metionin

2. Aromatické – fenylalanin, tyrozin

3. Heterocyklické – tryptofan, histidin, prolin [39].

Kódované aminokyseliny lze třídit také jako:

1. Neutrální (polární postranní řetězec nemá v neutrálním prostředí elektrický náboj) – patří zde většina aminokyselin
2. Kyselé (polární postranní řetězec má v neutrálním prostředí záporný náboj) – asparagová a glutamová kyselina
3. Zásadité (polární postranní řetězec má v neutrálním prostředí kladný náboj) – lyzin, arginin, histidin, tryptofan [6].

Některé kódované aminokyseliny může člověk syntetizovat z jiných aminokyselin, z glukózy nebo z mastných kyselin aj. Určité aminokyseliny však nedokáže člověk vyrábět vůbec a musí je získávat z potravy. Tyto aminokyseliny se nazývají esenciální. Jedná se o valin, leucin, izoleucin, treonin, metionin, lyzin, fenylalanin a tryptofan. U malých dětí jsou esenciálními arginin a histidin, označují se jako semiesenciální [42,46].

Významné z hlediska výživové hodnoty jsou aminokyseliny limitující, které jsou zastoupeny v nejmenším množství vzhledem k denní potřebě. V obilovinách je limitující lyzin, v luštěninách metionin, v některých živočišných bílkovinách jsou limitující sírné aminokyseliny [6]. Protože organizmus nedokáže esenciální aminokyseliny syntetizovat, určuje se výživová hodnota bílkovin, ke které slouží dvě kritéria, aminokyselinové skóre AAS a index esenciálních aminokyselin EAAI.

Hodnota aminokyselinového skóre, dříve označované jako CS (Chemické skóre) se vypočítá pro každou esenciální aminokyselinu zvlášť. Obsahy aminokyselin ve zkoumaném vzorku se procentuálně vyjádří k obsahu téže aminokyseliny v ideálním (standardním) proteinu podle vztahu (1):

$$AAS = \frac{100 \cdot A_i}{A_{si}} \quad (1)$$

Kde: A_i ... obsah dané esenciální aminokyseliny v testovaném proteinu [$\text{g} \cdot 16 \text{ g N}^{-1}$]

A_{si} ... obsah téže aminokyseliny ve standardním proteinu [$\text{g} \cdot 16 \text{ g N}^{-1}$]

Přesnější údaje o výživové hodnotě proteinů poskytuje index esenciálních aminokyselin, který zahrnuje všechny AAS pro jednotlivé esenciální aminokyseliny a vyjadřuje jejich geometrický průměr (2).

$$EAAI = \sqrt[n]{\frac{100 \cdot A_1}{A_{s1}} \cdot \frac{100 \cdot A_2}{A_{s2}} \dots \frac{100 \cdot A_n}{A_{sn}}} \quad (2)$$

Jako referenční protein byl organizací FAO/WHO zvolen protein, který má optimální složení esenciálních aminokyselin a hodnota AAS pro každou z nich je 100 %. V praxi se používá jako referenční vaječný nebo mléčný protein. Složení tohoto proteinu je uvedeno v Tab. 5 [46,48].

Tab. 5 Obsah esenciálních aminokyselin
ve standardním proteinu v g·16 g N⁻¹ [46]

Aminokyselina	Protein FAO/WHO
Valin	5,0
Leucin	7,0
Izoleucin	4,0
Metionin + Cystein	3,5
Treonin	4,0
Lyzin	5,4
Fenylalanin + Tyrozin	6,1
Tryptofan	1,0

2.1.1 Aminokyseliny v rýži

Bílkoviny rýže obsahují všech 8 esenciálních aminokyselin. Dominantní aminokyselinou v obilovinách je kyselina glutamová, která je však výhradně přítomna ve formě glutaminu. Jeho obsah v bílkovině zrna představuje 1/3 z celkového obsahu aminokyselin. Druhou nejvíce obsaženou aminokyselinou je prolin. V rýži je nejhojněji zastoupenou aminokyselinou kyselina glutamová, stejně jako v ostatních obilovinách. Druhou aminokyselinou s nejvyšším obsahem ovšem není prolin, ale kyselina asparagová. Limitující aminokyselinou pro všechny obiloviny je lyzin, v rýži je druhou limitující treonin [22,41,46,49,50]. Proto je vhodné doplňovat cereální stravu např. mléčnou bílkovinou, či jinými živočišnými produkty bohatými na tyto zdroje. I luštěniny mohou zlepšit aminokyselinové skóre ve stravě. V Japonsku a dalších východoasijských zemích se rýže fortifikuje lyzinem a tre-

oninem, může se obohacovat také o vitamín A, D, E a vitamíny skupiny B sprejovou metodou pomocí suspenze [46,51]. Bílkoviny rýže jsou považovány za jedny z nejkvalitnějších právě díky vysokému obsahu lyzinu ($3,2 - 4,0 \text{ g} \cdot 16 \text{ g N}^{-1}$). I když je limitující aminokyselinou, jeho obsah je ve srovnání s ostatními cereáliemi mnohem vyšší [15]. Vysoký obsah lyzinu můžeme nalézt také v ovsi ($3,7 \text{ g} \cdot 16 \text{ g N}^{-1}$), ječmeni ($3,5 \text{ g} \cdot 16 \text{ g N}^{-1}$) a žitě ($3,4 \text{ g} \cdot 16 \text{ g N}^{-1}$) [45,46]. Porovnání obsahů aminokyselin v rýži a pšenici je uvedeno v Tab. 6.

Tab. 6 Srovnání obsahů aminokyselin rýže a pšenice [22,46]

Aminokyselina	Pšenice [46] [g·16 g N ⁻¹]	Rýže [46] [g·16 g N ⁻¹]	Rýže [22] [g·16 g N ⁻¹]
Esenciální			
Izoleucin	3,3	3,8	3,9
Leucin	6,7	8,2	8,0
Lyzin	2,9	3,8	3,7
Metionin	1,5	2,3	2,4
Fenylalanin	4,5	5,2	5,2
Treonin	2,9	3,9	4,1
Valin	4,4	5,5	5,7
Tryptofan	0,9	0,8	1,4
Neesenciální			
Arginin	4,6	8,3	7,7
Histidin	2,3	2,5	2,3
Asparagová kys.	4,9	10,3	10,4
Glutamová kys.	29,9	20,6	20,4
Glycin	3,9	5,0	5,0
Alanin	3,6	6,0	6,0
Cystein	2,5	1,1	1,1
Prolin	9,9	4,7	4,8
Serin	4,6	5,4	5,2
Tyrozín	3,0	3,5	3,3

2.2 Možnosti stanovení aminokyselin v rýži

K určení aminokyselinového složení je nutné nejdříve převést aminokyseliny vázané v bílkovinách do formy volných a to hlavně beze ztrát těchto aminokyselin. Prvním krokem je hydrolýza bílkovin, která je nejvíce problematickou částí celé analýzy. Další krok je metoda dělení a stanovení aminokyselin, která musí být dostatečně přesná, správná, rychlá a experimentálně nenáročná. Analýzu komplikuje také přítomnost dalších složek v potravine [52,53].

2.2.1 Hydrolýza bílkovin

Aminokyseliny se z peptidového řetězce uvolňují kyselou, alkalickou nebo enzymatickou hydrolýzou, která se však téměř nepoužívá, jelikož je příliš zdlouhavá a složitá [54].

Při kyselé hydrolýze se vzorek hydrolyzuje za varu přebytkem HCl o koncentraci $6 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$. Během hydrolýzy nedochází k racemizaci a L-konfigurace aminokyselin zůstává zachována. Nevýhodou je, že dochází ke ztrátám sirných aminokyselin (metionin, cystein) a tryptofanu. Asparagin hydrolyzuje na kyselinu asparagovou a glutamin na kyselinu glutamovou. Aminokyseliny serin a treonin jsou částečně hydrolyzovány, ztráty jsou obvykle 5 až 10 % [55]. Nestabilita sirných aminokyselin je vyřešena pomocí oxidativně-kyselé hydrolýzy, kdy je cystein oxidován na kyselinu cysteovou a metionin na metionin-sulfon, které již změnám nepodléhají. Kyselá hydrolýza může probíhat v uzavřených ampulích s vakuem, v zatavených ampulích v atmosféře dusíku nebo pod zpětným chladičem [52].

Tryptofan lze stanovit hydrolýzou alkalickou, ke které lze použít nejčastěji NaOH, KOH, LiOH nebo $\text{Ba}(\text{OH})_2$. Při alkalické hydrolýze probíhá racemizace, rozkládá se arginin, cystein a částečně lyzin [52].

2.2.2 Analýza aminokyselin

K dělení a stanovení aminokyselin se používá výhradně chromatografických a elektroforetických metod. V současnosti jsou to zejména vysokotlaká (vysokoučinná) kapalinová chromatografie (HPLC) nebo střednětlaká kapalinová chromatografie na iontoměničích (IEC) [52].

2.2.2.1 Vysokoúčinná kapalinová chromatografie HPLC

Po kyselé, alkalické nebo enzymové hydrolyze se aminokyseliny stanoví metodou kapalinové chromatografie HPLC [54]. Kolona se naplní zrnitým sorbentem, na horní vrstvu náplně se nadávkuje vzorek. Pak se přivádí kapalná mobilní fáze (eluent), která postupuje kolonou, složky se od sebe separují a v různých časech opouští kolonu. Zrníčka sorbentu kladou kapalině odpor, proto se pracuje za vysokého tlaku. Vzhledem k rozdílným chemickým vlastnostem aminokyselin se k jejich separaci používá výhradně gradientová eluce o různém složení mobilních fází. K detekci se používají fluorescenční nebo UV detektory (338 nm a 266 nm) [56].

2.2.2.2 Iontově-výměnná chromatografie IEC

Stacionární fází v této metodě je měnič iontů (ionex, iontoměnič). Podle výměnné schopnosti se dělí na anexy (měniče aniontů) a katexy (měniče kationtů). V případě analýzy aminokyselin je kolona naplněná iontoměničem s negativním nábojem (katexem). Na začátek kolony jsou při nízkém pH přivedeny aminokyseliny, které mají kladný náboj. Aby došlo k chromatografickému dělení, je potřeba kolonu promývat mobilní fází (citrátové pufrý). Pufrý umožňují zvýšení pH a iontové síly, čímž je aminokyselina převedena do izoelektrického bodu, její ionty ztrácí přitažlivost k iontoměniči a opouští kolonu. Izoelektrické body jsou dosaženy v různých časech, díky čemuž dojde k dělení aminokyselin [53,56].

Na principu střednětlaké kapalinové chromatografie s ionexovou kolonou, postkolonovou ninhydrinovou derivatizací a spektrofotometrickou detekcí pracuje Automatický analyzátor aminokyselin AAA 400. Tento přístroj je vhodný pro analýzu aminokyselin v hydrolyzátech bílkovin, peptidů, pro stanovení volných aminokyselin ve fyziologických roztocích a extraktech a pro stanovení biogenních aminů [57].

Směs neutrálních a kyselých aminokyselin se dělí na silně kyselém katexu Amberlite IR-120 (8 % roztok divinylbenzenu v sodném cyklu) elucí citrátovými pufrý o pH 3,25 a 4,25. Bazické aminokyseliny se rozdělí na sloupci téhož ionexu elucí citrátovým pufrém o pH 5,28. Sloučeniny v eluátu se detekují a stanoví po reakci s ninhydrinem [54]. Ninhydrin patří mezi silná oxidační činidla, která rozkládají aminokyseliny na oxid uhličitý, amoniak a aldehyd. Ninhydrin reaguje se vzniklým amoniakem za vzniku barevného produktu Ruhemanova purpuru. Barevné produkty reakce jsou detekovány fotometricky. Ruhemanův purpur má absorpční maximum při 570 nm. Prolin a hydroxyprolin reagují s ninhydrinem

za vzniku žlutých produktů, které bývají detekovány při 440 nm. Koncentrace aminokyselin je přímo úměrná množství těchto produktů a jejich množství je přímo úměrné odezvě detektoru [52,57].

2.2.2.3 Plynová chromatografie GC

Vzorek je dávkován do proudu nosného plynu (mobilní fáze), který jej dále unáší kolonou. Aby mohl být vzorek přenášen, musí se přeměnit na plyn. Aminokyseliny jsou silně polární látky, velmi málo těkavé a proto je nutné jejich převedení na vhodný, dostatečně těkavý derivát ve formě esterů. Vzorek musí mít dostatečný tlak syté páry, molekulovou hmotnost menší než 1000 a musí být tepelně stálý, aby se snadno přeměnil na plyn. V koloně se složky oddělují na základě rozdílné schopnosti poutat se na stacionární fázi. Čím jsou ve stacionární fázi rozpustnější, tím více jsou kolonou zadržovány.

Složky opouštějící kolonu detekuje plamenově ionizační detektor, nosným plynem je dusík. Z retenčního času píku lze určit, o jakou aminokyselinu se jedná, plocha píku se rovná koncentraci aminokyseliny [56,58].

2.2.2.4 Tenkovrstvá chromatografie TLC

Stacionární fáze, kterou je obvykle silikagel, celulóza nebo oxid hlinitý, je umístěna na pevném plochém podkladu, na podložce ze skla nebo hliníku, je součástí tenké vrstvy. Mobilní fázi tvoří kapalina, směs rozpouštědel. Tenkovrstvá chromatografie pracuje na principu adsorpce. Vzorek je nanášen kapilárou či mikropipetou na start, blíže jednomu konci plochy a ponoří se do mobilní fáze. Mobilní fáze stoupá tenkou vrstvou pomocí kapilárních sil od startu ke konci plochy a unáší sebou složky vzorku. Složky se uvolňují různě rychle, závisí to na síle jejich vazby ke stacionární fázi a na jejich rozpustnosti v mobilní fázi. Proto se vzorek rozdělí na jednotlivé zóny. Detekce se provádí roztokem ninhydrinu, aminokyseliny s ním reagují za vzniku modrých až modrofialových skvrn. Identifikace probíhá pomocí příslušných standardů [53,56,59].

2.2.2.5 Kapilární elektroforéza CE

Jde o rychlou nenáročnou separační techniku. Kapilára je naplněna elektrolytem, kterým vede proud. Dávkuje se zde malé množství vzorku. K separaci dochází na základě různé pohyblivosti složek v elektrickém poli. Každá aminokyselina vykazuje specifický

izoelektrický bod, který je dán hodnotou pH, při níž vykazuje aminokyselina nulový náboj. Jelikož je rychlost pohybu částic závislá na velikosti náboje a velikosti molekuly, různě velké a různě nabitě molekuly se pohybují odlišnou rychlostí. Kapilára prochází fotometrickým detektorem. Plocha píku udává kvalitu, plocha nebo výška kvantitu [54,56,60].

II. PRAKTICKÁ ČÁST

3 CÍL PRÁCE

Cílem diplomové práce bylo stanovit aminokyselinové složení vybraných druhů rýže (Kulatozrná loupaná, Dlouhozrná Parboiled, Dlouhozrná loupaná, Natural pololoupaná dlouhozrná, Parboiled s Indiánskou, Basmati, Sushi). Pro dosažení tohoto hlavního cíle byly stanoveny tyto dílčí cíle:

- Zpracovat literární rešerši zabývající se obecně rýží, jejím chemickým složením a dále aminokyselinami
- U vybraných druhů rýže stanovit obsah vlhkosti, popele, celkových dusíkatých látek a aminokyselin (metodou IEC)
- Statisticky zhodnotit získané výsledky a diskutovat je s dostupnou odbornou literaturou

4 METODIKA PRÁCE

4.1 Použité chemikálie a pomůcky

4.1.1 Chemikálie

- H_2SO_4 (Lach-Ner s.r.o., Neratovice)
- H_2O_2 (Lach-Ner s.r.o., Neratovice)
- směsný katalyzátor $\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{CuSO}_4$ (poměr 10:1), (Ing. Petr Lukeš)
- NaOH (Lach-Ner s.r.o., Neratovice)
- H_3BO_3 (Lach-Ner s.r.o., Neratovice)
- Tashiro indikátor (UTB Zlín, ČR)
- HCl (Ing. Petr Lukeš)
- kyselina mravenčí (Lach-Ner s.r.o., Neratovice)
- pufr sodnocitrátový pH 2,2 (Ing. Petr Lukeš)
- nynhidrinové činidlo (ZMBD Chemik)
- pufr pro stanovení aminokyselin (INGOS)
- standardy aminokyselin (INGOS)

4.1.2 Přístroje a pomůcky

- běžné laboratorní pomůcky a sklo
- analytické váhy (OHAUS)
- mineralizátor Bloc Digest 12 (J.P.Selecta)
- automatická destilační jednotka Pro-Nitro 1430 (J.P.Selecta)
- tyčový mixér MR 6560 MCA (BRAUN)
- sušárna Venticell (BMT Medical Technology s.r.o.)
- muflová pec typ 018 LP (Elektrické pece Svoboda)
- vakuová rotační odparka (INGOS)
- automatický aminokyselinový analyzátor AAA 400 (INGOS)

4.2 Vzorčky rýže

Pro všechna stanovení bylo použito 7 vzorků rýže (Tab. 7), které byly zakoupeny v obchodní síti a uchovány v suchu a temnu při podmínkách uvedených na obale, tj. při teplotě do 25 °C a vlhkosti do 70 %. Výrobky pocházely od výrobce Podravka – Lagris a.s.

Tab. 7 Vzorčky rýže, jejich komerční název, obsah proteinů deklarovaný výrobcem, původ, hmotnost a typ obalu

Označení vzorku	Vzorek	Původ	Hmotnost balení [kg]	Obal	Obsah proteinů [g·100 g ⁻¹]
1.	rýže Kulatozrná loupaná	Itálie	1	PVC	-
2.	rýže Dlouhozrná Parboiled	Itálie	1	PVC	7,0
3.	rýže Dlouhozrná loupaná	Itálie	1	PVC	-
4.	rýže Natural pololoupaná dlouhozrná	Itálie	0,5	papír	9,7
5.	rýže Parboiled s Indiánskou	Itálie, Indie	0,5	papír	8,0
6.	rýže Basmati	Indie	0,5	papír	7,0
7.	rýže Sushi	JV Asie	0,5	papír	7,17

Vzorčky k chemickým analýzám byly odebírány z původního neotevřeného balení z PVC nebo z papírového obalu. Před vlastní analýzou byla provedena úprava vzorku, tj. rozemletí zrna pomocí kuchyňského mixéru.

4.3 Principy použitých analýz

4.3.1 Stanovení vlhkosti (sušiny)

Za vlhkost jsou považovány látky, které těkají ze vzorku za podmínek metody. Pevný zbytek po odstranění vlhkosti (vody) je označován jako sušina. Ke stanovení vlhkosti

mouky je nejčastěji používána vážková metoda, kterou je stanoven obsah sušiny ve vzorku. Výsledek je vyjádřen nejčastěji v hmotnostních procentech [61].

Pracovní postup

Bylo postupováno dle ČSN EN ISO 712 [62]. Do vysušených a zvážených hliníkových misek bylo naváženo na analytických vahách s přesností na čtyři desetinná místa 5 g vzorku. Misky se vzorky byly umístěny do předehřáté elektrické sušárny na 130 ± 3 °C a vzorek byl sušen cca 60 min. do konstantního úbytku hmotnosti. Po vychladnutí v exsikátoru byly misky zváženy na analytických vahách, byl vypočten obsah vlhkosti a následoval přepočet na obsah sušiny [63]. Každý vzorek byl stanoven 3 krát.

Obsah vlhkosti v % (w/w) byl vypočítán podle vztahu (3):

$$v = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} \cdot 100 \quad (3)$$

kde: m_0 ...hmotnost vysušené prázdné misky [g]

m_1 ...hmotnost misky s navážkou vzorku před sušením [g]

m_2 ... hmotnost misky se vzorkem po vysušení [g].

Obsah sušiny s % (w/w) byl vypočítán podle vztahu (4):

$$s = 100 - v \quad (4)$$

v ...obsah vlhkosti v % (w/w)

4.3.2 Stanovení popela

Za popel jsou pokládány minerální látky z obalových vrstev obilného zrna. Popel mouky je definován jako množství nespalitelných anorganických látek, které zůstanou po spálení zkoušeného vzorku v muflové peci při teplotě 550 ± 10 °C. Množství popele je možno vypočítat po zvážení zbytku vzorku [61,63].

Pracovní postup

Do vyžíhaného a zváženého porcelánového kelímku byl navážen asi 1 g vzorku s přesností na 4 desetinná místa. Vzorek v kelímku byl spalován v peci při teplotě 550 °C po dobu 4 hodin. Po této době byl kelímek umístěn do exsikátoru a po vychlazení byl zvá-

žen. Postup byl proveden podle normy ČSN ISO 2171 [54,64]. Každý vzorek byl stanoven 3 krát.

Obsah popela v % (w/w) byl vypočítán podle vztahu (5):

$$p = \frac{m_1 - m_2}{m} \cdot 100 \quad (5)$$

kde: m_1 ...hmotnost kelímku se vzorkem po spálení [g]

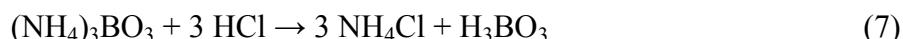
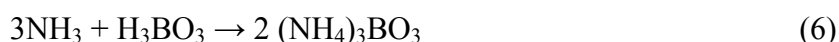
m_2 ...hmotnost prázdného kelímku [g]

m ...hmotnost navážky vzorku [g].

4.3.3 Stanovení dusíkatých látek podle Kjeldahla s úpravou podle Winklera

Před samotným stanovením obsahu dusíkatých látek je nutné provést úpravu vzorku mineralizací působením koncentrované kyseliny sírové. Rozklad probíhá za varu a je urychlen přidávkem vhodného katalyzátoru (např. oxid mědnatý, síran mědnatý, rtuť, peroxid vodíku, selen) [46,61]. Takto je dusík, který byl přítomen v bílkovinách nebo aminokyselinách převeden na síran amonný.

Amoniak uvolněný ze síranu amonného koncentrovaným roztokem hydroxidu sodného je předestilován s vodní parou v destilačním přístroji do roztoku kyseliny trihydrogenborité (6). Vzniklý boritan amonný se stanoví titračně odměrným roztokem kyseliny chlorovodíkové na indikátor Tashiro (7) [54].



Z množství spotřebované kyseliny se vypočítá obsah dusíku, a ten je přepočítán na celkový obsah dusíkatých látek (hrubých bílkovin) pomocí korekčního faktoru. Hrubé bílkoviny zahrnují i jiné dusíkaté látky nebílkovinné povahy. Hodnota korekčního faktoru vychází z faktu, že 100 g bílkoviny obsahuje asi 16 % dusíku ($100/16 = 6,25$). Vzhledem k tomu, že obsah dusíku je u potravin různý, hodnota koeficientu pro obiloviny je 5,7 [65].

Pracovní postup

První fází stanovení je mineralizace mokrou cestou. Do mineralizační zkumavky bylo na analytických vahách naváženo asi 0,1 g zhomogenizovaného vzorku s přesností na 4 desetinná místa. Ke vzorku bylo v digestoři přidáno 10 ml koncentrované H_2SO_4 , 2 – 4 kapky H_2O_2 a jedna malá lžička směsného katalyzátoru ($\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{CuSO}_4$ v poměru

10:1). Zkumavka byla vložena na topnou desku mineralizátoru Bloc Digest 12 s přídatným zařízením umožňujícím odsávání par vznikajících zplodin. Byl zapnut vyhřívací blok a pračka plynů. Teplota bloku byla nastavena na 400 °C, po jeho zahřátí probíhala mineralizace. Mineralizace byla ukončena za 1 hodinu, blok vypnut, a zkumavky ochlazeny ve stojanu se zapnutou pračkou par. Vznikl čirý roztok světle zelené barvy.



Obr. 9 Destilační jednotka
Pro-Nitro 1430 [vlastní foto]

Pro stanovení dusíku byla použita automatická destilační jednotka Pro-Nitro 1430 (Obr. 9). Do přístroje byla vložena zkumavka se zmineralizovaným vzorkem doplněným destilovanou vodou na objem 25 ml. Do zkumavky byl manuálně nadávkován přebytek 30% NaOH (asi 65 ml). Uvolněný amoniak byl v přístroji predestilován s vodní parou a destilát byl jímán do roztoku kyseliny trihydrogenborité s indikátorem Tashiro. Vzniklý boritan amonný byl automaticky titrován HCl o $c = 0,1 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$ až do změny zbarvení na fialovou. Na displeji byl po ukončení titrace odečten údaj o spotřebě HCl v ml a obsah dusíku v mg. Z množství dusíku u jednotlivých vzorků byl vypočítán obsah dusíkatých látek (hrubé bílkoviny). Každý vzorek byl analyzován 4 krát.

Obsah hrubé bílkoviny byl vypočítán pomocí vzorce (8):

$$\% \text{hrubé bílkoviny} = \frac{D}{n} \cdot 100 \cdot F \quad (8)$$

kde: D.....obsah dusíku [mg]

n.....navážka vzorku [mg]

F.....přepočítávací faktor (pro obiloviny, mouku, chléb a těstoviny hodnota 5,7)

4.3.4 Stanovení obsahu aminokyselin

Stanovení jednotlivých aminokyselin předchází kyselá hydrolyza, aby byly vázané aminokyseliny uvolněny z peptidového řetězce bílkovin. Hydrolyza se provádí za varu pomocí HCl při 115 ± 1 °C po dobu 23 hodin [66]. Během hydrolyzy dochází k rozkladu sirných aminokyselin; proto bývá vzorek před kyselou hydrolyzou oxidován ve směsi ve směsi 85 % kyseliny mravenčí a 30 % peroxidu vodíku v poměru 9:1. Oxidací se cystein převádí na kyselinu cysteovou a metionin na metioninsulfon [55,67].

Pracovní potup

Ke stanovení bylo naváženo 0,1 g rozemletého vzorku, ke kterému bylo přidáno 15 ml HCl o koncentraci $6 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$. Vzorek byl umístěn do termobloku, kde probíhala kyselá hydrolyza po dobu 23 hodin při teplotě 115 °C. Po hydrolyze byl vzorek přefiltrován přes skládaný papírový filtr a filtrát byl odpařen na vakuové rotační odparce. Odparek byl rozpuštěn v několika ml redestilované vody a byl znovu odpařen. Poté byl převeden pomocí pufru (pH 2,2) do 25 ml odměrné baňky. Každý vzorek byl hydrolyzován 3 x.

Pro oxidativně kyselou hydrolyzu byla připravena oxidativní směs složená z kyseliny mravenčí 85% (w/w) a peroxidu vodíku 30% (w/w) v poměru 9:1). K 1 g rozemletého vzorku rýže bylo přidáno 15 ml směsi, takto upravený vzorek byl ponechán 16 hodin při teplotě 6 ± 1 °C. K oxidovanému vzorku bylo poté přidáno 150 ml HCl o koncentraci $6 \text{ mol} \cdot \text{ldm}^{-3}$. Vzorek byl umístěn do olejové lázně, kde probíhala hydrolyza při 115 °C po dobu 23 hodin. Hydrolyzát byl poté přefiltrován a převeden do 250 ml odměrné baňky. Alikvotní část (25 ml) filtrátu byla odpařena a odparek byl převeden pomocí pufru do 25 ml odměrné baňky. Každý vzorek byl hydrolyzován 2 x a každý hydrolyzát pak byl 2 x odpařen.

Vlastní stanovení obsahu aminokyselin bylo provedeno pomocí iontově výměnné kapalinové chromatografie se sodnocitrátovými pufrů na automatickém analyzátoru aminokyselin AAA 400 s ninhydrinovou derivatizací a spektrofotometrickou detekcí při 440 nm (prolin) a 570 nm (ostatní aminokyseliny). Cystein byl stanoven jako kyselina cysteová a metionin jako metioninsulfon. Tryptofan analyzován nebyl, neboť k jeho stanovení je nutná alkalická hydrolýza. Výsledky byly vyjádřeny v $\text{g} \cdot 16 \text{ g N}^{-1}$ a v $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ [55]. Každý vzorek byl pomocí IEC analyzován 2 x (tj. $n=8$ pro metionin a cystein a $n=6$ pro ostatní aminokyseliny).

4.3.5 Statistické hodnocení obsahu aminokyselin

Výsledky chemických analýz a stanovení obsahu aminokyselin byly podrobeny statistickému vyhodnocení s použitím parametrického testu srovnávajícího střední hodnoty dvou nezávislých výběrů (Studentův t-test) na hladině významnosti 5 %. Ke statistické analýze byl použit program StatK25.

5 VÝSLEDKY A DISKUZE

5.1 Vlhkost, sušina, popel a dusíkaté látky

Jednotlivá stanovení byla provedena podle metodik popsanych v kapitole 4.3. Vzorky rýže byly nejprve rozemlety, následně bylo provedeno stanovení obsahu vlhkosti, popela a dusíkatých látek. Výsledky analýz jsou zaznamenány v Tab. 8. Označení jednotlivých vzorků (1 – 7) je uvedeno v Tab. 7 v kapitole 4.2.

Tab. 8 Obsah vlhkosti, sušiny, popela a dusíkatých látek v % (w/w)

	Vlhkost	Sušina	Popel	Dusíkaté látky
1.	11,55 ± 0,01 ^a	88,45 ± 0,01 ^a	0,42 ± 0,01 ^a	6,48 ± 0,26 ^a
2.	10,21 ± 0,09 ^b	89,79 ± 0,09 ^b	0,93 ± 0,07 ^b	7,12 ± 0,52 ^b
3.	11,18 ± 0,03 ^c	88,82 ± 0,03 ^c	0,52 ± 0,01 ^c	8,39 ± 0,46 ^c
4.	12,03 ± 0,11 ^d	87,97 ± 0,11 ^d	1,13 ± 0,12 ^d	7,72 ± 0,25 ^d
5.	8,37 ± 0,19 ^e	91,63 ± 0,19 ^e	0,78 ± 0,04 ^e	7,25 ± 0,40 ^b
6.	9,66 ± 0,09 ^f	90,34 ± 0,09 ^f	0,36 ± 0,03 ^f	8,49 ± 0,64 ^c
7.	9,91 ± 0,06 ^g	90,09 ± 0,06 ^g	0,49 ± 0,03 ^c	7,15 ± 0,25 ^b

Pozn.: Obsahy jsou uvedeny jako průměr ± SD. Průměrné hodnoty ve sloupcích se stejným horním indexem se statisticky neliší ($P \geq 0,05$), hodnoty s různým horním indexem se statisticky liší ($P < 0,05$).

Obsah vlhkosti (Tab. 8) byl určen vázkovou metodou, usušením vzorků v sušárně do konstantního úbytku hmotnosti. Nejvyšší průměrný obsah vlhkosti byl zjištěn u rýže Natural ($12,03 \pm 0,11$ %), vysokou vlhkost vykazovaly také rýže Kulatozrná loupaná ($11,55 \pm 0,01$ %) a Dlouhozrná loupaná ($11,18 \pm 0,03$ %). Ostatní druhy rýže měly vlhkost nižší, nejnižší vlhkost byla zjištěna u rýže Parboiled s Indiánskou ($8,37 \pm 0,19$ %). Ze statistického hlediska je vlhkost všech vzorků rozdílná ($P < 0,05$). Vlhkost se pohybovala v rozmezí 8,37 – 12,03 %, což znamená, že tyto hodnoty splňují požadavky vyhlášky č. 333/1997 Sb. na smyslovou, fyzikální a chemickou jakost mouk ze všech druhů obil-

vin, podle které jsou maximální přípustné hodnoty vlhkosti všech obilovin max. 15 % [62]. Podle zdroje [50] obsahuje sklizená paddy rýže 20 – 24 % vlhkosti, po sklizni se suší na vlhkost 12,5 – 13 %. Vlhkost rýžového zrna závisí na skladování, relativní vlhkost skladu by měla být asi 60 – 70 %, při vyšších hodnotách může docházet k nárůstu plísní. Měl by být omezen i přístup denního světla, které může způsobit žluknutí [24,50]. Proto byly vzorky uchovány v neprodyšných obalech v tmavé místnosti.

Ke stanovení obsahu popela (Tab. 8) byly vzorky rýže rozemlety a spáleny v muflové peci. Za popel jsou pokládány minerální látky z obalových vrstev obilného zrna. Průměrný obsah minerálií v obilovinách je 0,5 – 1,2 % [1]. V analyzovaných vzorcích rýže jsou minerální látky v rozsahu 0,36 – 1,13 %. Obsah nižší než 0,5 % byl stanoven u Sushi rýže ($0,49 \pm 0,03$ %), Kulatozrné loupané ($0,42 \pm 0,01$ %) a Basmati rýže ($0,36 \pm 0,03$ %). Nízké obsahy u loupáných vzorků rýže jsou způsobeny odstraněním obalové vrstvy při zpracování rýže, neboť právě otruby a plevy obsahují vysoké množství minerálií (10,6 %) [15]. Basmati rýže se prodává neloupaná (obsahuje mnoho minerálních látek) i leštěná bez vnější slupky jako v případě analyzovaného vzorku, proto má tento vzorek velmi nízký obsah minerálií. Nejvyšší obsah minerálií byl určen u rýže Natural, Parboiled a Parboiled s Indiánskou (cca 0,8 – 1,1 %). Zjištěné výsledky se shodují s tvrzením, že Natural rýže je pololoupaná, což znamená, že je zbavena jen vnější vrstvy, ale obsahuje otruby, které jsou významným zdrojem popelovin. A rýže Parboiled je vyrobena speciálním procesem uvedeným v kapitole 1, kdy jsou minerálie pod tlakem vtlačeny ze slupky do zrna a obsah popelovin je tak zvýšen. Obsah minerálních látek podle zdroje [36] je v Natural rýži 1,2 %, v mleté loupané rýži 0,5 %, v Parboiled rýži 0,7 %, což se téměř shoduje s výsledky analýzy. Pouze vzorky Dlouhozrná loupaná a Sushi rýže se od sebe statisticky neliší ($P \geq 0,05$).

Analýza obsahu dusíkatých látek (Tab. 8) byla provedena podle Kjeldahlovy metody s přepočítávacím faktorem 5,7. Literatura uvádí obsah dusíkatých látek v Natural rýži 7,1 – 8,3 %, v mleté loupané rýži 6,3 – 7,1 % [45], v Parboiled rýži 8,2 % [22]. Hodnotám z těchto zdrojů odpovídá rýže Natural ($7,72 \pm 0,25$ %), Kulatozrná loupaná ($6,48 \pm 0,26$ %), výjimkou je mírně vyšší obsah u Dlouhozrné loupané rýže ($8,39 \pm 0,46$ %). A nižší obsah rýže Parboiled ($7,12 \pm 0,52$ %) i Parboiled s Indiánskou ($7,25 \pm 0,40$ %), jejichž množství se spolu se Sushi rýží neliší ($P \geq 0,05$). Nejvyšší obsah dusíkatých látek vykazuje Basmati ($8,49 \pm 0,64$ %) a Dlouhozrná loupaná ($8,39 \pm 0,46$ %), jejich obsahy jsou statisticky nevýznamné. Naopak nejnižší množství bylo zjištěno v Kulatozrné loupá-

né rýži ($6,48 \pm 0,26$ %). Podle Houstona [35] představují bílkoviny v bílé rýži 5,3 – 13,4 % a v hnědé rýži 6,7 – 13,5 %. Výrobce Lagris, a.s. udává na obale obsah proteinů. Rýže Parboiled (7 %) a Sushi (7,17 %) korelují s těmito hodnotami. Rýže Basmati by měla podle výrobce obsahovat 7 % proteinů, ale analýza ukázala vyšší hodnoty ($8,49 \pm 0,64$ %). Nižší než uvedený obsah (9,7 %) je zřejmý u Natural rýže ($7,72 \pm 0,25$ %). U rýže Parboiled s Indiánskou výrobce uvádí 8 %, analýzou bylo zjištěno množství proteinů nižší ($7,25 \pm 0,40$ %). U vzorků loupané rýže výrobce na obalu neuvádí žádnou hodnotu bílkovin. Obsah proteinů je samozřejmě výrazně ovlivněn odrůdou, prostředím, obdobím sklizně či minerálním hnojením [35].

5.2 Stanovení obsahu aminokyselin

Obsah aminokyselin byl po hydrolyze bílkovin stanoven iontově výměnnou kapalinovou chromatografií na Automatickém analyzátoru aminokyselin podle metodiky uvedené v kapitole 4.3.4. Při hydrolyze dochází k rozkladu tryptofanu, tato esenciální aminokyselina tedy nebyla stanovena. Bylo analyzováno všech 7 druhů vzorků, které jsou uvedeny v Tab. 7. Výsledky obsahů aminokyselin v $\text{g} \cdot 16 \text{ g N}^{-1}$ jsou zaznamenány v Tab. 9 a Tab. 10. Hodnoty v $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ jsou pro srovnání uvedeny v příloze P I a P II.

Evidentně nejvyšší obsah ve vzorcích rýže zaujímá kyselina glutamová; její obsah se pohybuje v rozmezí $9,29 \pm 0,70 \text{ g} \cdot 16 \text{ g N}^{-1}$ (Dlouhozrná loupaná) – $12,75 \pm 0,18 \text{ g} \cdot 16 \text{ g N}^{-1}$ (Basmati). Množství kyseliny glutamové se výrazně nelišilo u vzorků rýže Natural, Parboiled s Indiánskou a Sushi ($P \geq 0,05$). Zjištěné výsledky korespondují s literaturou, která uvádí, že kyselina glutamová je nejhojněji zastoupenou aminokyselinou v rýži i ostatních obilovinách [22,46,49,68]. Houston [35] uvádí obsah $17,82 \text{ g} \cdot 16 \text{ g N}^{-1}$, Velíšek [46] $20,6 \text{ g} \cdot 16 \text{ g N}^{-1}$, Lásztity [68] $16,5 \text{ g} \cdot 16 \text{ g N}^{-1}$. Druhá nejvíce přítomná aminokyselina ve stanovených vzorcích je kyselina asparagová, jejíž množství bylo zjištěno v rozmezí $5,67 \pm 0,22 \text{ g} \cdot 16 \text{ g N}^{-1}$ (Dlouhozrná loupaná) – $8,03 \pm 0,12 \text{ g} \cdot 16 \text{ g N}^{-1}$ (Kulatozrná loupaná). Statisticky významné rozdíly nebyly zjištěny mezi vzorky Dlouhozrné Parboiled rýže a Natural rýže ($P \geq 0,05$) ani mezi vzorky Parboiled s Indiánskou a Basmati ($P \geq 0,05$), jakož i mezi vzorky Basmati a Sushi rýže ($P \geq 0,05$). Tyto výsledky potvrzují údaje uváděná např. Houstonem $9,08 \text{ g} \cdot 16 \text{ g N}^{-1}$ [35], Matzem $9,25 \text{ g} \cdot 16 \text{ g N}^{-1}$ [15], Velíškem $10,3 \text{ g} \cdot 16 \text{ g N}^{-1}$ [46] či Kentem $10,4 \text{ g} \cdot 16 \text{ g N}^{-1}$ [22], že druhou nejvíce se vyskytující aminokyselinou v rýži je kyselina asparagová.

Tab. 9 Obsah aminokyselin ve vzorcích rýže 1 – 3 v g·16 g N⁻¹

Aminokyselina	Obsah aminokyselin [g·16 g N ⁻¹]		
	1	2	3
Esenciální			
Izoleucin	2,38 ± 0,14 ^a	3,19 ± 0,09 ^{b,d}	2,47 ± 0,18 ^{a,b}
Leucin	6,07 ± 0,09 ^a	6,53 ± 0,39 ^b	4,32 ± 0,13 ^c
Lyzin	2,62 ± 0,05 ^a	2,78 ± 0,16 ^b	2,09 ± 0,10 ^c
Metionin	2,82 ± 0,07 ^a	2,98 ± 0,10 ^b	2,83 ± 0,11 ^a
Fenylalanin	3,97 ± 0,12 ^a	4,07 ± 0,15 ^b	3,07 ± 0,09 ^c
Treonin	2,61 ± 0,05 ^a	2,36 ± 0,12 ^{a,d}	1,78 ± 0,11 ^b
Valin	4,12 ± 0,17 ^a	5,30 ± 0,13 ^b	3,65 ± 0,05 ^c
Semiesenciální			
Arginin	7,21 ± 0,20 ^a	6,73 ± 0,46 ^b	5,03 ± 0,13 ^c
Histidin	1,92 ± 0,06 ^{a,d,e,f}	1,89 ± 0,10 ^{a,d,f}	1,38 ± 0,03 ^b
Neesenciální			
Asparagová k.	8,03 ± 0,12 ^a	7,46 ± 0,26 ^b	5,67 ± 0,22 ^c
Glutamová k.	12,45 ± 0,25 ^a	12,41 ± 0,60 ^a	9,29 ± 0,70 ^b
Glycin	3,46 ± 0,08 ^a	3,57 ± 0,15 ^{b,e}	2,74 ± 0,18 ^c
Alanin	4,13 ± 0,08 ^a	4,27 ± 0,22 ^b	3,02 ± 0,08 ^c
Cystein	2,65 ± 0,08 ^a	2,61 ± 0,08 ^a	2,29 ± 0,13 ^c
Prolin	3,09 ± 0,13 ^a	2,94 ± 0,14 ^b	2,78 ± 0,19 ^c
Serin	3,99 ± 0,07 ^a	3,20 ± 0,15 ^b	2,40 ± 0,15 ^c
Tyrozín	3,29 ± 0,14 ^a	2,73 ± 0,17 ^{b,e}	2,08 ± 0,14 ^c
Součet	74,82	75,02	56,89

Pozn.: Obsah aminokyselin je uveden jako průměr ± SD (vzorek 1 – Kulatozrná loupaná, vzorek 2 – Dlouhozrná parboiled, vzorek 3 – Dlouhozrná loupaná). Průměrné hodnoty v řádcích se stejným horním indexem se statisticky neliší ($P \geq 0,05$), hodnoty s různým horním indexem se statisticky liší ($P < 0,05$).

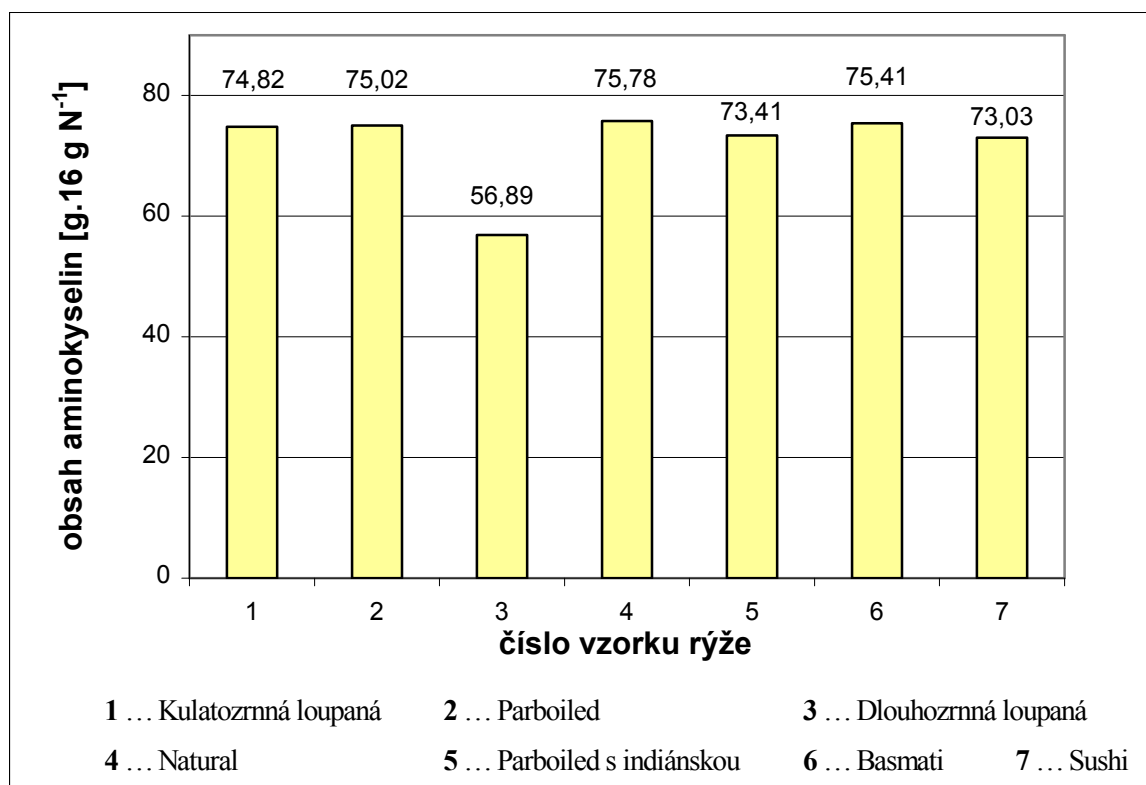
Tab. 10 Obsah aminokyselin ve vzorcích rýže 4 – 7 v g·16 g N⁻¹

Aminokyselina	Obsah aminokyselin [g·16 g N ⁻¹]			
	4	5	6	7
Esenciální				
Izoleucin	2,65 ± 0,10 ^c	3,20 ± 0,12 ^{f,d}	3,48 ± 0,18 ^e	3,09 ± 0,16 ^f
Leucin	6,24 ± 0,26 ^d	5,95 ± 0,09 ^e	6,07 ± 0,13 ^{a,d}	6,07 ± 0,51 ^{a,d,e}
Lyzin	3,17 ± 0,10 ^d	2,81 ± 0,03 ^e	2,75 ± 0,03 ^f	2,64 ± 0,10 ^{a,b}
Metionin	2,64 ± 0,07 ^c	3,51 ± 0,08 ^d	3,33 ± 0,21 ^b	3,75 ± 0,19 ^e
Fenylalanin	3,90 ± 0,13 ^a	3,72 ± 0,08 ^d	3,64 ± 0,04 ^e	3,76 ± 0,17 ^d
Treonin	2,50 ± 0,12 ^c	2,33 ± 0,04 ^d	2,45 ± 0,07 ^c	2,24 ± 0,09 ^e
Valin	4,90 ± 0,31 ^d	4,64 ± 0,02 ^e	5,04 ± 0,17 ^d	4,53 ± 0,08 ^f
Semiesenciální				
Arginin	7,40 ± 0,57 ^a	6,65 ± 0,29 ^b	6,35 ± 0,10 ^d	6,79 ± 0,08 ^b
Histidin	2,02 ± 0,16 ^c	1,93 ± 0,02 ^{d,e,f}	2,00 ± 0,13 ^{e,c}	1,88 ± 0,08 ^f
Neesenciální				
Asparagová k.	7,48 ± 0,34 ^b	7,24 ± 0,18 ^d	7,08 ± 0,22 ^{d,e}	6,89 ± 0,45 ^e
Glutamová k.	11,88 ± 0,63 ^c	11,96 ± 0,06 ^c	12,75 ± 0,18 ^d	11,98 ± 0,33 ^c
Glycin	3,91 ± 0,18 ^d	3,56 ± 0,01 ^b	3,52 ± 0,06 ^e	3,39 ± 0,12 ^a
Alanin	4,46 ± 0,31 ^d	4,16 ± 0,06 ^{a,b}	4,72 ± 0,08 ^e	4,04 ± 0,13 ^f
Cystein	2,58 ± 0,16 ^a	2,73 ± 0,07 ^b	2,96 ± 0,17 ^d	3,23 ± 0,04 ^e
Prolin	3,87 ± 0,31 ^d	3,09 ± 0,08 ^a	3,48 ± 0,09 ^e	3,24 ± 0,11 ^f
Serin	3,16 ± 0,14 ^{b,d,e}	3,15 ± 0,07 ^{b,d,e}	3,12 ± 0,02 ^{d,e}	3,07 ± 0,12 ^e
Tyrozín	3,03 ± 0,15 ^d	2,76 ± 0,06 ^b	2,66 ± 0,13 ^e	2,45 ± 0,02 ^f
Součet	75,78	73,41	75,41	73,03

Pozn.: Obsah aminokyselin je uveden jako průměr ± SD (vzorek 4 – rýže Natural, vzorek 5 – rýže Parboiled s indiánskou, vzorek 6 – rýže Basmati, vzorek 7 – rýže Sushi). Průměrné hodnoty v řádcích se stejným horním indexem se statisticky neliší ($P \geq 0,05$), hodnoty s různým horním indexem se statisticky liší ($P < 0,05$).

Největší rozdíly v obsahu aminokyselin u jednotlivých vzorků rýže byly shledány u aminokyselin valin a prolin ($P < 0,05$). K aminokyselinám, které se vyskytují v analyzovaných vzorcích rýže v nejnižším množství, patří histidin, treonin, lyzin, tyrozin a cystein. U všech analyzovaných vzorků rýže byl limitující aminokyselinou histidin, následovaný treoninem (výjimkou byl vzorek rýže Kulatozrná loupaná, u které byl treonin až třetí nejméně se vyskytující aminokyselinou, v obsahu treoninu a izoleucinu byl shledán statisticky významný rozdíl).

Obr. 10 Celkový obsah aminokyselin v rýži



Obsah histidinu se pohyboval v rozmezí $1,38 \pm 0,03$ g·16 g N⁻¹ (Dlouhozrná loupaná) – $2,02 \pm 0,16$ g·16 g N⁻¹ (Natural) a obsah treoninu pak v rozmezí $1,78 \pm 0,11$ g·16 g N⁻¹ (Dlouhozrná loupaná) – $2,61 \pm 0,06$ g·16 g N⁻¹ (Kulatozrná loupaná). Literatura uvádí, že limitující aminokyselinou v rýži je lyzin a treonin [35,41,49,50,68]. Naše výsledky tedy s dostupnou literaturou korelují z části, a to v případě treoninu. Lyzin ovšem u všech vzorků rýže patřil mezi 5 aminokyselin s nejnižším obsahem. Rozdíl v obsahu lyzinu byl statisticky nevýznamný u vzorků Sushi rýže a Kulatozrná loupaná a u rýže Sushi

a Dlouhozrné Parboiled rýže ($P \geq 0,05$), u všech ostatních vzorků se množství výrazně lišila ($P < 0,05$). Bílkoviny rýže jsou považovány za jedny z nejkvalitnějších díky vysokému obsahu lyzinu ($3,2 - 4,0 \text{ g} \cdot 16 \text{ g N}^{-1}$) oproti ostatním obilovinám [15]. V případě vzorků rýže analyzovaných v rámci této diplomové práce takto vysoké hodnoty dosahovala pouze rýže Natural ($3,17 \pm 0,10 \text{ g} \cdot 16 \text{ g N}^{-1}$).

Celkový průměrný obsah aminokyselin v analyzovaných vzorcích rýže je znázorněn na Obr. 10. Nejvíce aminokyselin obsahoval vzorek rýže Natural ($75,78 \text{ g} \cdot 16 \text{ g N}^{-1}$) a Basmati ($75,41 \text{ g} \cdot 16 \text{ g N}^{-1}$). Výsledky korespondují s údaji publikovanými v literatuře, tedy že Basmati je nejušlechtlejší odrůdou rýže a Natural rýže má odstraněnou jen vrchní slupku, a tudíž obsahuje více cenných látek [9,11]. V pořadí další nejvyšší hodnoty celkového obsahu aminokyselin dosáhla rýže Parboiled ($75,02 \text{ g} \cdot 16 \text{ g N}^{-1}$). Tato poměrně vysoká hodnota pravděpodobně souvisí se specifickým způsobem úpravy této rýže [10]. Nejmenší obsah aminokyselin vykazuje rýže Dlouhozrná loupaná ($56,89 \text{ g} \cdot 16 \text{ g N}^{-1}$).

5.2.1 Nutriční hodnota proteinů

K hodnocení nutriční hodnoty proteinů je třeba stanovit jejich aminokyselinové složení. Používají se dvě kritéria, aminokyselinové skóre AAS a index esenciálních aminokyselin EAAI. Jejich výpočtové vztahy jsou uvedeny v kapitole 2.1. Kritéria byla určena z hodnot uvedených v Tab. 9 a 10 v jednotkách $\text{g} \cdot 16 \text{ g N}^{-1}$. Vypočtené hodnoty AAS a EAAI pro jednotlivé vzorky aminokyselin jsou uvedeny v Tab. 11 a 12.

Aminokyselina s nejnižší hodnotou kritéria AAS určuje nutriční hodnotu proteinů, je označována jako limitující. V případě všech analyzovaných vzorků rýže je touto aminokyselinou lyzin. Velíšek [46] udává aminokyselinové skóre lysinu v rýži 57 %. Bievenido [45] uvádí rozsah 55 – 69 %. S výjimkou rýže Natural (58,70 %) byly hodnoty AAS lyzinu u všech analyzovaných vzorků nižší než uváděné hodnoty. Velíšek [46] udává index esenciálních aminokyselin pro rýži 76 %. EAAI byl u většiny analyzovaných vzorků vyšší o cca 10 %, nižší byl jen u Dlouhozrné loupané rýže (66,77 %). Nejvyšší EAAI byl zjištěn u rýže Basmati (88,94 %), což opět potvrzuje její vysokou kvalitu. Získané vysoké hodnoty EAAI potvrzují tvrzení, že rýže je ve srovnání s ostatními obilovinami výživově velmi hodnotná; pšenice má podle Velíška EAAI 68 %, kukuřice jen 55 % [46].

Tab. 11 Vypočítané hodnoty AAS a EAAI ve vzorcích rýže 1 – 3

Aminokyselina	AAS [%]		
	1	2	3
Valin	82,40	106,00	73,00
Leucin	86,71	93,29	61,71
Izoleucin	59,50	79,75	61,75
Metionin + Cystein	156,29	159,71	146,29
Treonin	65,25	59,00	44,50
Lyzin	48,52	51,48	38,70
Fenylalanin + Tyrozin	119,02	111,48	84,43
EAAI [%]	82,05	88,54	66,77

Pozn: vzorek 1 – Kulatozrná loupaná, vzorek 2 – Dlouhozrná parboiled, vzorek 3 – Dlouhozrná loupaná

Tab. 12 Vypočítané hodnoty AAS a EAAI ve vzorcích rýže 4 – 7

Aminokyselina	AAS [%]			
	4	5	6	7
Valin	98,00	92,80	100,8	90,60
Leucin	89,14	85,00	86,71	86,71
Izoleucin	66,25	80,00	87,00	77,25
Metionin + Cystein	149,14	178,29	179,71	199,43
Treonin	62,50	58,25	61,25	56,00
Lyzin	58,70	52,04	50,93	48,89
Fenylalanin + Tyrozin	113,61	106,23	103,28	101,80
EAAI [%]	86,41	86,50	88,94	85,62

Pozn: vzorek 4 – rýže Natural, vzorek 5 – rýže Parboiled s indiánskou, vzorek 6 – rýže Basmati, vzorek 7 – rýže Sushi

ZÁVĚR

Rýže je využívána jako dietetická potravinu, má vysokou nutriční hodnotu a je lehce stravitelná. Rýže je bohatým zdrojem škrobu a vlákniny, díky níž se snižuje hladina cholesterolu v krvi a je významná téměř nulovým obsahem tuku. Bílkoviny rýže neobsahují lepek, a proto je vhodná i pro osoby s celiakií. Významnou složkou rýže jsou esenciální aminokyseliny. Vzhledem k tomu, že organismus nedokáže esenciální aminokyseliny syntetizovat, musí je přijímat z vnějšího okolí. Při posuzování kvality bílkovin přijímaných potravou je třeba definovat nutriční hodnotu, která je dána zastoupením esenciálních aminokyselin. Významné z hlediska výživové hodnoty jsou aminokyseliny limitující, které jsou zastoupeny v nejmenším množství vzhledem k denní potřebě. V obilovinách je limitující lyzin. Dále rýže obsahuje minerální látky a vitaminy. Strava bohatá na bílou rýži je chudá na tiamin, může být příčinou vzniku onemocnění beri-beri. Naopak strava bohatá na hnědou rýži obsahuje nedostatek vápníku a železa.

Cílem diplomové práce bylo stanovit obsah aminokyselin v jednotlivých druzích rýže a také byl stanoven obsah vlhkosti, popela a dusíkatých látek. Analýzám byly podrobeny tyto druhy rýže: Kulatozrná loupaná, Dlouhozrná Parboiled, Dlouhozrná loupaná, Natural, Parboiled s Indiánskou, Basmati a Sushi, všechny od výrobce Podravka – Lagris, a.s.

Nejhojněji zastoupenou aminokyselinou v rýži je kyselina glutamová, nejvyšší obsah $12,75 \text{ g} \cdot 16 \text{ g N}^{-1}$ byl stanoven v rýži Basmati. Druhá nejvíce přítomná aminokyselina je kyselina asparagová, jejíž největší množství bylo zjištěno u rýže Kulatozrné loupané ($8,03 \text{ g} \cdot 16 \text{ g N}^{-1}$). Třetí nejvyšší obsah vykazuje aminokyselina arginin, a to $7,40 \text{ g} \cdot 16 \text{ g N}^{-1}$ v rýži Natural. K aminokyselinám, které se vyskytují v analyzovaných vzorcích rýže v nejnižším množství, patří histidin, treonin, lyzin, tyrozin a cystein. Obsah histidinu se pohyboval od $1,38 \text{ g} \cdot 16 \text{ g N}^{-1}$ v Dlouhozrné loupané rýži, obsah treoninu od $1,78 \text{ g} \cdot 16 \text{ g N}^{-1}$ také v Dlouhozrné loupané rýži. Obsah lyzinu patří u všech vzorků rýže mezi 5 aminokyselin s nejnižším obsahem. Nejvyšší celkový průměrný obsah aminokyselin vykazuje rýže Natural $75,78 \text{ g} \cdot 16 \text{ g N}^{-1}$ a Basmati $75,41 \text{ g} \cdot 16 \text{ g N}^{-1}$. V pořadí další nejvyšší hodnoty celkového obsahu aminokyselin dosáhla rýže Parboiled $75,02 \text{ g} \cdot 16 \text{ g N}^{-1}$ a nejmenší obsah aminokyselin vykazuje rýže Dlouhozrná loupaná $56,89 \text{ g} \cdot 16 \text{ g N}^{-1}$. K hodnocení nutriční hodnoty proteinů byla použita dvě kritéria, aminokyselinové skóre AAS a index esenciálních aminokyselin EAAI.

Aminokyselina s nejnižší hodnotou kritéria AAS určuje nutriční hodnotu proteinů, je označována jako limitující. V případě všech analyzovaných vzorků rýže je touto aminokyselinou lyzin. Nejnižší hodnota AAS lyzinu 38,70 % byla stanovena u rýže Dlouhozrná loupáná. Nejvyšší EAAI byl zjištěn u rýže Basmati 88,94 % a z nutričního hlediska lze tedy tuto rýži konzumentům doporučit.

Kromě obsahu aminokyselin byl u všech vzorků rýže stanoven také obsah vlhkosti, popela a celkových dusíkatých látek (hrubé bílkoviny). Nejvyšší obsah vlhkosti byl zjištěn u rýže Natural 12,03 %, nejnižší vlhkost byla stanovena u rýže Parboiled s Indiánskou 8,37 %. Všechny tyto hodnoty splňují požadavek max. obsahu vlhkosti 15 % podle vyhlášky 333/1997 Sb. Obsah minerálií (popela) se pohyboval v rozmezí 1,13 % v Natural rýži až 0,49 % u Sushi rýže. Nejvíce dusíkatých látek vykazuje rýže Basmati 8,49 %, nejméně pak Kulatozrná loupáná rýže 6,48 %.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] VALÍČEK, P. a kol. *Užitkové rostliny tropů a subtropů*. 2. vyd. Praha: Academia, 2002. 486 s. ISBN 80-200-0939-6.
- [2] ŽÁČEK, Z. *Plody dalekých krajů*. Praha: Merkur, 1981. 197 s.
- [3] ANONYM. *Brambory a rýže* [online]. [cit. 2011-02-09]. Dostupný z WWW: <<http://www.rodina-finance.cz/zdrava-vyziva.212/brambory-a-ryze-priloha-k-jidlu-a-zdrava-potravina.20366.html>>
- [4] SKÝPALOVÁ, J. *Stanovení vybraných chemických parametrů rýže v průběhu skladování a její stravitelnost*. Diplomová práce. Zlín: UTB. 2010. 78 s.
- [5] ŠAŠKOVÁ, D., ŠTOLFA, V. *Trávy a obilí*. Praha: Artia a.s. a Granit s.r.o, 1993. 64 s. ISBN 80-85805-03-0.
- [6] DAVÍDEK, J., HAJŠLOVÁ, J., POKORNÝ, J., VELÍŠEK, J. *Chemie potravin*. 2. vyd. Praha: VŠCHT, 1991. 142 s. ISBN 80-7080-097-6.
- [7] BARDENAS, E. A. *Morfology and varietal characteristics of the rice plant*. Manila: The international rice research institute, 1965. 40 s. ISBN 971-10-4008-5.
- [8] GAZDA, J., STŘIHAVKOVÁ, H., TOBĚRNÁ, V. *Základy soustavné botaniky II*. 3. vyd. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1976. 170 s.
- [9] VLACHOVÁ, L. *Pokrmy z rýže – sešit domácího hospodaření „Rýže v našem jídelníčku“*, svazek 154, Praha: vydavatelství a nakladatelství ROH, 1989. s. 32.
- [10] OLDŘICHOVÁ, T. Co je parboiled rýže. *Výživa a potraviny*. 2001, 56, 3, s. 48.
- [11] ANONYM. *Rýže Basmati* [online]. [cit. 2010-11-17]. Dostupný z WWW: <<http://www.basmati.cz/basmati/>>
- [12] DENISENKO, M., HEJNÝ, S., HNATEVIČ, B., HYLKÝ, J., KUČERA, F. *Pěstování rýže*. svazek 25, Bratislava: Štátné pôdohospodárske nakladateľstvo, 1954. 173 s.
- [13] DOSTÁL, J. *Velký klíč na určování vyšších rostlin*. Bratislava: Slovenské pedagogické nakladateľstvo, 1983. 1567 s. ISBN 80-08-00003-1.

- [14] ANONYM. *Rýže* [online]. [cit. 2010-11-02]. Dostupný z WWW: <<http://ryze.navajo.cz/>>
- [15] MATZ, S. A. *The chemistry and technology of cereals as food and feed*. 2. vyd. New York: Van Nostrand Reinhold/AVI, 1991. 755 s. ISBN 0-442-30830-2.
- [16] ANONYM. *Divoká rýže* [online]. [cit. 2010-12-01]. Dostupný z WWW: <<http://www.permacultuurnederland.org/planten.php?zoek=&laag=&functieSER=Z24=&pid=343&page=33&sort=>>>
- [17] KELLOGG, E. A. *The evolutionary history of Ehrhartoideae, Oryzaceae, and Oryza*. St. Louis: Univerzity Boulevard, 2009. 14 s. ISBN 2284-009-9022-2.
- [18] OWEN, G. *Cereals processing technology*. Cambridge: Woodhead, 2001. 283 s. ISBN 1-85573-561.
- [19] ANONYM. *Terasovitá rýžová pole* [online]. [cit. 2010-12-01]. Dostupný z WWW: <<http://www.lideazeme.cz/clanek/vzacnejsi-nez-perly>>
- [20] ANONYM. *Pěstování rýže* [online]. [cit. 2010-12-01]. Dostupný z WWW: <<http://www.klubhanoi.cz/view.php?cislocclanku=2006101601>>
- [21] VONDRÁŠKOVÁ, Š. *Jaký je způsob pěstování rýže, její původ a hlavní oblasti výskytu* [online]. [cit. 2010-11-11]. Dostupný z WWW: <http://www.agronavigator.cz/inf_pult.asp?ids=0&ch=0&zobraz=1&id_dotazu=888>
- [22] KENT, N. L. *Technology of cereals: an introduction for student of food science and agriculture*. 4. vyd. New York: Pergamon, 1994. 334 s. ISBN 159-124-1081.
- [23] *Vyhláška č. 333/1997 Sb. O potravinách a tabákových výrobcích a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů pro mlýnské obilné výrobky, těstoviny, pekařské výrobky a cukrářské výrobky a těsta, ve znění pozdějších předpisů* [online]. [cit. 2010-12-03]. Dostupné z WWW: <<http://www.szpi.gov.cz/docDetail.aspx?docid=1007478&docType=ART&nid=11816>>
- [24] DENDY, D. A. V., DOBRASZCZYK, J. B. *Cereals and cereal products: chemistry and technology*. Aspen: Aspen Publishers Inc., 2001. 439 s. ISBN 0-8342-1767-8.

- [25] PAVLIŠ, J. KOBLÍŽEK, J., JELÍNEK, P. *Užitkové rostliny tropů a subtropů*. Brno: MZLU, 2002. 122 s. ISBN 80-7157-627-1.
- [26] HEZKÝ, P. *Nová rýže dělá výnos jako kukuřice*. [online]. [cit. 2010-11-24]. Dostupný z WWW: <http://www.agroweb.cz/Nova-ryze-dela-vynos-jako-kukurice__s44x27614.html>
- [27] KALUS, J. A KOL. *Agrotechnika hlavních zemědělských plodin „Obilniny“*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1953. 392 s.
- [28] ANONYM. *Pilous rýžový* [online]. [cit. 2010-12-01]. Dostupný z WWW: <<http://www.biolib.cz/cz/taxonimage/id32232/>>
- [29] ANONYM. *Rice Market Monitor* [online]. [cit. 2011-03-04]. Dostupné z WWW: <<http://www.fao.org/economic/est/publications/rice-publications/rice-market-monitor-rmm/en/>>
- [30] LANTIN, R. *Rice*. [online]. [cit. 2010-11-24]. Dostupné z WWW: <<http://www.fao.org/inpho/content/compend/text/ch10.htm>>
- [31] ANONYM. *Top production rice paddy*. [online]. [cit. 2010-11-24]. Dostupné z WWW: <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>
- [32] HRABĚ, J., ROP, O., HOZA, I. *Technologie výroby potravin rostlinného původu*. Zlín: UTB, 2006. 178 s. ISBN 80-7318-372-2.
- [33] VODRÁŽKA, Z. *Biochemie II*. Praha: Academia, 1992. 136 s. ISBN 80-200-0441-6.
- [34] STANFORD, D. *The fat, fibre and carbohydrate counter*. Sydney: Murdoch books, 2003. 104 s. ISBN 978-1-740-45250-2.
- [35] HOUSTON, D. F., KOHLER, G. O. *Nutritional properties of rice*. Washington, D.C.: National academy of sciences. 1970. 65 s.
- [36] KADLEC, P. *Technologie potravin I*. Praha: VŠCHT, 2007. 300 s. ISBN 80-7080-509-9.
- [37] VAUGHAN, J. G., GEISSLER, C. A. *The new Oxford book of food plants*. 2. vyd. New York: Oxford University Press, 2009. 249 s. ISBN 978-0-19-954946-7.

- [38] ALEXANDER, M. F. FAWCETT, J. N., RUNCIMAN, P. J. *Nurcing practice: hospital and home: adult*. 3. vyd. Edinburg: Elsevier Health Science, 2006, 1266 s. ISBN 978-0-443-07457-8.
- [39] HOZA, I., KRAMÁŘOVÁ, D. *Potravinářská biochemie I*. Zlín: UTB, 2007. 169 s. ISBN 978-80-7318-295-3.
- [40] ODSTRČIL, J., ODSTRČILOVÁ, M. *Chemie potravin*. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2006. 164 s. ISBN 80-7013-435-6.
- [41] DEMAN, J. M. *Principles of food chemistry*. 3. vyd. Gaithersburg: Springer-Verlag, 1999. 595 s. ISBN 978-0-8342-1234-3.
- [42] BELITZ, H. D., GROSCH, W., SCHIEBERLE, P. *Food chemistry*. 4. vyd. Berlin: Springer, 1070 s. ISBN 978-3-540-69934-7.
- [43] DAVÍDEK, J., VELÍŠEK, J. *Analýza potravin*. Praha: VŠCHT, 1988. 122 s.
- [44] ANONYM. *Obilné zrno* [online]. [cit. 2010-03-14]. Dostupné z WWW: <http://www.viscojis.cz/teens/index.php?option=com_content&view=article&id=43:41&catid=102:obiloviny&Itemid=151>
- [45] BIENVENIDO, O. J. *Rice in human nutrition*. Los Banos: The international rice research institute, 1993. s. 162. ISBN 92-5-103-149-5.
- [46] VELÍŠEK, J. *Chemie potravin I*. Tábor: OSSIS, 1999, 352 s. ISBN 80-902391-3-7.
- [47] VODRÁŽKA, Z. *Biochemie I*. Praha: Academia, 1992. 184 s. ISBN 80-200-0439-4.
- [48] ANONYM. *Výživová hodnota bílkovin* [online]. [cit. 2011-03-30]. Dostupný z WWW: <<http://galenus.cz/bilkoviny-vyzivova-hodnota-bilkovin.php>>
- [49] KUČEROVÁ, J. *Technologie cereálií*. Brno: MZLU, 2004. 141 s. ISBN 978-80-7157-811-6.
- [50] CHANDLER, R. F. *Rice in the tropics: a guide to the development of national programs*. Colorado: Westview Press Inc., 1979. 256 s. ISBN 978-08-9158-362-2.

- [51] LUH, B. S. *Rice: utilization*. 2. vyd. New York: Van Nostrand reinhold. 1991. 413 s. ISBN 0-442-00485-0.
- [52] DOUŠA, M. *Stanovení aminokyselin v krmivech* [online]. [cit. 2011-03-31]. Dostupný z WWW: <<http://hplc1.sweb.cz/Amk/amk.htm>>
- [53] POMERANZ, Y., MELOAN, C. E. *Food analysis: Theory and practice*. 3. vyd. Gaithersburg: Aspen Publishers Inc, 2000. 778 s. ISBN 0-8342-1826-7.
- [54] ANONYM. *Analýza a hodnocení potravin I*. [online]. [cit. 2011-03-18]. Dostupný z WWW: <<http://utb.cepac.cz/Screens/Default.aspx>>
- [55] FOUNTOULAKIS, M., LAHM, H. W. Hydrolysis and amino acid composition analysis of proteins. *Journal of Chromatography A*, 1998, 826, s. 109 – 134.
- [56] KLOUDA, P. *Moderní analytické metody*. 2.vyd. Ostrava: Pavel Klouda, 2003. 132 s. ISBN 80-86369-07-2.
- [57] ANONYM. *Analýzátor aminokyselin AAA 400* [online]. [cit. 2011-03-31]. Dostupný z WWW: <<http://www.instruments.ingos.cz/pristroj-detail.php?id=analyzator-aminokyselin-aaa-400>>
- [58] MILLER, J. M. *Chromatography: concepts and contrasts*. 2. vyd. New Jersey: John Wiley and Sons Inc., 2005. 490 s. ISBN 0-471-47207-7.
- [59] FRIED, B., SHERMA J. *Thin-Layer chromatography*. New York: Marcel Dekker Inc., 1999. 512 s. ISBN 0-8247-4208-7.
- [60] ŠTULÍK, K., *Analytické separační metody*. Praha: Karolinum, 2004, 264 s. ISBN 80-246-0852-9
- [61] DAVÍDEK, J. A KOL. *Laboratorní příručka analýzy potravin*. Praha: SNTL, 1977. 718 s.
- [62] ČSN EN ISO 712 – *Obiloviny a výrobky z obilovin – Stanovení vlhkosti – Praktická referenční metoda*. Praha: Český normalizační institut, 2003. s. 12
- [63] HÁLKOVÁ, J., SMÍŠKOVÁ, M., RIEGLOVÁ, J. *Analýza potravin laboratorní cvičení*. Újezd u Brna: Ivan Straka, 2000. 164 s. ISBN 80-902775-4-3.
- [64] ČSN ISO 2171 – *Obiloviny, luštěniny a výrobky z nich – Stanovení obsahu popela spalováním*. Praha: Český normalizační institut. 2008. s. 16

- [65] OWUSU-APENTEN, R. K. *Food protein analysis: quantitative effects on processing*. New York: Marcel Dekker Inc., 2002. 488 s. ISBN 0-8247-0684-6.
- [66] KUBÁŇ, V., KUBÁŇ, P. *Analýza potravin*. Brno: MZLU, 2007. 202 s. ISBN 978-80-7375-036-7.
- [67] 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.
- [68] LÁSZTITY, R. *Amino acid composition and biological value of cereal protein*. Budapešť: Académiai Kiadó, 1985. 662 s. ISBN 90-277-1937-3.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

AAS	Amino Acid Score, aminokyselinové skóre
CE	Capillary electrophoresis, kapilární elektroforéza
CS	Chemical Score, chemické skóre
EAAI	Essential Amino Acid Index, index esenciálních aminokyselin
FAO	Food and Agriculture Organization, Organizace spojených národů pro výživu a zemědělství
GC	Gas Chromatography, plynová chromatografie
HPLC	High Performance Liquid Chromatography, vysoce účinná kapalinová chromatografie
IEC	Ion-Exchange Chromatography, iontově-výměnná chromatografie
IRRI	International Rice Research Institute, Mezinárodní institut pro výzkum rýže
PVC	Polyvinylchlorid
TLC	Thin Layer Chromatography, tenkovrstvá chromatografie
UV	Ultra Violet, ultrafialové
WHO	World Health Organization, Světová zdravotnická organizace

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Rýže (<i>Oryza</i>) [14]	15
Obr. 2 <i>Zizania aquatica</i> [16]	15
Obr. 3 Rýžová pole v Číně [19]	16
Obr. 4 Pěstování rýže ve Vietnamu [20]	17
Obr. 5 Sazenice rýže [20]	19
Obr. 6 Pilous rýžový [28]	20
Obr. 7 Celosvětová produkce rýže [29]	21
Obr. 8 Obilné zrno [44]	26
Obr. 9 Destilační jednotka Pro-Nitro 1430 [vlastní foto]	42
Obr. 10 Celkový obsah aminokyselin v rýži	50

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Druhy rýže dle vyhlášky č. 333/1997 Sb., ve znění pozdějších předpisů [23]	18
Tab. 2 Fyzikální a chemické požadavky na jakost rýže [23]	18
Tab. 3 Největší producenti rýže v roce 2008 [31]	22
Tab. 4 Obsah jednotlivých složek v obilovinách v % [32]	23
Tab. 5 Obsah esenciálních aminokyselin ve standardním proteinu v g·16 g N ⁻¹ [46]	30
Tab. 6 Srovnání obsahů aminokyselin rýže a pšenice [22,46]	31
Tab. 7 Vzorky rýže, jejich komerční název, obsah proteinů deklarovaný výrobcem, původ, hmotnost a typ obalu	39
Tab. 8 Obsah vlhkosti, sušiny, popela a dusíkatých látek v % (w/w)	45
Tab. 9 Obsah aminokyselin ve vzorcích rýže 1 – 3 v g·16 g N ⁻¹	48
Tab. 10 Obsah aminokyselin ve vzorcích rýže 4 – 7 v g·16 g N ⁻¹	49
Tab. 11 Vypočítané hodnoty AAS a EAAI ve vzorcích rýže 1 – 3	52
Tab. 12 Vypočítané hodnoty AAS a EAAI ve vzorcích rýže 4 – 7	52

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Obsah aminokyselin v g.kg^{-1} ve vzorcích rýže 1 – 3

Příloha P II: Obsah aminokyselin v g.kg^{-1} ve vzorcích rýže 4 – 7

**PŘÍLOHA P I: OBSAH AMINOKYSELIN v g.kg⁻¹ VE VZORCÍCH
RÝŽE 1 – 3**

Aminokyselina	Obsah aminokyselin [g.kg ⁻¹]		
	1	2	3
Esenciální			
Izoleucin	1,54 ± 0,09	2,27 ± 0,06	2,07 ± 0,16
Leucin	3,93 ± 0,06	4,65 ± 0,28	3,63 ± 0,11
Lyzin	1,70 ± 0,03	1,98 ± 0,11	1,75 ± 0,08
Metionin	1,82 ± 0,04	2,12 ± 0,07	2,37 ± 0,10
Fenylalanin	2,57 ± 0,08	2,90 ± 0,11	2,57 ± 0,07
Treonin	1,69 ± 0,03	1,68 ± 0,08	1,49 ± 0,09
Valin	2,67 ± 0,11	3,77 ± 0,09	3,06 ± 0,05
Semiesenciální			
Arginin	4,67 ± 0,13	4,79 ± 0,33	4,23 ± 0,11
Histidin	1,25 ± 0,04	1,34 ± 0,07	1,16 ± 0,03
Neesenciální			
Asparagová k.	5,20 ± 0,08	5,31 ± 0,19	4,76 ± 0,18
Glutamová k.	8,07 ± 0,16	8,84 ± 0,43	7,80 ± 0,59
Glycin	2,24 ± 0,05	2,55 ± 0,11	2,30 ± 0,15
Alanin	2,67 ± 0,05	3,04 ± 0,15	2,53 ± 0,07
Cystein	1,71 ± 0,05	1,86 ± 0,06	1,92 ± 0,11
Prolin	2,00 ± 0,08	2,09 ± 0,10	2,33 ± 0,16
Serin	2,58 ± 0,05	2,28 ± 0,11	2,02 ± 0,13
Tyrozín	2,13 ± 0,09	1,95 ± 0,12	1,75 ± 0,12
Součet	48,46	53,44	47,75

**PŘÍLOHA P II: OBSAH AMINOKYSELIN v g.kg⁻¹ VE VZORCÍCH
RÝŽE 4 – 7**

Aminokyselina	Obsah aminokyselin [g.kg ⁻¹]			
	4	5	6	7
Esenciální				
Izoleucin	2,05 ± 0,08	2,32 ± 0,08	2,96 ± 0,15	2,21 ± 0,12
Leucin	4,82 ± 0,20	4,31 ± 0,06	5,15 ± 0,11	4,34 ± 0,36
Lyzin	2,45 ± 0,08	2,04 ± 0,02	2,33 ± 0,02	1,89 ± 0,07
Metionin	2,04 ± 0,06	2,55 ± 0,06	2,83 ± 0,18	2,68 ± 0,13
Fenylalanin	3,01 ± 0,10	2,70 ± 0,06	3,09 ± 0,03	2,69 ± 0,12
Treonin	1,93 ± 0,10	1,69 ± 0,03	2,08 ± 0,06	1,60 ± 0,06
Valin	3,78 ± 0,24	3,36 ± 0,02	4,28 ± 0,14	3,24 ± 0,05
Semiesenciální				
Arginin	5,71 ± 0,44	4,82 ± 0,21	5,39 ± 0,09	4,85 ± 0,06
Histidin	1,56 ± 0,12	1,40 ± 0,01	1,69 ± 0,12	1,35 ± 0,05
Neesenciální				
Asparagová k.	5,78 ± 0,26	5,25 ± 0,13	6,01 ± 0,18	4,93 ± 0,32
Glutamová k.	9,18 ± 0,49	8,67 ± 0,04	10,83 ± 0,15	8,57 ± 0,23
Glycin	3,02 ± 0,14	2,58 ± 0,01	2,99 ± 0,05	2,43 ± 0,09
Alanin	3,44 ± 0,24	3,01 ± 0,04	4,01 ± 0,07	2,89 ± 0,09
Cystein	1,99 ± 0,12	1,98 ± 0,05	2,51 ± 0,15	2,31 ± 0,03
Prolin	2,99 ± 0,24	2,24 ± 0,06	2,95 ± 0,07	2,32 ± 0,08
Serin	2,44 ± 0,11	2,28 ± 0,05	2,65 ± 0,01	2,19 ± 0,09
Tyrozín	2,34 ± 0,11	2,00 ± 0,05	2,26 ± 0,11	1,75 ± 0,01
Součet	58,53	53,2	64,02	52,23