

# Aminokyselinový profil klonů jakonu

Bc. Alena Ptáčková

---

Diplomová práce  
2012



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická  
Ústav technologie a mikrobiologie potravin  
akademický rok: 2011/2012

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Alena PTÁČKOVÁ**  
Osobní číslo: **T09556**  
Studijní program: **N 2901 Chemie a technologie potravin**  
Studijní obor: **Technologie, hygiena a ekonomika výroby potravin**

Téma práce: **Aminokyselinový profil klonů jakonu**

Zásady pro vypracování:

### I. Teoretická část

1. Andské plodiny, botanický popis, rozšíření a pěstování.
2. Chemické složení a biologické účinky komponent.
3. Využití jakonu v dietetice.

### II. Praktická část

1. Ve vzorcích jakonu stanovte obsah aminokyselin
2. Výsledky konfrontujte s vědeckou literaturou.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

[1] Davídek, J., Velíšek, J. Analýza potravin, Ediční středisko VŠCHT, Praha, 1992.

[2] Velíšek, J. Chemie potravin, I, II, III. OSSIS, Tábor.

[3] Valentová, K., Frček, J., Ulrichová, J. Jakon (*Smallanthus sonchifolius*) a maka (*Lepidium meyenii*), tradiční andské plodiny jako nové funkční potraviny na evropském trhu. 2001, *Chemické listy*, 95, s. 594–601.

Vedoucí diplomové práce:

**Mgr. Monika Dvořáková, Ph.D.**

Ústav technologie a mikrobiologie potravin

Datum zadání diplomové práce:

**1. února 2012**

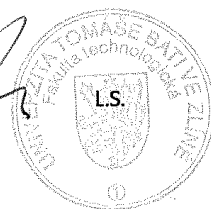
Termín odevzdání diplomové práce:

**2. května 2012**

Ve Zlíně dne 10. února 2012



doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.  
*děkan*



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

Příjmení a jméno: ..... PTAČKOVÁ ALENA .....

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

Ve Zlíně ..... 8.5.2012 .....

..... Ptačková .....

<sup>3)</sup> zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## **ABSTRAKT**

Abstrakt česky

Diplomová práce je zaměřena na botanický popis klonů plodiny jakonu, který náleží mezi andské plodiny. Ve své teoretické části se práce zabývá obecným rozšířením a pěstováním této plodiny ve světě. Popisuje chemické složení (zvláště aminokyseliny) a biologické účinky komponent jakonu. Diplomová práce také obsahuje informace o využití jakonu v dietetice. V praktické části se zabývá laboratorním stanovením obsahu aminokyselin ve vzorcích jakonu, interpretací a diskuzí získaných výsledků.

Klíčová slova: jakon, andské plodiny, aminokyseliny, dietetika

## **ABSTRACT**

Abstrakt ve světovém jazyce

The master thesis is focused on the botanical description of yacon clones crops, which belong to the Andean crops. In its theoretical part the work describes deals with the general expansion and growing of this crop in the world. This work describes the chemical composition (especially amino acids) and biological effects of the components of yacon. The master thesis includes information on the use of yacon in dietetics. The practical part of the work deals with the laboratory determination of amino acids in yacon samples, interpretation and discussion of obtained results.

Keywords: yacon, Andean crops, amino acids, dietetics

## Poděkování

Dovoluji si touto cestou poděkovat za odborné vedení, cenné rady, podporu a návrhy k vypracování diplomové práce své vedoucí Mgr. Monice Dvořákové, Ph.D. a Ing. Ludmile Zálešákové za pomoc při získání výsledků pro praktickou část mého výzkumu.

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

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>11</b>
<b>1 AMINOKYSELINY</b> .....	<b>12</b>
1.1 STRUKTURA A FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI AMINOKYSELIN .....	13
1.2 AMINOKYSELINOVÉ SLOŽENÍ BÍLKOVIN .....	14
1.3 BIOLOGICKÝ VÝZNAM AMINOKYSELIN .....	15
1.4 VOLNÉ AMINOKYSELINY V POTRAVINÁCH.....	16
1.4.1 Využití aminokyselin v potravinářské výrobě.....	16
1.5 ESENCIÁLNÍ AMINOKYSELINY .....	17
1.6 POLOESENCIÁLNÍ (SEMIESENCIÁLNÍ) AMINOKYSELINY .....	18
1.7 NEESENCIÁLNÍ AMINOKYSELINY.....	18
<b>2 ANDSKÉ PLODINY</b> .....	<b>20</b>
2.1 OKOPANINY.....	20
2.2 JAKON .....	21
2.2.1 Historie a rozšíření jakonu ve světě .....	21
2.2.2 Pěstování jakonu .....	22
2.2.3 Botanický popis jakonu .....	23
2.2.4 Chemické složení a biologické účinky komponent jakonu .....	26
2.2.5 Srovnání chemického složení jakonu s brambory a topinambury.....	29
2.2.6 Srovnání chemického složení jakonu a maky .....	32
2.3 VYUŽITÍ JAKONU V DIETETICE .....	33
2.3.1 Fruktooligosacharidy jakonu .....	33
2.3.2 Kulinární zpracování jakonu a jeho diabetické využití.....	34
2.3.3 Vláknina jakonu .....	35
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>36</b>
<b>3 CÍL PRÁCE</b> .....	<b>37</b>
<b>4 METODIKA PRÁCE</b> .....	<b>38</b>
4.1 CHARAKTERISTIKA ANALYZOVANÝCH VZORKŮ .....	38
4.2 CHEMICKÉ ANALÝZY .....	40
4.2.1 Lyofilizace vzorků.....	40
4.3 STANOVENÍ CELKOVÉHO OBSAHU DUSÍKATÝCH LÁTEK .....	40
4.4 STANOVENÍ OBSAHU JEDNOTLIVÝCH AMINOKYSELIN VE VZORCÍCH JAKONU .....	42
4.5 SROVNÁNÍ VÝŽIVOVÉ HODNOTY BÍLKOVIN JAKONU .....	44
<b>5 VÝSLEDKY A DISKUZE</b> .....	<b>46</b>



5.1	STANOVENÍ CELKOVÉHO OBSAHU DUSÍKATÝCH LÁTEK .....	46
5.2	STANOVENÍ OBSAHU AMINOKYSELIN .....	48
5.3	SROVNÁNÍ VÝŽIVOVÉ HODNOTY BÍLKOVIN JAKONU .....	58
<b>ZÁVĚR .....</b>		<b>62</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>		<b>64</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>		<b>69</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>		<b>71</b>
<b>SEZNAM TABULEK .....</b>		<b>72</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH .....</b>		<b>73</b>

## ÚVOD

Diplomová práce pojednává o hlíznaté okopanině jakonu, který náleží mezi andské zemědělské plodiny. Jakon je původní kulturní rostlina pocházející z jihoamerického pohoří And. Náleží mezi dvouděložné rostliny z početné čeledi hvězdnicovitých (*Asteraceae*).

Diplomová práce se zaměřuje na popis klonů jakonu, jeho obecné rozšíření a pěstování ve světě, zvláště důraz přitom klade na hospodářské využití a pěstování jakonu v klimatických podmínkách České republiky.

Ve své teoretické části se diplomová práce zabývá chemickým složením a biologickými účinky komponent jakonu, je zaměřena především na aminokyselinový profil jakonu. Srovnává chemické složení jakonu s jinými vybranými okopaninami. Popisuje též využití jakonu v dietetice, zejména jeho kulinární zpracování a dietetický přínos pro člověka. Pozornost věnuje využití inulinu, fruktooligosacharidů a vlákniny jakonu.

Praktická část pojednává o laboratorním stanovení obsahu aminokyselin ve 28 zkoumaných vzorcích jakonu. Prezentované výsledky byly získány v roce 2011 na Ústavu technologie a mikrobiologie potravin Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně.

Cílem diplomové práce je především dokázat velký potenciální přínos jakonu v podmínkách České republiky. Poukazuje nejenom na jeho využití jako kulturní plodiny vhodné pro výživu člověka a hospodářských zvířat, ale i na jeho dietetické účinky (výrobu jakonového octa a dietetického sirupu, léčivých nálevů), na jeho rozmanité kulinární zpracování (hranolky a lupínky jakonu) i na jeho diabetické využití (z inulinu jakonu lze vyrábět diabetické potraviny). V západní Evropě se pěstování jakonu rozšířilo po druhé světové válce, do České republiky byl jakon dovezen až v roce 1993 a možnost jeho pěstování poprvé ověřena roku 1995. V současné době se některé české firmy věnují pěstování a zpracování jakonu a je velmi pravděpodobné, že i v budoucnosti bude tento trend nadále pokračovat.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 AMINOKYSELINY

Aminokyseliny se v potravinách nacházejí jako stavební jednotky všech bílkovin, peptidů, řady dalších sloučenin a také jako volné látky [1]. Tyto stavební jednotky jsou navzájem spojeny tzv. peptidovou vazbou (-CO-NH-). Tvorba peptidové vazby, která vzniká mezi  $\alpha$ -aminoskupinou jedné aminokyseliny a  $\alpha$ -karboxylem aminokyseliny druhé, v podstatě znamená odstranění jedné molekuly vody a patří mezi nejdůležitější reakce aminokyselin [2]. V přírodních materiálech bylo prokázáno více než 700 různých aminokyselin [3]. Některé z nich jsou rozšířeny zcela obecně, jiné se vyskytují jen v určitých druzích rostlin, živočichů či v jiných organismech [1]. Zelené rostliny i velká část nižších rostlin a hub vycházejí při výrobě svých součástí, obsahujících dusíkové atomy v molekule (včetně aminokyselin), z iontů  $\text{NH}_4^+$ , které získávají z půdy. Mohou tedy tvořit veškeré aminokyseliny a bílkoviny svého těla z anorganického zdroje dusíku (hovoříme o autotrofii dusíku) [4].

Aminokyseliny vázané v bílkovinách (22 sloučenin) se nazývají proteinogenní nebo kódované, také základní, standardní či primární aminokyseliny. 21 z nich jsou složkami proteinů potravinářských surovin a potravin. Význam aminokyselin, které jsou složkami peptidů a význam volných aminokyselin je většinou zanedbatelný, vzhledem k malému množství, v jakém se běžně v potravinách vyskytují [1].

Neproteinogenní (nekódované, nestandardní, sekundární) aminokyseliny se nevyskytují jako stavební jednotky bílkovin, neboť v organismech zastávají jiné funkce. Aminokyseliny mají také velký vliv na organoleptické vlastnosti potravin, zejména na jejich chuť. Produkty reakcí aminokyselin jsou často významnými vonnými, chuťovými a barevnými látkami [1].

Trojrozměrná struktura a biologické vlastnosti jednoduchých proteinů jsou dány druhem aminokyselin, jejich pořadím, do kterého jsou seřazeny, a jejich vzájemnými prostorovými vztahy. Lidská strava musí v dostatečném množství obsahovat deset nezbytných, čili esenciálních L- $\alpha$ -aminokyselin, protože tyto aminokyseliny neumí lidský organismus, ale ani jiní vyšší živočichové syntetizovat v takovém množství, které by bylo dostačující pro růst dítěte nebo v dospělosti pro udržení dobrého zdravotního stavu. Aminokyseliny vykonávají v podobě proteinů řadu funkcí strukturních, hormonálních a katalytických, které jsou pro život nezbytné [5].

Podle významu ve výživě člověka se kódované aminokyseliny dělí na:

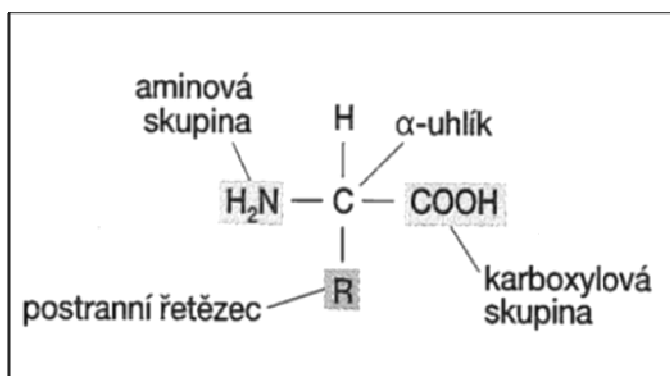
- a) esenciální (valin, leucin, isoleucin, threonin, methionin, lysin, fenylalanin a tryptofan),
- b) poloesenciální (arginin a histidin),
- c) neesenciální (ostatní aminokyseliny).

U rychle rostoucích organismů (malých dětí) se stávají esenciálními aminokyselinami i některé neesenciální aminokyseliny, které mladý organismus není schopen v dostatečném množství syntetizovat. Tyto aminokyseliny se nazývají poloesenciální (semiesenciální) aminokyseliny [1].

## 1.1 Struktura a fyzikální vlastnosti aminokyselin

Aminokyseliny jsou odvozeny od organických kyselin, na  $\alpha$ -uhlík je navázána aminová skupina ( $\text{NH}_2$ ). Obecný vzorec aminokyseliny je na obr. 1.

Obr. 1. Základní obecný vzorec aminokyselin [6]



Aminokyseliny jsou alifatické nebo aromatické kyseliny obsahující nejméně jednu aminoskupinu ( $-\text{NH}_2$ ). U biologicky významných aminokyselin je aminoskupina v poloze  $\alpha$  (první uhlík vedle karboxylového konce) a obecný vzorec lze vyjádřit ve tvaru  $\text{R-CHNH}_2\text{-COOH}$ , kde R je alifatický, aromatický či heterocyklický zbytek. Kromě glycinu mají všechny aminokyseliny nejméně jeden asymetrický atom uhlíku a jsou opticky aktivní. Aminokyseliny biologicky významné pro člověka jsou téměř vždy v L-formě. D-formy se vyskytují v rostlinách, bakteriích a vznikají při tepelném zpracování potravy [7].

Významnou obecnou fyzikální vlastností aminokyselin je dipolární charakter jejich molekul. Jsou proto amfoterními elektrolyty neboli amfolyty, tj. chovají se jako kyseliny i zásady. Podle pH prostředí mohou tedy existovat ve formě různých iontů. Forma amfionu

s nulovým volným nábojem (vyrovnaný počet kladných a záporných nábojů) odpovídá tzv. izoelektrickému stavu. Je charakterizován hodnotou pH, při které amfolyt neputuje v elektrickém poli. Tato hodnota pH se nazývá izoelektrický bod. Je důležitou charakteristikou amfolytu. Hodnoty izoelektrických bodů neutrálních aminokyselin leží v okolí pH 6. Izoelektrické body kyselých aminokyselin (dikarboxylových aminokyselin asparagové a glutamové) leží v oblasti pH 2,5 až 3,5; izoelektrické body bazických aminokyselin (histidin, lysin a arginin) v oblasti pH 7,5 až 11 [3] [7].

## 1.2 Aminokyselinové složení bílkovin

Bílkoviny vznikají z aminokyselin a naopak odbouráváním bílkovin se aminokyseliny uvolňují. Protože různé bílkoviny mají různý obsah aminokyselin, musí v organismu existovat možnost přeměny jednotlivých aminokyselin v jiné podle potřeby. Především jsou to neesenční aminokyseliny, které vznikají rychlou látkovou výměnou. Tímto pochodem se přeměňuje jedna aminokyselina v druhou. Určitý druh bílkoviny se skládá ze stejných aminokyselin a jejich pořadí je přesně určeno [8].

Aminokyseliny vzniklé odbouráváním proteinů neslouží jen k výstavbě bílkovin. V organismu je mnoho důležitých látek, jejichž jednotlivé části vznikají z aminokyselin. Zde je nutno poukázat zejména na biosyntézu nukleových kyselin a nukleotidů, jejichž heterocyklické kruhy se budují právě z aminokyselin [8].

Zastoupení různých aminokyselin v dané molekule bílkoviny lze snadno zjistit určováním jejich počtu (vyjádřený zpravidla v %) po úplné hydrolýze proteinu. Aminokyselinové složení je pro každý druh bílkoviny velmi charakteristické [6].

O vlastnostech proteinů rozhoduje charakter postranních řetězců aminokyselin. Z fyzikálně-chemického hlediska mohou být kyselé, bazické, polární a nepolární. Bílkoviny s hojným zastoupením dikarboxylových kyselin (např. Asp, Glu) jsou označovány jako kyselé bílkoviny (-COOH skupina na postranních řetězcích), proteiny s četnými diaminokyselinami (např. Arg, Lys, His) jako zásadité (bazické) proteiny (NH<sub>2</sub> skupina na postranních řetězcích) [6].

Podle struktury postranního řetězce lze jednotlivé aminokyseliny rozdělit do skupin:

1. Alifatické aminokyseliny

- a) monoaminokarboxylové (glycin, alanin, valin, leucin, isoleucin)

- b) monoaminodikarboxylové (kys. asparagová a glutamová, asparagin, glutamin)
  - c) diaminomonoalkarboxylové (lysin, arginin)
  - d) hydroxyderiváty aminokyselin (serin, threonin)
  - e) sírné deriváty aminokyselin (cystein, methionin)
2. Aromatické aminokyseliny (fenylalanin, tyrosin)
  3. Heterocyklické aminokyseliny (tryptofan, histidin, prolin) [3].

### 1.3 Biologický význam aminokyselin

Hlavní funkcí aminokyselin je jejich účast na chemické struktuře bílkovin. Zastoupení jednotlivých aminokyselin v různých proteinech není stejné. Proto aminokyselinové složení bílkovin (vedle stravitelnosti bílkoviny) je jedním z nejvýznamnějších faktorů ovlivňujících tzv. nutriční hodnotu bílkovin. Některé aminokyseliny se vyskytují vázané v proteinech zcela běžně (alespoň v malém množství), např. glycin, alanin a leucin. Jiné aminokyseliny se mohou vyskytovat jako stavební jednotky jen určitých druhů bílkovin, např. threonin, methionin nebo lysin [9].

Aminokyseliny jako stavební jednotky bílkovin jsou velmi významnou složkou potravy živočišných organismů. Živočišné organismy nedovedou některé aminokyseliny v rámci svých metabolických pochodů syntetizovat. Takové aminokyseliny jsou označovány jako esenciální (neboli nezbytné). Tyto aminokyseliny musí živočišný organismus získávat potravou (z bílkovin). Při nedostatku esenciálních aminokyselin v potravě vznikají u živočichů vážné poruchy látkové přeměny [9].

Potřeba esenciálních aminokyselin není u jednotlivých živočišných druhů po kvalitativní ani po kvantitativní stránce stejná. Pro člověka je esenciálních 8 aminokyselin, jsou to valin, leucin, isoleucin, threonin, methionin, lysin, fenylalanin a tryptofan. Nezbytnost těchto aminokyselin je založena na neschopnosti lidského organismu syntetizovat jejich uhlíkaté kostry. Ostatní aminokyseliny tvořící stavební jednotky bílkovin, které však nejsou esenciální, jsou označovány jako tzv. *relativně postradatelné aminokyseliny*. Organismus si je dovede vyrobit, má-li k dispozici dostatek esenciálních aminokyselin. Jsou-li postradatelné aminokyseliny dodávány v potravě, v podstatě „šetří metabolickou práci“

organismu při syntéze bílkovin a jsou dodavateli snadno asimilovatelného dusíku pro biosyntézu dalších dusíkatých látek [9].

Aminokyseliny, kromě svého hlavního úkolu stavebních jednotek bílkovin mají ještě další významné metabolické funkce v živých objektech. Jsou především výchozími látkami pro syntézu mnohých biologicky aktivních látek nebílkovinného charakteru. Příkladem může být vznik některých vitaminů, zvláště tzv. B-komplexu (thiamin, kyselina nikotinová, kyselina pantothenová aj.), vznik četných rostlinných barviv (např. flavonoidy), vznik alkaloidů apod. [9]. Některé aminokyseliny (kyselina glutamová, glycin) mohou sloužit také jako mediátory, které přenášejí podráždění na nervových zakončeních, tzv. synapsích. Od kyseliny glutamové se též odvozuje  $\gamma$ -aminomáselná kyselina (GABA), která je naopak tlumivým mediátorem. Od aminokyselin jsou odvozeny i některé hormony, např. z tyrosinu vzniká noradrenalin, adrenalin, tyroxin a také barvivo melanin, od tryptofanu se odvozuje rostlinný hormon auxin [10].

## 1.4 Volné aminokyseliny v potravinách

Ve většině potravin bývá zhruba 99 % aminokyselin vázáno v bílkovinách a peptidech. Zbytek (asi 1 %) představují volné aminokyseliny. Více volných aminokyselin bývá v potravinách, při jejichž výrobě nebo skladování probíhá proteolýza. Větší množství volných aminokyselin tedy obsahují např. některé sýry, pivo a víno. V enzymových hydrolyzátech bílkovin (sójová omáčka) nebo v kyselých hydrolyzátech bílkovin (polévkové koření) jsou přítomny prakticky jen volné aminokyseliny, případně peptidy [1].

Většina esenciálních aminokyselin se ve stravě vyskytuje v dostatečném množství. Aminokyselina, které je přítomno relativně nejméně (vztaženo na denní potřebu), se označuje jako limitující (určuje rozsah proteosyntézy v organismu a výživovou hodnotu stravy). Limitujícími aminokyselinami se někdy obohacují potraviny a krmiva zvířat [1].

### 1.4.1 Využití aminokyselin v potravinářské výrobě

Aminokyseliny se uplatňují především jako nezbytné součásti krmiv pro užitková zvířata a drůbež a rovněž při zvyšování výživové hodnoty potravin, majících nedostatečný obsah esenciálních aminokyselin, především lysinu; jako např. rýže a mouka. Lysin se přidává i do masa pro zlepšení jeho vzhledu a schopnosti vázat vodu, dále se používá při



konzervaci ryb k odstranění nepříjemného zápachu. Další aminokyseliny slouží jako ochucovadla, konzervační a antioxidační přípravky [2].

Velkého významu nabývají i čisté aminokyseliny. Používají se pro přípravu živných půd v mikrobiologii a v medicíně pro parenterální výživu (nitrožilní). Některé jednotlivé aminokyseliny tvoří důležitou součást léků nebo surovinu pro jejich přípravu [2].

## 1.5 Esenciální aminokyseliny

U lidí, jejichž strava je dostatečně pestrá, bývá zásobování esenciálními aminokyselinami zpravidla dostačující. Obvykle bývá limitující aminokyselinou lysin (pro nízký obsah v obilovinách a obecně v rostlinných proteinech), methionin (eventuálně s cysteinem) pro nižší obsah v luštěninách, masných a mléčných proteinech, threonin pro nízký obsah v pšeničných a žitných bílkovinách a tryptofan, kterého je poměrně málo v kaseinech mléka a proteinech kukuřice a rýže. Např. v Japonsku a dalších východoasijských zemích se fortifikuje lysinem a threoninem rýže, lysinem chléb a methioninem sójové výrobky [1].

**Valin** – vyskytuje se v živočišných i rostlinných bílkovinách (maso, obiloviny) v množství 5–7 % (průměrný obsah je 6,9 %), v bílkovinách vajec a mléka v množství 7–8 %. V nejvyšším množství jej obsahují strukturální proteiny elastiny (až 16 %).

**Leucin** – vyskytuje se ve všech běžných bílkovinách, nejčastěji v množství 7–10 % (průměrný obsah je 7,5 %). Obiloviny obsahují proměnné množství leucinu, pšeničné proteiny asi 7 %, kukuřičné proteiny dokonce 13 %. Volný leucin vzniká ve větším množství při zrání sýrů činností bakterií.

**Isoleucin** – nejvíce isoleucinu obsahují mléčné a vaječné bílkoviny (6–7 %), v maso a obilovinách je přítomen v množství 4–5 % (průměrný obsah je 4,6 %).

**Threonin** – bohatým zdrojem je maso a pivovarské kvasnice. Obsah v živočišných bílkovinách (maso, mléko, vejce) je cca 5 %, poměrně vysoký obsah má pšeničná bílkovina, v dalších cereáliích je obsah nižší (často kolem 3 %) a threonin bývá někdy limitující aminokyselinou (průměrný obsah v proteinech je 6,0 %) [1]. Threonin byl první aminokyselinou, u které bylo prokázáno, že je esenciální [3].

**Methionin** – živočišné bílkoviny obsahují 2–4 %, rostlinné 1–2 % methioninu. V luštěninách je limitující aminokyselinou.

**Lysin** – průměrný obsah v bílkovinách je 7,0 %, nejvíce lysinu obsahují živočišné bílkoviny, v bílkovinách masa, vajec a mléka se běžně vyskytuje v množství 7–9 %, bílkoviny ryb a koryšů obsahují 10–11 % lysinu. Málo lysinu mají rostlinné proteiny, např. proteiny obilovin (speciálně gliadiny) a cereální výrobky (2–4 %), lysin je zde limitující aminokyselinou [1].

**Fenylalanin** – v potravě je obsažen většinou v dostatečném množství (průměrný obsah je 3,5 %), v běžných bílkovinách potravin je jeho obsah asi 4–5 %. U některých jedinců jeho přítomnost v potravě vyvolává tzv. fenylyketonurii [1]. Syntéza fenolických látek v rostlinách vychází z fenylalaninu, který je za katalýzy enzymem *fenylalaninamoniaklyasou* přeměněn na kyselinu skořicovou [11].

**Tryptofan** – průměrný obsah je 1,1 %. Živočišné proteiny s výjimkou histonů a kolagenů, kde není přítomen, obsahují 1–2 % tryptofanu. Obiloviny obsahují méně než 1 % tryptofanu, poněkud vyšší obsah má glutelinová frakce lepku [1].

## 1.6 Poloesenciální (semiesenciální) aminokyseliny

**Arginin** – vyskytuje se ve všech bílkovinách v množství 3–6 % (průměrný obsah je 4,7 %). Z běžných potravin jsou jeho bohatým zdrojem arašídů a jiné olejniny (až 11 %).

**Histidin** – běžné proteiny obsahují 2–3 % histidinu, bílkoviny krevní plasmy až 6 % (průměrný obsah je 2,1 %). V masě některých ryb (zejména makrel a tuňáků) se vyskytuje 0,6–1,3 % (někdy i více než 2 %) volného histidinu [1].

## 1.7 Neesenciální aminokyseliny

**Glycin** – ve značném množství (25–30 %) je obsažen ve strukturních proteinech (kolagen a také želatina), ve většině albuminů není přítomen vůbec (průměrný obsah je 7,5 %).

**Alanin** – v množství 2–12 % (průměrný obsah je 9,0 %) se vyskytuje v běžných bílkovinách, kukuřičný zein a želatina obsahují asi 9 % alaninu.

**Serin** – vyskytuje se v mnoha proteinech zpravidla v množství 4–8 % (v průměru 7,1 %).

**Cystein** – v nejvyšším množství přítomen (spolu s produktem oxidace cystinem) v keratinech (až 17 %), v menším množství (1–2 %) v mnoha dalších bílkovinách. Průměrný obsah činí 2,8 %.

**Asparagová kyselina a asparagin** – průměrný obsah asparagové kyseliny v bílkovinách je 5,5 %, asparaginu 4,4 %. Z živočišných proteinů se v největším množství vyskytuje asparagová kyselina v globulinech a albuminech (6–10 %). Rostlinné bílkoviny obsahují od 3 do 13 % asparagové kyseliny, především ve formě asparaginu (např. bílkoviny pšenice asi 4 %, bílkoviny kukuřice asi 12 %).

**Glutamová kyselina a glutamin** – průměrný obsah glutamové kyseliny v proteinech je 6,2 %, glutaminu 3,9 %. Glutamová kyselina je nejvíce zastoupenou aminokyselinou v nervové tkáni. V běžných bílkovinách jsou obě aminokyseliny většinou obsaženy ve větším množství (především v globulinech), např. v obilovinách a luštěninách v množství 18–40 % (pšeničný gluten, resp. gliadin obsahuje asi 40 % glutamové kyseliny, sójové bílkoviny asi 18 %), v bílkovinách mléka bývá v množství 22 %.

**Selenocystein** – selenocystein se typicky nachází v aktivních centrech malého počtu proteinů archaeí, bakterií a eukaryotů (např. *glutathionperoxidas*, *thioredoxinreduktas*, *glycinreduktas*, některých *hydrogenas*). Zpravidla se jedná pouze o jednu molekulu selenocysteinu v peptidovém řetězci, jsou však známy i bílkoviny obsahující více molekul této aminokyseliny. Ve většině potravin rostlinného a živočišného původu je selenocystein hlavní formou selenu vázaného v proteinech.

**Tyrosin** – ve většině bílkovin doprovází fenylalanin, vyskytuje se v množství 2–6 % (průměrný obsah je 3,5 %), v želatině je přítomen pouze ve stopovém množství.

**Prolin** – je přítomen ve většině bílkovin v množství 4–7 %, průměrný obsah je 4,6 %. V gliadinech pšeničného lepku je jeho obsah asi 10 %, v kaseinu asi 12 %, v želatině bývá až 13 % prolinu [1].

## 2 ANDSKÉ PLODINY

Andské plodiny jsou hlíznaté a kořenové plodiny, které pocházejí z pohoří And v Jižní Americe. Pěstuje se zde několik druhů brambor (*Solanum tuberosum*, *S. andigenum*, *S. ajanhuiri*, *S. stenotomum*, *S. gonyocalyx*, *S. phureja*), také šťavel hlíznatý (*Oxalis tuberosa*), lichořeřišnice hlíznatá (*Tropaeolum tuberosum*), achira (*Canna edulis*), ahipa (*Pachyrhizus ahipa*), arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*), melok hlíznatý (*Ullucus tuberosus*), jakon (*Smallanthus sonchifolius*) a maka (*Lepidium meyenii*) [12].

Kromě brambor a kukuřice nejsou ostatní plodiny pocházející z oblasti And v Evropě téměř známy, přitom řada z nich po staletí pomáhala tamní populaci přežít v náročných klimatických podmínkách. V České republice lze z těchto plodin pěstovat jakon (*Smallanthus sonchifolius*) a maku (*Lepidium meyenii*) [12].

Jakon je rostlina příbuzná topinamburu, maka řeřiše seté (nazývá se též peruánským ženšenem) [12]. Na místních trzích v Andách se jakon klasifikuje jako ovoce a prodává se společně s jablky a ostatními druhy ovoce, ne s bramborami nebo kořenovou zeleninou. Jeho hlízy mají příjemně nasládlou chuť, jsou křupavé a působením slunce se cukernatost zvyšuje. Konzumují se po oloupaní většinou v ovocných salátech. Mohou se jíst také dušené, vařené, smažené nebo jinak upravené. Z hlíz lze vymačkat osvěžující džus nebo vyrobit koncentrát vhodný jako sladidlo pro diabetiky. Jako zelenina (podobně jako celer) se používá stonk mladých rostlin [13].

### 2.1 Okopaniny

Okopaniny náleží k polním plodinám, které nejprve pomalu rostou, proto je nutné jejich ošetřování mezi řádky a v řádku okopáváním až do zapojení výsledného porostu.

Produkty okopanin mají nízkou koncentraci sušiny: 10–30%. Jsou velmi produktivní, mají schopnost poskytovat vysoké hospodářské výnosy. Své zásobní látky ukládají ve zdužnatělých rostlinných orgánech, tj. stoncích, oddencích a kořenech. Okopaniny jsou významné vysokou produkcí organických látek (cukrů, škrobu, inulinu), slouží k přímé výživě člověka či krmení zvířat (brambory) nebo k průmyslové výrobě produktů, jako je škrob, cukr, kávovinové náhražky, inulin aj. [14].

V oblasti tropů a subtropů (zvláště v andské oblasti) jsou to velmi cenné zeleniny, charakteristické zejména velkou tvorbou organické hmoty a velkým množstvím lehce stravitelných živin, především sacharidů. Obsahují látky nezbytné pro výživu člověka a hospodářských zvířat, především škrob a určité množství bílkovin. V oblastech vlhkých tropů však může vést jednostranná výživa těmito plodinami v důsledku nízkého obsahu stravitelných bílkovin, vápníku a fosforu k podvýživě. Okopaniny mají význam i jako průmyslové plodiny, využitelné k výrobě lihu, škrobu aj. [15].

## 2.2 Jakon

Jakon (*Smallanthus sonchifolia*), synonymum *Polymnia sonchifolia*, je původní rostlina z And (čeleď *Compositae* či *Asteraceae*, hvězdnicovité) [16]. Hvězdnicovité rostliny tvoří druhově nejpočetnější čeleď dvouděložných (asi 25 000 druhů) [17]. Španělský název pro *Smallanthus sonchifolius* „yacón“ pochází z kečuánského jazyka (místní jazyk v Bolívii, Peru a Ekvádoru), kde slovo yaku znamená voda, vodnatý či mdlý [18]. V Bolívii a Peru je jakon znám pod různými jmény, yacón, llakjum (kečuánština), aricama (aymarština), v Ekvádoru jako jícima (to je ovšem mezinárodní název pro zcela jinou nepříbuznou rostlinu), nebo yacón. V Kolumbii je nazýván arboloco a jiquimilla, ve Venezuele jíquima a jikimila, a na severu Argentiny (Jujuy, Salta) jako llacjon a llagon [19].

### 2.2.1 Historie a rozšíření jakonu ve světě

Již ve velmi raných vývojových stádiích poznali andští zemědělci vlastnosti jakonu a přeměnili tuto plodinu z plané na kulturní. Jakon byl nalezen již v pohřebištích z dob před Inky [20]. V pobřežním archeologickém nalezišti Nazca (500–1200 n. l.) byla objevena vůbec nejstarší zobrazení jakonu na textiliích a keramice [12].

Jakon a jemu příbuzné rostliny byly původně zařazeny do rodu *Polymnia* (*Asteraceae*, *Heliantheae*, *Melampodinae*), přestože už v roce 1933 byl navrhován rod *Smallanthus* (*Asteraceae*, *Heliantheae*), který v roce 1978 znovu objevil Robinson a zařadil do něj 21 druhů. Toto nové zařazení, *Smallanthus sonchifolius*, se dnes všeobecně používá jako primární, starší název *Polymnia sonchifolia* se považuje za synonymum, je možné se setkat také s názvem *Polymnia edulis* [12].

V souvislosti s otevřením trhu začátkem 90. let 20. století a jeho obohacením o nové druhy ovoce a zeleniny pocházející z různých geografických oblastí světa, byly znovu objeveny

plodiny u nás do té doby jen velmi málo známé. Patří mezi ně i jakon, který byl po druhé světové válce oblíben a pěstován hlavně v západní Evropě (Itálie, Německo). Do České republiky byl dovezen až v roce 1993 a možnost jeho pěstování ověřena poprvé v roce 1995 [21].

### 2.2.2 Pěstování jakonu

Rostliny jakonu jsou v andském prostředí neobvykle odolné a rostou i v extrémních teplotních podmínkách [16]. V našem klimatickém prostředí jsou výrazně citlivější na zmraznutí, než je tomu u jiřin (*Dahlia*), proto je v našem podnebí vymezeno jejich pěstování od výsadby do sklizně na mnohem kratší vegetační období oproti zemi jejího původu [22]. Veškeré klony jakonu se chovají vzhledem k teplotním podmínkám shodně. Jakmile teplota klesne mírně pod 0 °C (-1 či -2 °C), nadzemní část je poškozena a kořenové hlízy začínají prskat. Při ještě nižších teplotách je poškozena celá nadzemní i podzemní část rostliny [18].

Pěstování jakonu je poměrně snadné [16]. Toleruje široké rozmezí pH, od kyselých půd až po mírně zásadité. Rostliny jakonu projevují vyšší nárok na vodu v počátečních fázích růstu. V našich podmínkách je v suchých letních obdobích třeba vodní deficit kompenzovat dodatkovou závlahou. Velkou výhodou při pěstování jakonu je skutečnost, že není potřeba každý rok znovu nakupovat sadbu, neboť se na konci vegetace sklízí ke konzumu pouze kořenové hlízy a stonkové slouží v dalším roce jako sadbový materiál [18].

Hlízy jakonu se skladují v chladné a temné místnosti při teplotě okolo 10 °C, aby se zabránilo ztrátám vody. Při vyšší vzdušné vlhkosti a teplotě se urychluje proces hnití. Z hlediska dlouhodobého skladování (4–5 měsíců) jsou nejvhodnější hlízy, které mají kulatý tvar a oblé vrcholy. Během skladování se zvyšuje sladkost a vůně kořenových hlíz [18].

Jakon je v oblasti původu prodáván v malých množstvích, hlavně na venkovských tržišťích. Ve venkovských oblastech Bolívie se hlízy jakonu prodávají přibližně za 3 Kč·kg<sup>-1</sup>. Nejvíce jsou konzumenty oblíbené hlízy se žlutou dužninou, neboť vynikají svou sladkostí. V nižších oblastech And (1800–2500 m n. m.) se již pěstuje jakon komerčně, dokonce se začíná s jeho exportem. Zemědělci z oblasti Oxapampy (Peru) vyvázejí jakon do Japonska a Spojených států amerických. Také v České republice se některé firmy věnují pěstování a zpracování jakonu (sadbou jakonu lze zakoupit v zahradnictvích Chovanec či

v Subtropickém zahradnictví Kruh, hlízy suší a zpracovává firma Favea, s. r. o.). Rovněž je dostupný sáčekový čaj z jakonových listů dovezených z Peru (výrobce Santa Natura) [18].

Při pěstování jakonu nejsou problémy se škůdci a chorobami vzhledem k ochrannému účinku obsahu di- a seskviterpenů [16]. Ojedinele lze pozorovat napadení furiózou (rod *Fusarium*). U všech napadených pletiv se objevila také plíseň *Botrytis cinerea*, která však nebyla primární příčinou nemoci rostlin. Na kořenech se může vyskytnout běžná hniloba způsobená houbami rodu *Fusarium* a *Rhizoctonia*, jejichž výskyt je spojován s přílišnou vlhkostí půdy. V Japonsku bylo zaznamenáno napadení černou hnilobou, kterou způsobuje *Macrophomina phaseolina*. Za příčiny vadnutí byly v Peru označeny houby rodu *Fusarium* a v Japonsku bakterie *Erwinia chrysanthemi*. V Peru bylo pozorováno napadení rostlin houbami rodu *Sclerotonia*, které zapříčiňují vznik měkké hniloby kořenových hlíz jakonu. Houby rodu *Alternaria* způsobují okrajovou nekrózu u listů a bylo rovněž detekováno napadení houbou rodu *Bipolaris*, která se vyskytuje v teplých oblastech andských údolí [18].

Ze škůdců jakonu byl v podmínkách ČR pozorován výskyt molice (*Trialeurodes vaporariorum*), a to především ve skleníku. Zřídka byla molice rovněž spatřena v porostu jakonu v polních podmínkách [18].

Vzhledem k tomu, že jakon může být pěstován v klimatických podmínkách České republiky, je vhodným zdrojem pro doplnění sortimentu nutraceutikálií (nutričně bohatých potravin) domácího původu [16].

### 2.2.3 Botanický popis jakonu

Jakon je vytrvalá rostlina, vytvářející shluk více než dvaceti velkých podzemních kořenových hlíz o hmotnosti 100–500 g, mimořádně i více než kilogram [23]. Výnos kořenových hlíz v ČR může dosáhnout až 30 t·ha<sup>-1</sup> [18]. Tyto hlízy jsou podobné hlízám jiřin, jsou jedlé, na povrchu jsou kryté tenkou bezbarvou slupkou, která na vzduchu rychle tmavne a vysychá [12]. Pro jednotlivé klony jakonu je charakteristickým genetickým rysem zbarvení jejich pokožky, jež může nabývat tmavě žluté, krémové, fialové, nachové či růžové barvy. Rovněž barva dužniny kořenových hlíz je důležitým kvalitativním znakem a může být buď žlutá, bílá nebo fialová [18]. Dužnina se vyznačuje křehkostí, šťavnatostí a má nasládlou chuť [24].

Jakon má dva druhy kořenů: absorpční (či vláscité) a zásobní. Absorpční kořeny vyrůstají z báze stonku a slouží k příjmu vody a živin z půdy. Zásobní, ztlustlé kořenové hlízy, se tvoří na bázi stonkových hlíz, a to 90 až 120 dní po výsadbě (v podmínkách ČR se začínají tvořit v průměru po 65 dnech od výsadby). Tvar zásobních kořenů jakonu může být různý (viz obr. 4) [18].

Mimo hlízy kořenové má jakon také jedlé hlízy stonkové, tzv. kaudexy [12]. Tyto hlízy mají nepravidelný, rozvětvený tvar, s četnými očky na povrchu [18]. Kaudexy slouží k vegetativnímu rozmnožování této rostliny (jedinému možnému způsobu, protože schopnost pohlavního rozmnožování rostlina ztratila), pomocí kterého je rovněž možné vhodně selektovat odrůdy s největšími výnosy a nejlepšími vlastnostmi z hlediska pěstování [12].

Stonky jakonu mohou v zemích původu dosahovat výšky až 3 metrů, v ČR dorůstají průměrně do 1,45 m. Na průřezu jsou válcovité, hustě olistěné tmavozelenými listy, které jsou porostlé trichomy a zbarvené do fialova [18] [25]. Stonky sestávají z nadzemní a podzemní části. Barva stonkových hlíz může být od bílé po krémovou až purpurovou a společně s tvarem je charakteristickým rysem klonu. Hmotnost této hlízy pod jednou rostlinou může dosahovat 0,5 až 4,5 kg [18].

Jakon má vstřícně postavené listy, které mohou být šípovitého či trojúhelníkovitého tvaru. Okraje u obou typů jsou laločnaté nebo zubaté. Z jedné rostliny je možno během jednoho vegetačního období v našich podmínkách získat 0,65 až 0,85 kg čerstvých listů [18].

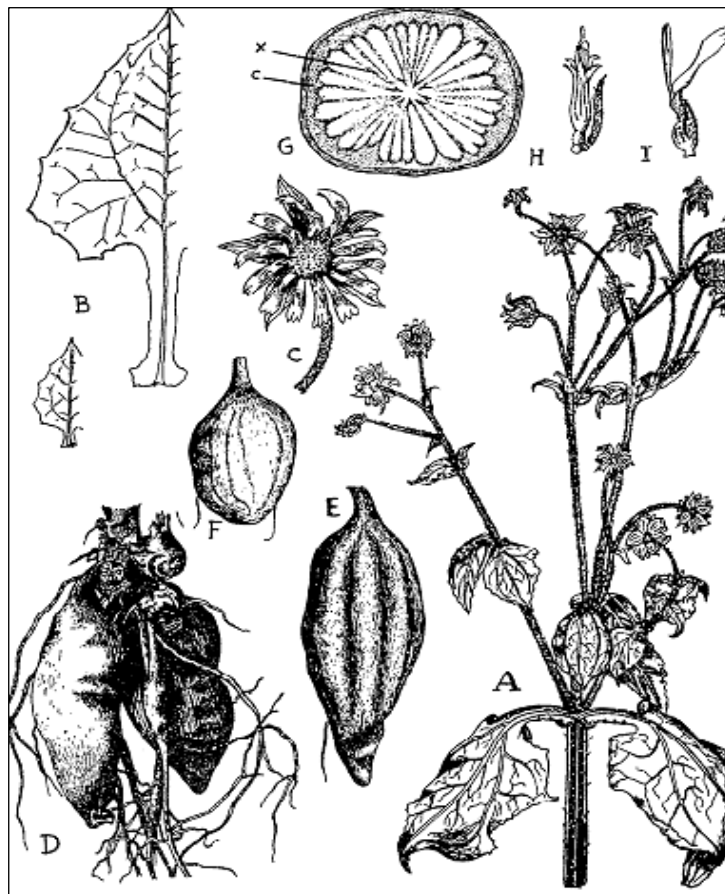
Květenství jsou drobné úbory, žluté nebo oranžové asi 3 cm v průměru, vyrůstající v latách na vrcholu stonku [25]. Tvoří oba typy květů – oboupohlavní květy ve střední části květenství a jazykovité samičí květy po obvodu. Produkce květů je u jakonu poměrně omezena, více než u planě rostoucích druhů rodu *Smallanthus*. Plody jsou drobné, asi 2 mm velké černé nažky [12].



Obr. 2. Vzhled jakonu [12]

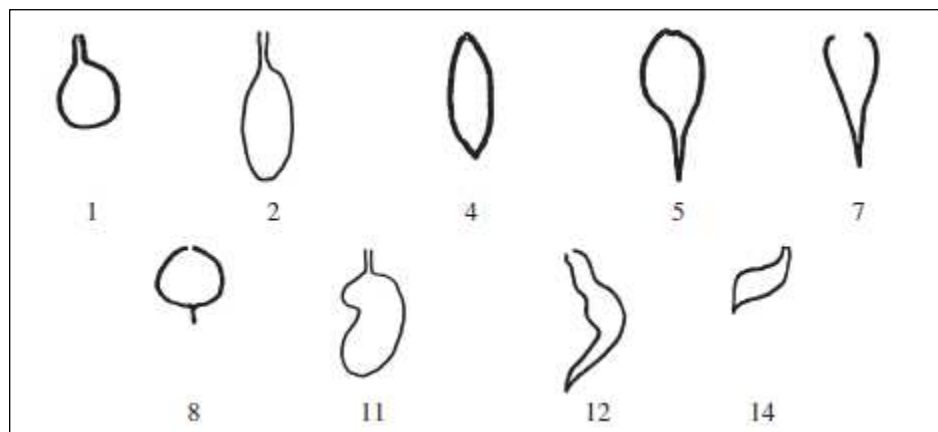


Obr. 3. Botanický popis jednotlivých částí jakonu [16]



Legenda: A – kvetoucí stonky; B – listy; C – květ;  
 D – kořenové hlízy; E, F – stonková hlíza; G – příčný  
 řez kořenem (x – xylem, c – kortex); H – samčí  
 terčíkový květ; I – samičí paprskovitý květ

Obr. 4. Morfotypy kořenových hlíz jakonu [21]

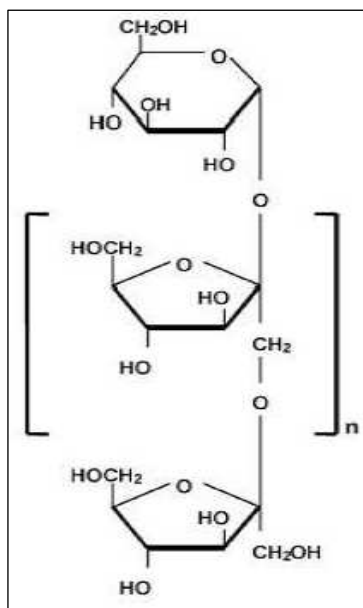


#### 2.2.4 Chemické složení a biologické účinky komponent jakonu

Jakon (*Smallanthus sonchifolius*) je andská plodina používaná v první řadě původními obyvateli Jižní Ameriky jako jídlo (kořenové hlízy) a také v tradiční medicíně jako dietní složka i pro hypoglykemickou aktivitu listů [26]. Vliv hmotnosti propagule (části rostliny sloužící k reprodukci) na výnosy kořenových hlíz a složení aktivních látek obsažených v jakonu byl v poslední době intenzivně studován [27].

Zásobním látkou jakonu je polysacharid inulin (viz obr. 5), jehož molekula se skládá z lineárního řetězce D-fruktosy a z jedné koncové molekuly D-glukosy. Inulin se tak skládá z 97 % fruktosy a 3 % glukosy [18]. Jednotlivé D-fruktosy, které tvoří řetězce (fruktany), jsou vzájemně vázány glykosidovou vazbou  $\beta$ -(1→2) [1]. Hermann a kol. [28] uvádějí, že fruktany jakonu jsou nízkomolekulární. Počet molekul fruktosy v řetězci inulinu udává tzv. polymerační stupeň (neboli počet vázaných molekul fruktosy), u inulinu se pohybuje od 4 do 40 [18]. Fruktany můžeme současně zařadit mezi oligosacharidy i mezi polysacharidy. Je-li molekula zakončena D-glukosou, značí se  $GF_n$  (G = glukosa, F = fruktosa, n = stupeň polymerace) [1]. Jelikož hydrolýzou inulinu vzniká především fruktosa, lze inulin z jakonu využít pro výrobu diabetických potravin [18].

Obr. 5. Vzorec inulinu [18]



Většina biomasy hlíz jakonu je tvořena vodou, která představuje více jak 70 % hmoty čerstvé hlízy. Vzhledem k vysokému obsahu vody je energetický obsah hlíz poměrně nízký. Hlízy obsahují pouze 0,3–3,7 % bílkovin, avšak 70–80 % sušiny je tvořeno sacharidy, především fruktooligosacharidy. Podzemní zásobní orgány jakonu akumulují více jak 60 % (vztaženo na sušinu) fruktanů  $\beta$ -(2 $\rightarrow$ 1) inulinového typu, zvláště pak oligomery (GF<sub>2</sub> – GF<sub>16</sub>). Hlavními fruktooligosacharidy jsou kestosa a nystosa [16].

Jakon obsahuje významná množství fruktosy (3-22 % sušiny kořenů) a glukosy (2-5 % sušiny kořenů) [29]. Vypočtená energetická hodnota jakonu je velmi nízká (619-937 kJ.kg<sup>-1</sup> čerstvé hmoty) a jakon má podobné vlastnosti jako dietetická vláknina [16].

Podobně jako jiné rostliny obsahuje i jakon stavební polysacharid vlákninu [18]. Molekulu celulosy (vlákniny) tvoří 1400 až 10 000 D-glukosových jednotek, které jsou vázány  $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 4) glykosidovými vazbami [30]. Obsah vlákniny v kořenových hlízách jakonu činí 3,9 % a je srovnatelný s topinamburem [18].

Hlízy, které obsahují  $\beta$ -oligofruktany jako úložiště sacharidů, byly doporučeny jako prebiotika, ale byly z nich také izolovány fenolické sloučeniny. Obsah těchto látek se pohybuje kolem 2030 mg.kg<sup>-1</sup>. Z kořenů jakonu bylo izolováno pět derivátů kyseliny kávové, především kyselina chlorogenová (48,5 mg.kg<sup>-1</sup>) a 3,5-dikávoylchinová a tři estery kyseliny kávové a altrarové [26]. Tyto kyseliny se odvozují jednak od kyseliny benzoové, jednak od kyseliny skořicové a mohou se vyskytovat jak ve volné formě, tak i ve formě

vázané esterickými vazbami [31]. Z aminokyselin byl vysoký obsah nalezen u tryptofanu ( $14,6 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) [16].

Polyfenolické sloučeniny z výtažků jakonu jako jsou 3,4-dihydroxybenzoová, chlorogenová, kávová a ferulová kyselina velkou měrou přispívají k antioxidační aktivitě výtažků připravených z listů, oddenků a kořenových hlíz jakonu [32]. Jandera a kol. [33] uvádějí, že velké množství fenolických sloučenin v extraktech z listů a kořenových hlíz jakonu bylo stanoveno jako chlorogenová, 3,4-dihydroxybenzoová, ferulová, rozmarýnová, gallová, gentisová a kávová kyselina a jejich deriváty.

I přes změny možných významů pěstování a morfologické a fyziologické vlastnosti bylo získáno jen málo poznatků o srovnání obsahu důležitých složek, jako jsou oligosacharidy a fenoly, podle různých genotypů. Velké vnitrodruhové rozdíly mohou být užitečné v budoucím podrobnějším výzkumu jako dobrý základ pro šlechtění, pěstování a využití v průmyslovém zpracování [26].

Více obsahových látek je přítomno v listech jakonu, kde jsou uváděny katechin, terpeny a flavonoidy. Vysoký obsah *ent*-kaurenové kyseliny a jejích derivátů v listech jakonu poukazuje na to, že tyto diterpeny hrají důležitou fyziologickou roli v obranném mechanismu metabolitů trichomů rostlin [16].

Tab. 1. Chemické složení hlíz jakonu [16]

Složka	Hlízy jakonu							
	čerstvé				suché			
	A	B	C	D	A	B	C	D
<b>Voda</b>	69,50	92,70	86,60	84,80	-	-	-	-
<b>Popeloviny</b>	2,40	0,26	-	3,50	6,71	3,59	-	23,03
<b>Bílkoviny</b>	2,22	0,44	0,30	3,70	7,31	6,02	2,24	24,34
<b>Tuky</b>	0,13	0,10	0,30	1,50	0,43	1,32	2,24	9,87
<b>Vláknina</b>	1,75	0,28	0,50	3,40	5,73	3,88	3,73	22,37
<b>Cukry</b>	19,67	-	-	-	67,53	-	-	-

Legenda: A – Calvino (1940), B – Bredemann (1948), C – de Collazos (1957), León (1964), D – Nieto (1991) (autoři dat); pomlčka (-) znamená, že analýza nebyla u dané plodiny provedena

Tab. 2. Obsah oligofruktanů inulinu ve vybraných okopaninách [18]

Plodina	Oligofruktany (% v sušině)
<b>Jakon</b>	54 – 60
<b>Topinambur</b>	16 – 20
<b>Čekanka</b>	15 – 20

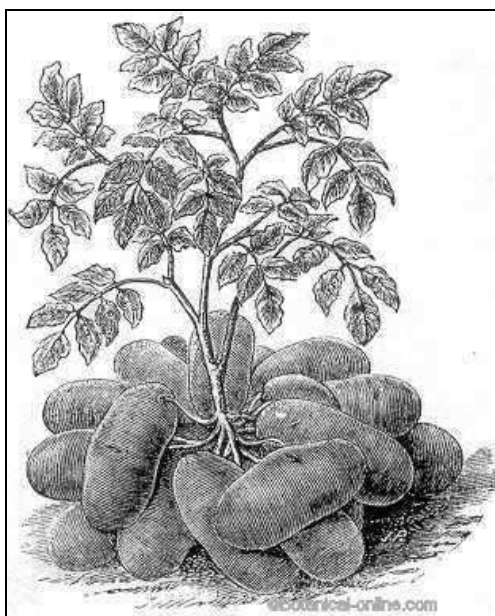
### 2.2.5 Srovnání chemického složení jakonu s brambory a topinambury

**Brambory** jsou významnou hospodářskou okopaninou z čeledi liliovitých (*Solanum tuberosum*), slouží jako doplňková potravina k dosažení fyziologicky vyvážené stravy. Mají funkci objemovou, sytící (díky své škrobové složce) a ochrannou (danou přítomností vitaminů a minerálních látek) [34].

Voda zaujímá v bramborové hlíze největší podíl, cca 76 %, sušina cca 25 %. Zatímco u brambor je zásobní látkou polysacharid škrob (okolo 17 % z celé hlízy), u jakonu je to především inulin, což je chemickou povahou fruktan. V sušině jsou přítomny i další sacharidy: sacharosa, glukosa, fruktosa (0,5 % z celé hlízy). Neškrobové polysacharidy (celulosa, hemicelulosa, pentosany) a pektinové látky tvoří buněčné stěny hlíz (tzv. hrubou vlákninu), tvoří 0,7 % hlízy. Minerální látky (popeloviny) tvoří 1,1 % hlízy, jsou obsaženy převážně ve slupce brambor. Organické kyseliny tvoří 1 % hlízy, zejména kyselina citronová a jablečná [34].

Dusíkaté látky, kterých brambory obsahují kolem 2 %, jsou pro výživu lidí i zvířat velmi významné. Na bílkoviny připadá asi 0,5–1,2 %, z nebílkovinného dusíku tvoří volné aminokyseliny 3,4 %. U čerstvých hlíz jakonu se obsah bílkovin pohybuje v rozmezí přibližně 0,5–2,5 %. Bramborová bílkovina (tzv. tuberin) je tvořena převážně globuliny, přítomné jsou i albuminy a malý podíl prolaminů a gluteninů, a proto je po biologické stránce vysoce hodnotná. Při skladování brambor se obsah dusíkatých látek výrazněji nemění [34].

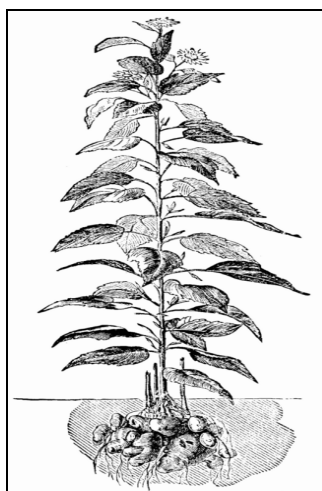
Obr. 6. Vzhled bramboru hlíznatého



**Topinambur hlíznatý** (*Helianthus tuberosus*) je okopanina z čeledi hvězdnicovitých (*Asteraceae*). Hlízy topinamburu obsahují průměrně 80 % vody, 15 % sacharidů a 2 % bílkovin. Hlavní zásobní látkou je stejně jako u jakonu sacharid inulin (7–30 % čerstvé hmoty). Inulin není člověkem tráven, je pouze v tlustém střevě mikrobiálně fermentován

a napomáhá pomnožení užitečných střevních bakterií rodu *Bifidus*. Inulin je doporučován při redukčních dietách (vedle nízké energetické hodnoty navozuje pocit sytosti), využívá se jako výhodný objemový prvek v nízkokalorických potravinách. Inulin topinamburu má relativně nízký polymerační stupeň, což zvyšuje jeho bifidogenní účinky a činí ho vhodným pro použití do jogurtů. Asi 11 % sušiny topinamburu tvoří pektinové látky [18].

Obr. 7. Topinambur  
hlíznatý



Hlízy jakonu mají relativně shodné složení s hlíznami brambor a topinamburu, což znázorňuje tab. 3.

Tab. 3. Chemické složení jakonu a vybraných okopanin (v % sušiny) [35]

Sledovaný ukazatel	Hodnoty		
	Brambory	Topinambury	Jakon
Dusíkaté látky	8,40	7,35	6,02
Hrubý tuk	0,40	0,98	1,32
Hrubá vláknina	2,80	3,40	3,88
Bezdušíkaté extrahovatelné látky	84,52	53,47	85,19
Popeloviny	3,88	4,80	3,59
K <sub>2</sub> O	2,40	3,10	1,76
CaO	0,12	0,15	0,18
MgO	0,56	0,15	0,13
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,24	0,30	0,31
Sušina	25,00	20,00	10,00

### 2.2.6 Srovnání chemického složení jakonu a maky

Rod maka (*Lepidium*) patří do čeledi *Brassicaceae* (*Cruciferae*), ve které jsou i další plodiny jako např. řepka, zelí, kapusta, ředkev, hořčice a která je rozšířena po všech kontinentech. *Lepidium* má přibližně 175 druhů, z nichž některé jsou zeleninou, např. řeřicha setá (*L. sativum*) [12].

Čerstvá maka obsahuje až 80 % vody. Nejvýznamnější složkou sušených hypokotylů maky jsou sacharidy (cca 59 %). Pěstuje se jako škrobnatá plodina, struktura oligofruktanů je typu inulinu, tj.  $\beta$ -1,2 vazbou spojené fruktafuranosové jednotky zakončené sacharosou, stejně jako v jiných rostlinách čeledi *Asteraceae*, jako je např. jakon či topinambur [12].

Tab. 4. Chemické složení jakonu a maky v % [12]

Složka	Jakon			Maka
	hlíza	list	stonek	hypokotyl
<b>Voda</b>	70,0–93,0	10,5	-	10,4 <sup>b</sup>
<b>Bílkoviny</b>	0,4–2,0	21,5 <sup>a</sup>	9,7 <sup>a</sup>	10,2 <sup>b</sup>
<b>Cukry</b>	12,6	-	-	59,0 <sup>b</sup>
<b>Tuky</b>	0,1–0,3	4,2	2,0	2,2 <sup>b</sup>
<b>Popel</b>	0,3–2,0	12,5	9,6	4,9 <sup>b</sup>
<b>Vláknina</b>	0,3–1,7	11,6	23,8	8,5 <sup>b</sup>

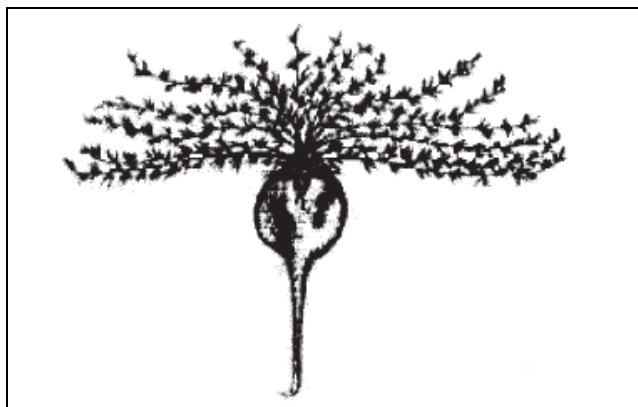
Legenda: a – obsah N-látek; b – obsah v sušeném hypokotylu; pomlčka (-) znamená, že z důvodu minimálního množství nebyla daná hodnota uvedena

Tab. 5. Vybrané aminokyseliny obsažené v sušených hypokotylech maky  
( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$  bílkovin) [36]

Aminokyselina	Obsah	Aminokyselina	Obsah
<b>Kyselina glutamová</b>	156,5	<b>Arginin</b>	99,4
<b>Kyselina asparagová</b>	91,7	<b>Valin</b>	79,3
<b>Glycin</b>	68,3	<b>Serin</b>	50,4



Obr. 8. Vzhled maky [12]



### 2.3 Využití jakonu v dietetice

Vzhledem k tomu, že jakon a maku lze pěstovat v klimatických podmínkách ČR, předpokládá se, že by se potravní doplňky z těchto plodin mohly využívat k prevenci a podpůrné léčbě onemocnění jako je *diabetes mellitus*, kardiovaskulární onemocnění, únavový syndrom aj. Ve Fakultní nemocnici v Olomouci potvrdili vhodnost produktů z jakonu pro přípravu diabetických pokrmů, redukčních diet a diet pro pacienty s chronickými jaterními nemocemi [12].

#### 2.3.1 Fruktooligosacharidy jakonu

Hlízy jakonu mají sladkou chuť a jelikož lidský organismus není schopen metabolizovat přítomné fruktooligosacharidy, představuje jakon plodinu s nízkým energetickým obsahem [37]. Oproti tomu velké hlízy podobné topinamburům mají mnohem sladší chuť a křehkou dužninu. Sladkost jakonu je způsobena fruktosou, která je asi o 70 % sladší než běžná sacharosa a nestimuluje tvorbu insulinu a glykemickou reakci [38]. Z tohoto hlediska představují sacharidy jakonu ideální sladidlo pro diabetiky – místo toho, aby fruktosa vstupovala přímo do krevního oběhu, jak je tomu u glukosy ze sacharosy, má fruktosa pomalejší metabolický proces a neovlivňuje negativně imunitní systém. Jakon je konzumován obvykle diabetiky a lidmi s poruchami zažívacího traktu a slouží také ke zlepšení onemocnění ledvin a omlazení pokožky [16].

Fruktooligosacharidy jsou uznávané používané produkty jako ingredience potravin a prebiotika [39]. Fruktooligosacharidy (2 až 9 molekul fruktosy) získaly daleko více pozornosti jako prebiotika díky malému využití organismem a jejich schopnosti zvyšovat

nárůst probiotik. Zvyšující se obliba jakonu nespočívá pouze ve sladké příjemné chuti, ale hlavně v aktivních obsahových látkách, které mají pozitivní vliv na zažívací trakt a v jeho antirakovinových účincích a účincích při léčbě *diabetes* [40]. Vypočtená energetická hodnota čerstvého jakonu je velmi nízká ( $619\text{--}937 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$  čerstvé hmoty). Při výpočtu energetického obsahu sušiny jakonu ( $148\text{--}224 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$  sušiny) se fruktany podobají dietetické vláknině [41] a ve značném rozsahu jsou štěpeny v kyselém žaludečním prostředí. Byla však také pozorována degradace a fermentace střevními bakteriemi [16].

### 2.3.2 Kulinární zpracování jakonu a jeho diabetické využití

Jakonové hlízy slouží jako surovinový zdroj pro výrobu sladkého pečiva, fermentované zeleniny a ethanolu. Mohou být také využity ve formě „chipsů“ v dehydratované formě. Dalším produktem je šťáva jakonu přečištěná s aktivním uhlím, aby byla dosažena její čirost, odbarvení a deodorizace [16]. Hondo a kol. [42] navrhli postup fermentace jakonové šťávy s *Acetobacter pasteurianus* pro přípravu zlepšeného jakonového octa obsahujícího přírodní fruktooligosacharidy.

Lupínky a hranolky jakonu si během vaření zachovávají křehkost a mohou být využity např. pro přípravu asijských opékaných jídel [16].

Farmáři v Brazílii a Japonsku vyrábějí značné množství jakonových produktů, např. na vzduchu sušené hranolky z jakonových hlíz [13] [43], nečištěný jakonový sirup, který má medovitou konzistenci a může být prodáván jako dietetické sladidlo [28] nebo šťáva bez přídavku sladidel, syntetických barviv a konzervačních látek, pouze je přidáváno malé množství vitamínu C [16].

K hlavním účinkům jakonu náleží jeho léčivé vlastnosti. Antidiabetické léčivé účinky jsou připisovány především jakonovým listům [43]. Sušení listů může probíhat na vzduchu v přirozeném prostředí, a to při nízké relativní vlhkosti. Pokud není možno tuto podmínku splnit, lze použít horkovzdušné trouby. Vhodná teplota pro efektivní sušení listů jakonu je  $60 \text{ }^\circ\text{C}$ . Obsah vody v suchých listech by měl být okolo 5 % [18]. Sušené jakonové listy se využívají především v Japonsku k přípravě léčivých nálevů buď samotné, nebo ve směsi s listy čajovníku. Volpato a kol. [44] prokázali hypoglykemickou aktivitu vodných extraktů ze sušených jakonových listů v krmných pokusech na laboratorních potkanech s vyvolanou cukrovkou.

Vodné extrakty jakonu zvyšují koncentraci insulinu v plasmě a mají také diuretické účinky a léčivé účinky na kůži [16] [45].

Jakonové hlízy mohou být také využity jako krmivo pro dobytek a ostatní domácí zvířata, stejně jako stonky a listy obsahující vysokou hladinu bílkovin [16].

Jakon je vítaným obohacím jídelníčkem, zejména pro své chuťové vlastnosti, šťavnatost, křehkost a pro obsah velkého množství minerálních látek. Konzumovat jej lze syrový v salátech s ovocem či zeleninou. Výborný je i tepelně upravený vařením, dušením a smažením. Během vaření se nerozváří. Kompotovaný jakon svou chutí připomíná ananas. Hlízy jakonu se díky své nízké nutriční hodnotě, obsahu inulinu a lehce stravitelných látek mohou stát významnou potravinou pro diabetiky. Jakon je vhodnou zeleninou k přípravě diabetické stravy, ale také k úpravě vysoké hladiny nežádoucího cholesterolu. Uplatňuje se při redukční dietě a dietě v průběhu chronických onemocnění jater [46].

### 2.3.3 Vlákna jakonu

Z jakonu lze v dietetice využít i polysacharid vlákninu. V organismu vstřebává vláknina velké množství tekutin, ulehčuje vyprazdňování střev a napomáhá snižovat hladinu cukru a cholesterolu v krvi [18].

Dříve se pod pojem vláknina zařazovaly celulóza a lignin, které tvořily skupinu tzv. hrubé vlákniny. Později se k této skupině přidaly ještě hemicelulózy a pektiny a začalo se používat označení potravinová vláknina. Pod názvem vláknina se dnes skrývají i jiné více či méně známé složky, kam patří např. rostlinné gemy, slizy, různé skupiny oligosacharidů apod. [47]. Rozpustná vláknina zvyšuje viskozitu obsahu střev, zpomaluje promíchávání jejich obsahu, omezuje přístup trávicích enzymů (pankreatických *amylas* a *lipas*) k substrátům a tím resorpci živin střevní stěnou. Tato část vlákniny pozitivně reguluje hladinu cukru a cholesterolu v krvi. Nerozpustná vláknina zvětšuje objem potravy, zkracuje dobu jejího průchodu zažívacím traktem a zlepšuje střevní peristaltiku [18].

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

### 3 CÍL PRÁCE

Cílem práce bylo laboratorní stanovení aminokyselinového profilu klonů jakonu. Pro stanovení tohoto cíle byla nejprve vypracována literární rešerše týkající se aminokyselin a chemického složení jakonu. Ve zkoumaných vzorcích jakonu byl stanoven celkový obsah dusíkatých látek, obsah jednotlivých aminokyselin, zjištěno aminokyselinové skóre a nutriční hodnota (index esenciálních aminokyselin) jednotlivých klonů, které byly následně vzájemně porovnány. Analýza aminokyselin byla provedena za pomoci iontové výměnné kapalinové chromatografie s využitím spektrofotometrické detekce.

## 4 METODIKA PRÁCE

### 4.1 Charakteristika analyzovaných vzorků

Použitý rostlinný materiál byl získán Institutem tropů a subtropů (Česká zemědělská univerzita v Praze) v rámci spolupráce s bolivijskou univerzitou (Universidad Nacional “Siglo XX”, Llalagua) v roce 2007.

Byly použity klony jakonu (*Smallanthus sonchifolius*, čeleď *Asteraceae*), které byly vypěstovány na pozemcích České zemědělské univerzity v Praze, Institutu tropů a subtropů v roce 2010. Část vzorků byla vyšlechtěna v Bolívii a Peru a část pochází z České republiky. Charakteristika jednotlivých klonů jakonu je uvedena v následující tabulce (viz tab. 6).

Tab. 6. Charakteristika klonů jakonu

Vzorek	Barva dužniny	Původ	Odkud získáno	Počet chromozómů
PER 5	žlutavá	Peru	Peru	58
PER 10	žlutavá	Peru	Peru	58
PER 15/20	bílá	Peru	Peru	58
PER 25	bílá	Peru	Peru	58
PER 30	bílá	Peru	Peru	87
PER 40	bílá	Peru	Peru	58
PER 45	žlutavá	Peru	Peru	58
PER 50	bílá	Peru	Peru	58
PER 55	žlutá	Peru	Peru	58
PER 60	žlutavá	Peru	Peru	58
PER 65	žlutavá	Peru	Peru	87
PER 70	bílá	Peru	Peru	87
PER 75	bílá	Peru	Peru	87
PER 90	žlutavá	Peru	Peru	87
NZL 1	žlutá	Ekvádor	Nový Zéland	58
NZL 2	bílá	Ekvádor	Nový Zéland	58
BOL	bílá	Bolívie	Bolívie	58
DEU	bílá	Ekvádor	Německo	58
ECU	bílá	Ekvádor	Ekvádor	58
PŘE	žlutá	Peru	Peru	58
FIAL.	žlutavá s fialovým pigmentováním	Bolívie	Bolívie	58
BELGIE-MOR.	žlutavá	Bolívie	Belgie	58
POLY 3	žlutá		Odvozeno experimentálně z NZL 1 na České zemědělské univerzitě	116
POLY 4	žlutá		Odvozeno experimentálně z NZL 1 na České zemědělské univerzitě	166
YANAYO GR.	žlutá	Bolívie	Bolívie	58
LOCOTAL ŽL.	žlutá	Bolívie	Bolívie	58
CUZCO	žlutavá	Peru	Peru	58
TUQUIZA	bílá	Bolívie	Bolívie	58

## 4.2 Chemické analýzy

### 4.2.1 Lyofilizace vzorků

Vzorky jakonu byly pro následné chemické analýzy lyofilizovány. Vzorky klonů jakonu byly nejprve zbaveny svrchní slupky. Potom byly nejemno nastrohány na ručním struhadle a poté byla nastrohaná hmota navážena pomocí analytických vah A&D GH-200 EC na hliníkovou misku po asi 25 g od každého vzorku. Vzorky byly uloženy do Hlubokomrazícího boxu MDF-U3286S (SANYO, prodejce Schoeller instruments, ČR, Praha). Následně byly vzorky usušeny s využitím lyofilizátoru (ALPHA 1-4 LSC CHRIST, prodejce LABICOM s.r.o., ČR, Olomouc). Zlyofilizované vzorky byly na analytických vahách opět zváženy a v třecí misce rozmělněny na jemný prášek. Na základě vážení byla určena hmotnost čerstvého vzorku a sušiny. Sušina vzorků byla uchovávána v uzavíratelných potravinových plastových sáčcích. Lyofilizace byla provedena ve třech paralelních opakováních a výsledky byly vyjádřeny jako aritmetický průměr a směrodatná odchylka.

### 4.3 Stanovení celkového obsahu dusíkatých látek

Vedle obsahu aminokyselin byl také stanoven celkový obsah dusíkatých látek v hlízách jakonu. Byla použita metoda podle Kjeldahla [48]. První část vzorků jakonu byla stanovena za pomoci Automatické destilační jednotky Pro-Nitro 1430 a druhá část vzorků Parnas-Wagnerovou aparaturou (klasickou destilací).

Nejprve byla provedena mineralizace vzorků mokrou cestou pomocí mineralizátoru Bloc Digest 12 s přídatným zařízením umožňujícím odsávání par vznikajících zplodin. Do mineralizační zkumavky bylo na analytických vahách naváženo přibližně 0,25 g vzorku. Ke vzorku bylo v digestoři přidáno 10 ml koncentrované kyseliny sírové z dávkovače, 2 až 4 kapky peroxidu vodíku a jedna malá lžička směšného katalyzátoru ( $\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{CuSO}_4$  v poměru 10:1) a baňka byla vložena na topnou desku mineralizátoru Bloc Digest 12. Byl zapnut vyhřívací blok, pračka plynů a digestoř. Teplota ohřevu byla nastavena na 400 °C. Po vyhřátí topného zařízení proběhla po dobu jedné hodiny mineralizace. Po skončení mineralizace byl vypnut vyhřívací blok a zkumavky byly přemístěny do stojanu, pračka zůstala zapnutá, dokud zkumavky nezchladly. Pračka je složena ze dvou promývaček.



V první dochází k částečné kondenzaci par a v druhé, v níž je 13% roztok NaOH, k jejich neutralizaci. Po zchlazení byla do zkumavek přidána destilovaná voda do objemu 25 ml a před analýzou byly zkumavky protřepány.

Následně byl obsah dusíkatých látek v první části vzorků stanoven za pomoci Automatické destilační jednotky Pro-Nitro 1430.

Z mineralizátu bílkovinného materiálu připraveného podle Kjeldahla byl amoniak, uvolněný ze síranu amonného koncentrovaným roztokem hydroxidu sodného, předestilován s vodní parou v destilačním přístroji do roztoku kyseliny trihydrogenborité. Vzniklý boritan amonný byl titračně stanoven odměrným roztokem kyseliny sírové na indikátor Tashiro. Z množství spotřebované kyseliny byl vypočítán obsah dusíku. Výsledek byl přepočítán na navážku a vynásobením faktorem 6,25 bylo určeno procento dusíkatých látek v analyzovaném vzorku.

Procento hrubé bílkoviny se vypočítá podle následujícího vzorce:

$$\% \text{ hrubé bílkoviny} = \frac{P_2}{n} \cdot 100 \cdot F$$

kde:

$P_2$  - obsah dusíku (mg)

$n$  - navážka vzorku (mg)

$F$  - přepočítávací faktor (6,25)

Zjišťování obsahu bílkovin je založeno na skutečnosti, že bílkoviny obsahují 16 % dusíku. Množství nalezeného dusíku násobené tímto faktorem udává množství hrubé bílkoviny. Obecně je používána hodnota  $6,25 = 100/16$ .

Z důvodu nefunkčnosti automatického analyzátoru byla pro stanovení druhé části vzorků použita Parnas-Wagnerova aparatura. Do destilační baňky přístroje bylo napipetováno 10 ml mineralizátu. Amoniak uvolněný přidávkem 20 ml 30 hmot.% roztoku hydroxidu sodného byl předestilován destilací s vodní parou a jímán do titrační baňky s 50 ml 2 hmot.% roztoku kyseliny borité. Ústí chladiče bylo během destilace ponořeno pod hladinu kyseliny. Destilace trvala 20 minut od počátku varu v destilační baňce. Po skončení destilace byl konec chladiče opláchnut destilovanou vodou do předlohy, titrační baňka byla odstraněna. Po skončení destilace byl vypnut ohřev, baňka na vyvíjení páry byla ochlazená,

takže snížením tlaku došlo k přečerpání tekutiny z destilační baňky do přečerpávací, odkud byla vypuštěna. Do titrační baňky byly přidány 3 až 4 kapky Tashiro indikátoru. Destilát byl titrován  $0,025 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1} \text{ H}_2\text{SO}_4$  do stálého červenofialového zabarvení. Z množství spotřebované kyseliny sírové byl vypočítán obsah dusíku a ten byl přepočítán na obsah celkového dusíku vynásobením přepočítávacím faktorem (6,25). Analýza byla provedena ve třech paralelních opakováních a vyjádřena jako aritmetický průměr a směrodatná odchylka.

Procento hrubé bílkoviny se vypočítá podle následujícího vzorce:

$$\% \text{ hrubé bílkoviny} = \frac{a \cdot 10^{-3} \cdot c \cdot M_N \cdot f_t \cdot f_z \cdot f_{př} \cdot 100}{n}$$

kde:

a - spotřeba odměrného roztoku  $\text{H}_2\text{SO}_4$  při titraci (ml)

c - koncentrace odměrného roztoku  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ( $\text{mol}\cdot\text{l}^{-1}$ )

$M_N$  - molární hmotnost dusíku ( $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$ )

$f_t$  - titrační faktor (2)

$f_z$  - zředovací faktor (5)

$f_{př}$  - přepočítávací faktor podle druhu potraviny (6,25)

n - navážka vzorku, která byla zmineralizována (g)

Pro korekci byly tři vzorky, které již byly analyzovány pomocí automatického analyzátoru, analyzovány i pomocí Parnas-Wagnerovy aparatury (klasickou destilací).

#### 4.4 Stanovení obsahu jednotlivých aminokyselin ve vzorcích jakonu

Ke zjištění celkového obsahu aminokyselin byly vázané aminokyseliny z lyofilizovaných vzorků klonů jakonu uvolněny kyselou hydrolýzou. Protože při kyselé hydrolýze by docházelo k rozkladu sirných aminokyselin (cysteinu a methioninu), byly před kyselou hydrolýzou oxidovány směsí kyseliny mravenčí  $\text{HCOOH}$  a peroxidu vodíku  $\text{H}_2\text{O}_2$  (9:1).

Na začátku kyselé hydrolýzy bylo na analytických vahách naváženo do vialky 0,1 g vzorku jakonu, poté bylo přidáno 15 ml 6M HCl. Následovalo 30vteřinové probublání argonem, vialka byla uzavřena a umístěna do termobloku (EVATERM). Kyselá hydrolýza probíhala

23 hodin při 115 °C. Po ukončení hydrolyzy byla vialka vytáhnutá z termobloku a ponechána, aby vychladla. Následovalo kvantitativní převedení obsahu vialky 0,1M HCl přes filtrační papír do odpařovací baňky a bylo odpařeno na vakuové rotační odparce (LABORATA 4010 DIGITAL s vývěvou VAKUUM-PUMPSYSTEM) při max. 50 °C do sirupovité konzistence. Poté byl odparek rozpuštěn v několika ml redestilované vody a znovu odpařen. Totéž bylo provedeno ještě jednou. Strupovitý odparek byl rozpuštěn v sodno-citrátovém pufru o pH 2,2 a kvantitativně převeden do 25ml odměrné baňky. Nakonec byl vzorek přefiltrován přes 0,45µm filtr do ependorfeček.

Uvolněné aminokyseliny vzorků jakonu v ependorfkách byly analyzovány za pomoci iontově výměnné kapalinové chromatografie na Automatickém analyzátoru aminokyselin AAA 400 (Ingot, Praha) postkolonovou ninhydrinovou deprivatizací a následnou spektrofotometrickou detekcí (440 nm pro prolin, 570 nm pro ostatní aminokyseliny).

Pro sirné aminokyseliny cystein a methionin je potřeba provést oxidativní hydrolyzu. Nejprve byla připravena oxidační směs 30% peroxidu vodíku a 85% kyseliny mravenčí v poměru 1:9. Směs byla ponechána v digestoři 2 hodiny a poté byla umístěna na 20 minut do chladničky (GORENJE). Do 250ml zábrusové baňky bylo na analytických vahách naváženo 0,7 g vzorku a přidáno 15 ml oxidační směsi. Baňka byla umístěna na 16 hod do ledničky. K oxidovanému vzorku bylo přidáno 50 ml 6M HCl, baňka byla následně umístěna do olejové lázně s víkem (MEMMERT). Oxidativní hydrolyza probíhala 23 hod při 118 °C. Po ukončení hydrolyzy byla baňka vyjmuta z lázně a ponechána vychladnout. Chladič byl propláchnut 0,1M HCl. Obsah baňky byl poté kvantitativně převeden 0,1M HCl přes filtrační papír do 250ml odměrné baňky. Po vytemperování na 20 °C byla baňka doplněna 0,1M HCl, poté byla uchována přes noc v lednici. Z filtrátu byla odebrána alikvotní část (25 ml) a odpařena na vakuové rotační odparce (max. 50 °C) do sirupovité konzistence. Následující postup se již shodoval s postupem stanovení AMK při kyselé hydrolyze. Uvolněné aminokyseliny (cystein a methionin) byly analyzovány opět za pomoci iontově výměnné kapalinové chromatografie na Automatickém analyzátoru aminokyselin AAA 400 postkolonovou ninhydrinovou deprivatizací s využitím spektrofotometrické detekce. Cystein a methionin byly stanoveny jako kyselina cysteová a methioninsulfon. Analýza byla provedena ve dvou paralelních opakováních a vyjádřena jako aritmetický průměr a směrodatná odchylka.

**Přístroje a zařízení pro kyselou a oxidativní hydrolýzu:**

Analytické váhy A&D GH-200 EC

termoblok EVATERM

olejová lázeň s víkem Memmert

vakuová rotační odparka LABORATA 4010 DIGITAL s vývěvou VAKUUM-PUMPSYSTEM (průtok  $1,9/2,1 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$ ; tlak 9,0 mbar)

chladnička GORENJE

Automatický analyzátor aminokyselin AAA 400, Ingot, Praha

**4.5 Srovnání výživové hodnoty bílkovin jakonu**

U jednotlivých klonů jakonu bylo stanoveno aminokyselinové skóre jejich aminokyselin (AAS) podle standardního proteinu FAO/WHO a následně vypočítán index esenciálních aminokyselin (EAAI) proteinů jakonu.

V proteinech je stanovováno složení esenciálních aminokyselin a výsledky se vztahují k obsahu esenciálních aminokyselin přítomných v určeném referenčním proteinu. Jako referenční (standardní) protein byl organizacemi FAO/WHO určen fiktivní protein, který má optimální složení esenciálních aminokyselin, hodnota AAS pro každou z nich je 100 % [1].

Aminokyselinové skóre AAS (%) se vypočítá pro každou esenciální aminokyselinu podle

$$\text{vztahu: } AAS = \frac{100 \cdot A_i}{A_{si}}$$

kde:

$A_i$  - obsah dané esenciální aminokyseliny v testovaném proteinu

$A_{si}$  - obsah té samé aminokyseliny ve standardním (referenčním) proteinu

Přesnější údaje o výživové hodnotě proteinů poskytuje index esenciálních aminokyselin EEAI, který zahrnuje příspěvek všech esenciálních aminokyselin k výživové hodnotě proteinů [1].

$$EAAI = \sqrt[n]{\frac{100 \cdot A_1}{A_{S1}} \cdot \frac{100 \cdot A_2}{A_{S2}} \cdot \frac{100 \cdot A_n}{A_{Sn}}}$$

## 5 VÝSLEDKY A DISKUZE

### 5.1 Stanovení celkového obsahu dusíkatých látek

První část vzorků jakonu byla stanovena za pomoci Automatické destilační jednotky Pro-Nitro 1430.

Pro stanovení druhé části vzorků byla použita Parnas-Wagnerova aparatura (klasická destilace).

Aritmetické průměry a směrodatné odchylky obsahu dusíkatých látek všech stanovených vzorků jsou uvedeny v tab. 7.

Tab. 7. Obsah dusíkatých látek ve vzorcích jakonu (v %)

Odrůda	Dusíkaté látky (%)	S. O.
PER 40 <sup>a</sup>	1,53	0,16
PŘE <sup>a</sup>	1,62	0,02
PER 90 <sup>a</sup>	1,62	0,02
PER 55 <sup>a</sup>	1,64	0,13
PER 30 <sup>a</sup>	1,74	0,02
PER 15/20 <sup>b</sup>	1,94	0,00
DEU <sup>a</sup>	1,99	0,07
BOL <sup>a</sup>	2,04	0,01
BELGIE-MOR <sup>a</sup>	2,20	0,19
LOCOTAL ŽL. <sup>a</sup>	2,29	0,00
PER 70 <sup>a</sup>	2,48	0,08
PER 10 <sup>b</sup>	2,50	0,05
PER 65 <sup>b</sup>	2,51	0,14
POLY 4 <sup>a</sup>	2,57	0,01
PER 60 <sup>b</sup>	2,64	0,00
ECU <sup>a</sup>	2,65	0,13
TUQUIZA <sup>a</sup>	2,74	0,05
PER 25 <sup>a</sup>	2,75	0,02
PER 50 <sup>b</sup>	2,77	0,14
PER 45 <sup>b</sup>	2,90	0,09
PER 75 <sup>b</sup>	2,91	0,05
NZL 2 <sup>b</sup>	2,91	0,11
NZL 1 <sup>a</sup>	3,10	0,18
PER 5 <sup>b</sup>	3,12	0,01
FIAL <sup>a</sup>	3,25	0,14
YANAYO GR. <sup>a</sup>	3,40	0,10
POLY 3 <sup>a</sup>	3,45	0,04
CUZCO <sup>b</sup>	3,53	0,01

Legenda: a – vzorky stanovené pomocí Automatické destilační jednotky Pro-Nitro 1430, b – vzorky stanovené klasickou destilací, S. O. – směrodatná odchylka

Srovnání aritmetického průměru obsahu dusíkatých látek v jednotlivých vzorcích jakonu znázorňuje graf v příloze P III.

Největší množství dusíkatých látek obsahovaly vzorky CUZCO (3,5 % sušiny), POLY 3 (3,5 % sušiny) a YANAYO GR. (3,4 % sušiny). Tyto výsledky korespondují s hodnotami u slupek brambor podle závěrů MÍČI a kol. [49], kteří uvádějí, že bramborová slupka obsahuje cca 3,5 % dusíkatých látek v sušině. Naopak nejmenší obsah dusíkatých látek byl stanoven u klonů PER 40 (1,5 % sušiny), PŘE (1,6 %), PER 90 (1,6 %) a PER 55 (1,6 %). Střední hodnoty % dusíkatých látek byly zjištěny u klonů PER 70 (2,5 % sušiny), PER 10 (2,5 %), PER 65 (2,5 %) a POLY 4 (2,6 %). Rozdíl mezi nejvyšším množstvím stanovených bílkovin (vzorky CUZCO, POLY 3) a nejnižším množstvím (vzorek PER 40) činil 57 %. Tento rozdíl bylo možno považovat za relativně vysoký. Průměrný obsah bílkovin v rámci všech vzorků jakonu byl zaznamenán v hodnotě 2,53 % sušiny.

Klony jakonu vytvářejí dusíkaté látky z anorganického zdroje dusíku v půdě. Pěstitelské podmínky (zejména úhrn srážek, průměrná teplota a délka vegetačního období) tak mají největší vliv na obsah dusíkatých látek v těchto plodinách. Všechny odrůdy s nejnižším obsahem dusíkatých látek byly vyšlechtěny v Peru, avšak vzorky s nejvyšší hodnotou dusíkatých látek pocházely z různých zemí (Peru, Bolívie, České republiky). Z výsledků tedy vyplývá, že oblast vyšlechtění jednotlivých klonů nemá podstatný vliv na obsah dusíkatých látek v těchto odrůdách, rozhodující jsou konkrétní pěstitelské podmínky.

## 5.2 Stanovení obsahu aminokyselin

Aminokyseliny uvolněné ze vzorků jakonu byly analyzovány za pomoci iontově výměnné kapalinové chromatografie na Automatickém analyzátoru aminokyselin AAA 400 (Ingot, Praha) postkolonovou ninhydrinovou deprivatizací a následně prostřednictvím spektrofotometrické detekce. Stanovená data jsou znázorněna v následujících tabulkách (viz tab. 8 – 14).



Tab. 8. Obsah jednotlivých aminokyselin [ $\text{v g} \cdot (\text{16 g N})^{-1}$ ] v klonech jakonu YANAYO GR., ECU, BOL a BELGIE-MOR

Odrůda	YANAYO GR.		ECU		BOL		BELGIE-MOR	
AMK	Ar. průměr	S.O.	Ar. průměr	S.O.	Ar. průměr	S.O.	Ar. průměr	S.O.
Asp	7,92	0,25	7,87	0,33	8,79	0,25	7,69	0,34
Thr	2,58	0,08	2,44	0,13	2,85	0,09	2,46	0,09
Ser	3,02	0,11	2,64	0,10	3,15	0,13	2,97	0,12
Glu	22,66	1,23	16,07	0,76	14,44	0,47	12,98	0,22
Pro	2,10	0,09	2,22	0,07	1,98	0,11	2,93	0,12
Gly	2,01	0,07	1,83	0,06	2,30	0,09	2,22	0,06
Ala	2,25	0,09	2,17	0,09	2,78	0,10	2,52	0,09
Val	2,52	0,07	2,57	0,11	3,06	0,11	2,81	0,05
Ile	2,19	0,08	2,18	0,11	2,52	0,15	2,13	0,03
Leu	2,88	0,10	2,73	0,12	3,41	0,22	3,11	0,03
Tyr	2,01	0,04	1,95	0,02	2,61	0,04	2,32	0,08
Phe	3,02	0,13	3,74	0,16	4,17	0,12	3,86	0,05
His	1,43	0,03	1,22	0,02	1,55	0,08	1,47	0,08
Lys	3,14	0,09	2,76	0,10	3,54	0,18	3,31	0,08
Arg	8,30	0,27	6,27	0,17	6,29	0,42	5,41	0,24
Cys	0,81	0,06	0,83	0,06	1,18	0,05	1,15	0,05
Met	0,93	0,05	1,02	0,04	1,06	0,06	0,93	0,04
$\Sigma$	<b>69,77</b>		<b>60,49</b>		<b>65,69</b>		<b>60,25</b>	

Legenda: AMK – aminokyselina, Ar. průměr – aritmetický průměr, S. O. – směrodatná odchylka,  $\Sigma$  - suma

Tab. 9. Obsah jednotlivých aminokyselin [v g·(16 g N)<sup>-1</sup>] v klonech jakonu POLY 3, TUQUIZA, POLY 4 a PER 55

Odrůda	POLY 3		TUQUIZA		POLY 4		PER 55	
	Ar. průměr	S.O.	Ar. průměr	S.O.	Ar. průměr	S.O.	Ar. průměr	S.O.
Asp	7,06	0,03	8,62	0,26	7,55	0,46	8,36	0,16
Thr	2,25	0,02	3,01	0,10	2,43	0,14	2,91	0,08
Ser	2,64	0,04	2,88	0,15	3,02	0,15	3,34	0,02
Glu	16,78	0,21	21,64	0,75	15,42	1,02	11,52	0,17
Pro	1,54	0,06	1,63	0,08	1,96	0,07	4,47	0,19
Gly	1,81	0,02	1,99	0,07	2,16	0,11	2,73	0,03
Ala	1,98	0,02	2,29	0,09	2,44	0,12	3,11	0,02
Val	2,44	0,02	2,98	0,11	2,67	0,15	2,96	0,05
Ile	2,00	0,09	2,52	0,11	2,36	0,07	2,41	0,08
Leu	2,75	0,07	3,02	0,12	3,09	0,11	3,90	0,12
Tyr	2,05	0,01	2,81	0,16	2,32	0,11	3,03	0,10
Phe	3,12	0,04	3,00	0,18	3,63	0,14	4,52	0,22
His	1,30	0,06	1,46	0,10	1,63	0,10	1,76	0,08
Lys	2,71	0,04	3,14	0,11	3,32	0,14	3,98	0,08
Arg	10,70	0,13	8,39	0,35	11,54	0,77	4,04	0,14
Cys	0,38	0,02	0,70	0,02	1,22	0,04	1,09	0,05
Met	0,73	0,04	0,76	0,03	0,74	0,02	1,36	0,03
Σ	<b>62,24</b>		<b>70,86</b>		<b>67,51</b>		<b>65,49</b>	

Legenda: AMK – aminokyselina, Ar. průměr – aritmetický průměr, S. O. – směrodatná odchylka, Σ - suma

Tab. 10. Obsah jednotlivých aminokyselin [ $\text{v g} \cdot (\text{16 g N})^{-1}$ ] v klonech jakonu PŘE, FIAL, NZL 1 a PER 70

Odrůda	PŘE		FIAL		NZL 1		PER 70	
	Ar. průměr	S.O.	Ar. průměr	S.O.	Ar. průměr	S.O.	Ar. průměr	S.O.
Asp	9,03	0,16	9,05	0,10	6,62	0,31	10,65	0,38
Thr	3,05	0,05	2,90	0,06	1,81	0,10	3,04	0,19
Ser	3,48	0,05	3,29	0,02	2,24	0,11	3,31	0,18
Glu	11,60	0,26	22,60	0,26	15,68	0,67	25,66	1,63
Pro	5,04	0,24	2,46	0,10	1,82	0,05	2,88	0,07
Gly	2,83	0,02	2,13	0,08	1,53	0,09	2,28	0,10
Ala	3,20	0,07	2,41	0,11	1,80	0,11	2,58	0,11
Val	3,12	0,03	2,94	0,07	2,07	0,04	3,10	0,14
Ile	2,45	0,13	2,42	0,01	1,66	0,06	2,68	0,11
Leu	4,00	0,23	3,09	0,03	2,32	0,13	3,26	0,15
Tyr	2,70	0,08	2,06	0,04	1,54	0,09	2,08	0,16
Phe	5,17	0,19	3,37	0,06	2,93	0,07	3,23	0,20
His	1,80	0,12	1,48	0,02	1,20	0,08	1,36	0,09
Lys	4,27	0,15	3,35	0,07	2,35	0,14	3,33	0,18
Arg	6,06	0,39	6,75	0,15	14,66	0,62	5,80	0,32
Cys	1,27	0,05	0,93	0,01	0,69	0,01	0,92	0,02
Met	1,38	0,03	1,03	0,01	0,82	0,01	1,02	0,04
$\Sigma$	<b>70,46</b>		<b>72,25</b>		<b>61,74</b>		<b>77,20</b>	

Legenda: AMK – aminokyselina, Ar. průměr – aritmetický průměr, S. O. – směrodatná odchylka,  $\Sigma$  - suma

Tab. 11. Obsah jednotlivých aminokyselin [ $\text{v g} \cdot (16 \text{ g N})^{-1}$ ] v klonech jakonu PER 40, PER 90, PER 25 a PER 30

Odrůda	PER 40		PER 90		PER 25		PER 30	
	Ar. průměr	S.O.	Ar. průměr	S.O.	Ar. průměr	S.O.	Ar. průměr	S.O.
Asp	7,85	0,33	8,80	0,34	8,08	0,18	9,08	0,32
Thr	2,79	0,14	3,21	0,04	2,82	0,05	3,33	0,10
Ser	3,17	0,14	3,80	0,13	2,72	0,02	3,46	0,18
Glu	10,04	0,52	12,03	0,12	19,20	0,44	14,63	0,63
Pro	2,69	0,20	6,99	0,17	1,53	0,04	3,11	0,08
Gly	2,53	0,16	3,05	0,10	1,94	0,05	2,64	0,08
Ala	2,96	0,18	3,48	0,16	2,37	0,06	3,13	0,11
Val	3,05	0,21	3,36	0,07	2,87	0,09	3,46	0,17
Ile	2,49	0,14	2,70	0,02	2,40	0,07	2,88	0,13
Leu	3,74	0,18	4,41	0,07	2,85	0,10	3,32	0,13
Tyr	2,47	0,17	2,55	0,04	1,70	0,07	2,42	0,10
Phe	3,93	0,17	4,95	0,20	3,54	0,08	3,65	0,12
His	1,43	0,03	1,71	0,09	1,23	0,06	1,35	0,06
Lys	3,72	0,26	4,69	0,20	3,01	0,09	3,63	0,18
Arg	7,19	0,44	5,07	0,16	11,35	0,21	6,31	0,23
Cys	1,07	0,03	1,39	0,02	0,82	0,05	1,21	0,02
Met	1,29	0,04	1,48	0,04	0,90	0,03	1,28	0,06
$\Sigma$	<b>62,41</b>		<b>73,67</b>		<b>69,33</b>		<b>68,88</b>	

Legenda: AMK – aminokyselina, Ar. průměr – aritmetický průměr, S. O. – směrodatná odchylka,  $\Sigma$  - suma

Tab. 12. Obsah jednotlivých aminokyselin [ $\text{v g} \cdot (16 \text{ g N})^{-1}$ ] v klonech jakonu LOCOTAL ŽLUTÝ, DEU, CUZCO a PER 50

Odrůda AMK	LOCOTAL ŽL.		DEU		CUZCO		PER 50	
	Ar. průměr	S.O.	Ar. průměr	S.O.	Ar. průměr	S.O.	Ar. průměr	S.O.
Asp	8,37	0,10	8,48	0,18	5,48	0,13	7,66	0,29
Thr	3,16	0,10	2,73	0,02	1,89	0,03	2,45	0,11
Ser	3,55	0,13	3,26	0,01	2,21	0,03	2,60	0,12
Glu	15,40	0,49	17,54	0,36	14,76	0,37	15,90	0,89
Pro	3,82	0,21	2,20	0,11	2,16	0,13	1,71	0,05
Gly	2,84	0,05	2,57	0,04	1,70	0,05	1,91	0,09
Ala	3,10	0,06	2,92	0,08	2,04	0,07	2,26	0,11
Val	3,48	0,08	3,26	0,12	2,21	0,04	2,65	0,12
Ile	2,78	0,04	2,49	0,03	1,68	0,05	2,14	0,11
Leu	4,04	0,05	3,48	0,05	2,39	0,06	2,81	0,15
Tyr	2,87	0,13	2,56	0,09	1,69	0,01	2,02	0,07
Phe	3,94	0,17	5,52	0,06	2,61	0,06	3,95	0,13
His	1,83	0,07	1,55	0,03	1,09	0,02	1,18	0,04
Lys	4,46	0,04	3,66	0,02	2,54	0,05	2,82	0,09
Arg	6,34	0,09	5,77	0,09	4,63	0,15	6,76	0,09
Cys	1,20	0,01	1,48	0,04	0,84	0,03	0,80	0,02
Met	1,41	0,05	1,21	0,01	0,78	0,01	0,98	0,04
$\Sigma$	<b>72,58</b>		<b>70,68</b>		<b>50,71</b>		<b>60,60</b>	

Legenda: AMK – aminokyselina, Ar. průměr – aritmetický průměr, S. O. – směrodatná odchylka,  $\Sigma$  - suma

Tab. 13. Obsah jednotlivých aminokyselin [ $\text{v g} \cdot (\text{16 g N})^{-1}$ ] v klonech jakonu NZL 2, PER 60, PER 65 a PER 10

Odrůda	NZL 2		PER 60		PER 65		PER 10	
	Ar. průměr	S.O.	Ar. průměr	S.O.	Ar. průměr	S.O.	Ar. průměr	S.O.
Asp	7,62	0,29	6,62	0,13	6,86	0,09	8,54	0,40
Thr	2,38	0,12	2,17	0,04	2,04	0,09	2,94	0,11
Ser	2,32	0,10	2,49	0,15	2,44	0,10	3,28	0,10
Glu	17,74	0,68	9,58	0,40	14,79	0,32	15,37	0,91
Pro	1,75	0,01	2,90	0,06	3,30	0,13	2,81	0,15
Gly	1,62	0,06	1,93	0,08	1,76	0,08	2,80	0,07
Ala	1,85	0,07	2,19	0,10	1,97	0,07	3,07	0,17
Val	2,41	0,14	2,44	0,11	2,51	0,03	3,41	0,21
Ile	2,06	0,12	2,03	0,09	1,97	0,04	2,50	0,13
Leu	2,26	0,11	2,78	0,15	2,52	0,07	3,58	0,18
Tyr	1,56	0,05	1,66	0,06	1,61	0,11	2,54	0,13
Phe	3,35	0,10	3,69	0,09	3,40	0,10	6,51	0,28
His	1,09	0,04	0,97	0,05	0,96	0,04	1,27	0,03
Lys	2,18	0,06	2,94	0,10	2,68	0,14	3,89	0,15
Arg	7,34	0,13	5,22	0,22	3,93	0,18	5,56	0,27
Cys	0,78	0,06	0,95	0,01	0,89	0,03	1,02	0,03
Met	0,89	0,04	0,94	0,04	0,91	0,05	1,28	0,03
$\Sigma$	<b>59,20</b>		<b>51,53</b>		<b>54,52</b>		<b>70,39</b>	

Legenda: AMK – aminokyselina, Ar. průměr – aritmetický průměr, S. O. – směrodatná odchylka,  $\Sigma$  - suma

Tab. 14. Obsah jednotlivých aminokyselin [ $\text{v g} \cdot (\text{16 g N})^{-1}$ ] v klonech jakonu PER 15/20, PER 75, PER 45 a PER 5

Odrůda	PER 15/20		PER 75		PER 45		PER 5	
	Ar. průměr	S.O.	Ar. průměr	S.O.	Ar. průměr	S.O.	Ar. průměr	S.O.
Asp	7,70	0,30	10,96	0,28	7,82	0,28	5,32	0,13
Thr	2,93	0,17	3,60	0,17	2,28	0,09	1,94	0,09
Ser	3,19	0,13	3,41	0,20	2,70	0,08	2,16	0,07
Glu	12,67	0,59	22,94	1,00	19,76	0,80	9,27	0,33
Pro	2,28	0,13	1,84	0,02	2,38	0,14	1,91	0,10
Gly	2,53	0,11	2,53	0,10	1,89	0,10	1,74	0,09
Ala	2,93	0,13	2,98	0,11	2,12	0,13	2,06	0,11
Val	3,53	0,09	3,48	0,17	2,94	0,07	2,34	0,06
Ile	2,83	0,11	2,94	0,19	2,32	0,08	1,84	0,12
Leu	3,70	0,13	3,66	0,23	2,81	0,10	2,52	0,14
Tyr	2,02	0,02	2,19	0,07	1,70	0,06	1,59	0,06
Phe	4,12	0,18	3,49	0,10	3,48	0,11	3,20	0,16
His	1,37	0,08	1,44	0,05	1,00	0,04	0,81	0,03
Lys	3,73	0,17	3,58	0,16	2,78	0,04	2,50	0,08
Arg	8,57	0,39	11,49	0,41	4,94	0,20	5,75	0,15
Cys	1,09	0,02	1,14	0,02	0,82	0,03	0,65	0,01
Met	1,22	0,01	1,20	0,03	0,87	0,03	0,81	0,01
$\Sigma$	<b>66,40</b>		<b>82,86</b>		<b>62,61</b>		<b>46,39</b>	

Legenda: AMK – aminokyselina, Ar. průměr – aritmetický průměr, S. O. – směrodatná odchylka,  $\Sigma$  - suma

Sumární hodnoty obsahu aminokyselin v jednotlivých klonech jakonu vyjádřené v tab. 8 - 14 znázorňuje graf v příloze P IV.

Nejvyšší zastoupení celkového obsahu aminokyselin představovaly klony PER 90, PER 70 a PER 75. Tato hodnota u vzorku PER 90 činila  $73,7 \text{ g} \cdot (16 \text{ g N})^{-1}$ , u klonu PER 70 činila  $77,2 \text{ g} \cdot (16 \text{ g N})^{-1}$  a nejvyšší hodnota byla stanovena u vzorku PER 75 a to  $82,9 \text{ g} \cdot (16 \text{ g N})^{-1}$ . Nejnižší množství celkového obsahu aminokyselin měl klon PER 5 [ $46,4 \text{ g} \cdot (16 \text{ g N})^{-1}$ ]. Velmi nízké hodnoty vykazovaly také vzorky CUZCO [ $50,7 \text{ g} \cdot (16 \text{ g N})^{-1}$ ] a PER 60 [ $51,5 \text{ g} \cdot (16 \text{ g N})^{-1}$ ].

Rozdíl mezi nejvyšším množstvím celkového obsahu aminokyselin (odrůda PER 75) a nejnižším množstvím (vzorek PER 5) měl hodnotu 44 %. Rozdíl mezi těmito klony se jevil jako poměrně vysoký. Průměrný obsah aminokyselin v rámci všech odrůd jakonu činil  $65,24 \text{ g} \cdot (16 \text{ g N})^{-1}$ . Ve vzorcích se v nejvyšším množství vyskytovala glutamová kyselina [průměrně  $8,31 \text{ g} \cdot (16 \text{ g N})^{-1}$ ], dále asparagová kyselina [ $4,13 \text{ g} \cdot (16 \text{ g N})^{-1}$ ] a arginin [ $3,71 \text{ g} \cdot (16 \text{ g N})^{-1}$ ]. V nejnižším množství byly obsaženy sирné aminokyseliny cystein [ $0,50 \text{ g} \cdot (16 \text{ g N})^{-1}$ ] a methionin [ $0,54 \text{ g} \cdot (16 \text{ g N})^{-1}$ ]. Tyto aminokyseliny lze u jakonu považovat za limitující.

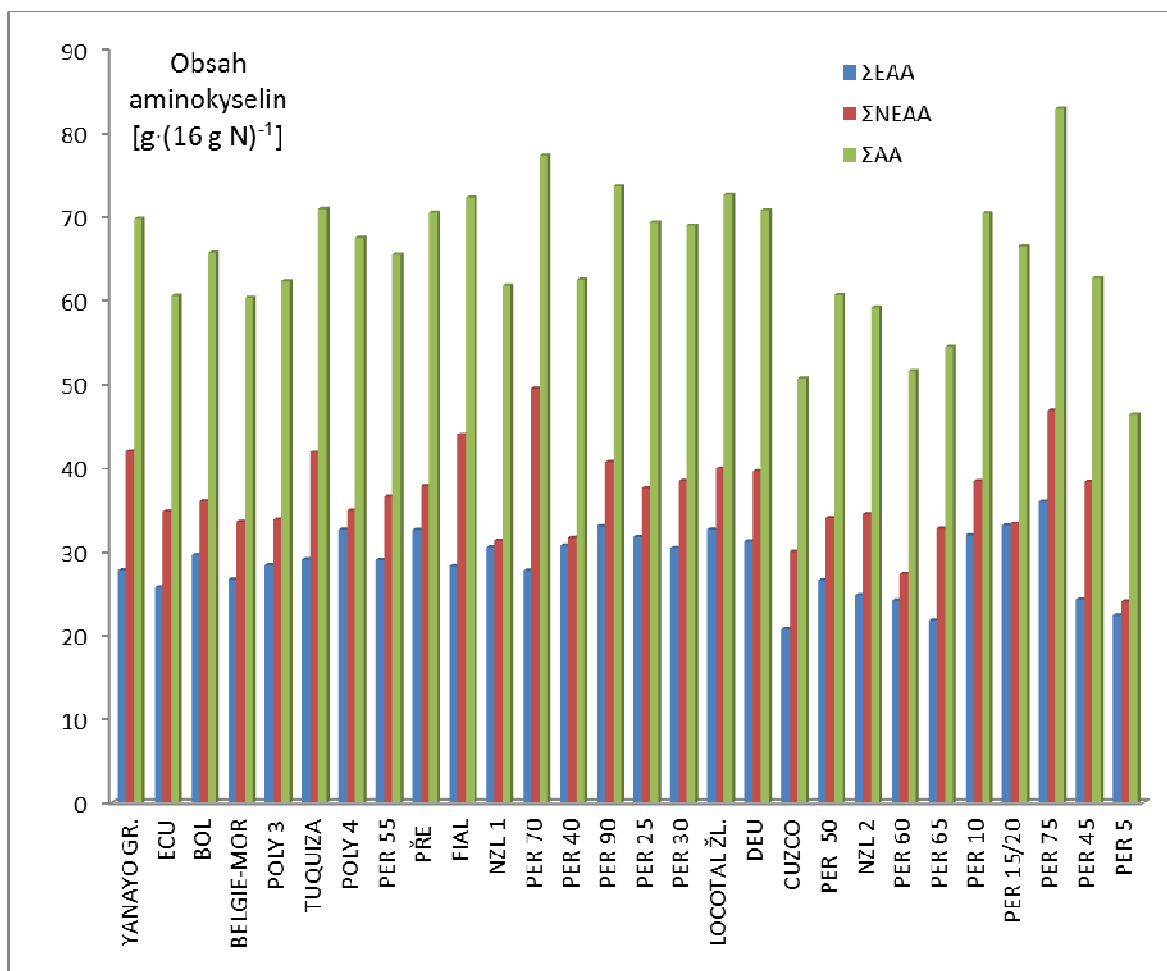
Zjištěný obsah jednotlivých aminokyselin odpovídá množství aminokyselin obvykle obsažených v různých zemědělských plodinách. Také aminokyseliny stanovené u jakonu v nejvyšším množství jsou srovnatelné s hodnotami obecně uváděnými u vhodných zemědělských plodin. Např. kyselina glutamová se ve velkém množství vyskytuje v různých obilovinách a luštěninách, kyselina asparagová v rostlinných bílkovinách (např. bílkovinách pšenice a kukuřice), arginin je běžně obsažen v olejninách (hlavně arašídech). Také sирné aminokyseliny methionin a cystein stanovené u jakonu v nejnižším množství jsou limitujícími aminokyselinami u mnoha zemědělských plodin (zvláště luštěnin).

Aminokyseliny jsou pro člověka nepostradatelnými složkami přijímanými v potravě. Jsou základními stavebními jednotkami bílkovin a peptidů, mají navíc mnoho dalších funkcí, jako je účast v metabolických drahách a syntéze dalších látek. Pro rostlinné plodiny, včetně jakonu, je dostatečný obsah aminokyselin nezbytný pro tvorbu dusíkatých látek i mnoha dalších sloučenin (např. rostlinných růstových hormonů). Nedostatek aminokyselin by tak u jakonu mohl vést k vážným potížím při vývoji celé rostliny.



Na základě získaných výsledků byl sestaven graf obsahu esenciálních, neesenciálních a celkových aminokyselin v jednotlivých klonech jakonu (viz obr. 9).

Obr. 9. Graf obsahu esenciálních, neesenciálních a celkových aminokyselin ve vzorcích jakonu



Legenda: ΣEAA - obsah esenciálních aminokyselin, ΣNEAA - obsah neesenciálních aminokyselin, ΣAA - obsah celkových aminokyselin

Z hlediska celkového obsahu esenciálních aminokyselin vykazoval nejvyšší hodnotu klon PER 75, která činila  $36,0 \text{ g} \cdot (16 \text{ g N})^{-1}$ . Nejnižší hodnoty obsahu esenciálních aminokyselin měly klony CUZCO [ $20,7 \text{ g} \cdot (16 \text{ g N})^{-1}$ ] a PER 65 [ $21,8 \text{ g} \cdot (16 \text{ g N})^{-1}$ ]. Rozdíl mezi nejvyšší hodnotou obsahu esenciálních aminokyselin (klon PER 75) a nejnižší (klon CUZCO) činil 43 %.

Z hlediska obsahu neesenciálních aminokyselin v jednotlivých odrůdách jakonu bylo nejnižší množství stanoveno u klonů PER 5 [ $24,0 \text{ g} \cdot (16 \text{ g N})^{-1}$ ], PER 60 [ $27,4 \text{ g} \cdot (16 \text{ g N})^{-1}$ ]. Naopak nejvyšší množství neesenciálních aminokyselin bylo určeno u vzorků PER 75

[46,8 g·(16 g N)<sup>-1</sup>] a PER 70 [49,4 g·(16 g N)<sup>-1</sup>]. Rozdíl mezi nejvyšším obsahem neesenciálních aminokyselin (klon PER 70) a obsahem nejnižším (klon PER 5) činil 51 %. Stejně jako v případě esenciálních aminokyselin se jednalo o relativně vysokou hodnotu.

### 5.3 Srovnání výživové hodnoty bílkovin jakonu

U jednotlivých klonů jakonu byla určena hodnota aminokyselinového skóre příslušných aminokyselin podle standardního proteinu FAO/WHO a následně byl vypočítán index esenciálních aminokyselin, který poskytl údaje o výživové hodnotě bílkovin jakonu. Získaná data jsou obsažena v následujících tabulkách (viz tab. 15 – 18).

Tab. 15. AAS a EAAI pro vzorky YANAYO GR., ECU, BOL, BELGIE-MOR, POLY 3, TUQUIZA a POLY 4

Index	AMK	YANAYO GR.	ECU	BOL	BELGIE-MOR	POLY 3	TUQUIZA	POLY 4
AAS	Thr	64,55	60,91	71,37	61,42	56,21	75,25	60,78
	Val	50,39	51,37	61,28	56,10	48,81	59,68	53,38
	Leu	41,10*	38,98*	48,78*	44,48*	39,25	43,09	44,12*
	Ile	54,70	54,56	63,08	53,20	50,10	63,02	58,88
	Lys	58,14	51,05	65,58	61,23	50,24	58,21	61,52
	ΣPhe+Tyr	82,48	93,16	111,08	101,23	84,72	95,28	97,51
	ΣCys+Met	49,76	52,84	64,02	59,22	31,65*	41,91*	56,00
EAAI		56,08	55,74	67,33	60,58	49,48	60,11	60,10

Legenda: AMK – aminokyselina, AAS – aminokyselinové skóre, EAAI – index esenciálních aminokyselin, \* – první limitující aminokyselina, Σ – suma

Tab. 16. AAS a EAAI pro vzorky PER 55, PŘE, FIAL, NZL 1, PER 70, PER 40  
a PER 90

Index	AMK	PER 55	PŘE	FIAL	NZL 1	PER 70	PER 40	PER 90
AAS	Thr	72,69	76,27	72,48	45,19	76,09	69,70	80,29
	Val	59,23	62,32	58,77	41,47	62,04	61,07	67,13
	Leu	55,76*	57,18*	44,14*	33,16*	46,62*	53,40*	63,06*
	Ile	60,19	61,22	60,48	41,44	66,92	62,29	67,55
	Lys	73,64	79,06	62,03	43,53	61,75	68,90	86,91
	ΣPhe+Tyr	123,88	129,06	88,99	73,20	87,03	105,01	122,93
	ΣCys+Met	70,02	75,86	55,99	43,14	55,48	67,49	82,00
EAAI		71,15	74,62	61,98	44,65	63,99	68,27	79,53

Legenda: AMK – aminokyselina, AAS – aminokyselinové skóre, EAAI – index esenciálních aminokyselin, \* – první limitující aminokyselina, Σ – suma

Tab. 17. AAS a EAAI pro vzorky PER 25, PER 30, LOCOTAL ŽL., DEU, CUZCO,  
PER 50 a NZL 2

Index	AMK	PER 25	PER 30	LOCOTAL ŽL.	DEU	CUZCO	PER 50	NZL 2
AAS	Thr	70,60	83,25	79,01	68,27	47,20	61,35	59,57
	Val	57,48	69,17	69,50	65,10	44,27	53,00	48,22
	Leu	40,68*	47,46*	57,78*	49,77*	34,19*	40,11*	32,27*
	Ile	60,05	71,96	69,46	62,27	41,99	53,41	51,46
	Lys	55,71	67,13	82,55	67,75	47,01	52,29	40,32
	ΣPhe+Tyr	85,97	99,62	111,63	132,49	70,56	97,76	80,51
	ΣCys+Met	49,13	71,17	74,45	76,58	46,45	50,97	47,83
EAAI		58,46	71,29	76,35	71,41	46,39	56,40	49,62

Legenda: AMK – aminokyselina, AAS – aminokyselinové skóre, EAAI – index esenciálních aminokyselin, \* – první limitující aminokyselina, Σ – suma

Tab. 18. AAS a EAAI pro vzorky PER 60, PER 65, PER 10, PER 15/20, PER 75, PER 45 a PER 5

Index	AMK	PER 60	PER 65	PER 10	PER 15/20	PER 75	PER 45	PER 5
AAS	Thr	54,15	50,94	73,57	73,17	90,04	57,03	48,41
	Val	48,86	50,21	68,17	70,53	69,53	58,90	46,78
	Leu	39,76*	35,93*	51,20*	52,79*	52,23*	40,14*	35,94*
	Ile	50,71	49,33	62,46	70,68	73,48	57,94	45,97
	Lys	54,52	49,68	71,96	69,00	66,33	51,45	46,24
	$\Sigma$ Phe+Tyr	87,75	81,98	148,45	100,77	93,13	84,81	78,56
	$\Sigma$ Cys+Met	54,14	51,39	65,65	66,05	66,73	48,32	41,75
EAAI		54,24	51,41	73,19	70,71	71,87	55,62	47,77

Legenda: AMK – aminokyselina, AAS – aminokyselinové skóre, EAAI – index esenciálních aminokyselin, \* – první limitující aminokyselina,  $\Sigma$  – suma

Hodnota aminokyselinového skóre jednotlivých aminokyselin byla stanovena podle standardního proteinu FAO/WHO. Aminokyseliny s nejnižší hodnotou aminokyselinového skóre jsou aminokyselinami limitujícími. U většiny vzorků jakonu byl jako první limitující aminokyselina stanoven leucin. U klonů POLY 3 a TUQUIZA byly jako první limitující aminokyseliny stanoveny cystein a methionin.

Určený index esenciálních aminokyselin (EAAI) příslušných klonů jakonu má jen teoretický charakter, protože neposkytuje objektivní obraz o skutečné využitelnosti daného proteinu organismem. Nejvyšší hodnota EAAI byla určena u klonu PER 90 (79,53), zatímco nejnižší vykazoval klon NZL 1 (44,65). Odrůda PER 90 se z tohoto hlediska jeví jako nutričně nejhodnotnější. Hodnota indexu esenciálních aminokyselin se u většiny vzorků pohybovala v rozmezí mezi 50 – 70. Získané výsledky EAAI jsou v souladu se závěry ČERNÉ [50], která stanovila indexy esenciálních aminokyselin u uskladněných brambor, jejichž hodnoty po 20 týdnech skladování činily přibližně 50 – 80. Jako limitující aminokyseliny byly u všech zkoumaných odrůd brambor zjištěny leucin a threonin, což

odpovídá výsledkům většiny klonů jakonu, u nichž byl jako první limitující aminokyselina vyhodnocen leucin.

Z hlediska indexu esenciálních aminokyselin se bílkoviny jakonu jeví jako poměrně nutričně hodnotné. Podobně jako brambory a jiné okopaniny (maka, topinambur, batáty) mohou odrůdy jakonu sloužit jako kvalitní a vhodný zdroj energie, včetně příjmu potřebných proteinů a aminokyselin. Obsahují přibližně srovnatelné množství bílkovin (0,5–2,5 % v čerstvé hlíze, u vyšetřovaných vzorků průměrně 2,53 % v sušině) ve srovnání s brambory (0,5–1,2 % bílkovin v hlíze), které jsou v podmínkách České republiky běžně konzumovány [34]. Jakon by se tak v budoucnu mohl uplatnit ve výživě českého obyvatelstva jako vhodná alternativní plodina k obvykle konzumovaným potravinám.

## ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo prokázat perspektivní využití jakonu v podmínkách naší země. Ve své teoretické části práce pojednává o využití jakonu jako kulturní plodiny, která nachází své uplatnění nejen ve výživě člověka a hospodářských zvířat, ale i v potravinářství pro své dietetické a diabetické účinky a při kulinárním zpracování.

Jakon je hlíznatá okopanina, která náleží mezi andské plodiny z čeledi hvězdnicovitých (*Asteraceae*). Diplomová práce popisuje rozšíření a pěstování jakonu ve světě, zaměřuje se zvláště na hospodářské využití a pěstování jakonu v klimatických podmínkách České republiky. Je zřejmé, že na tvorbu a výnos kořenových hlíz jakonu má vliv především úhrn srážek během vegetace, dále průměrná teplota a délka vegetačního období.

Z diplomové práce názorně vyplývá, že v současné době roste zájem o hledání nových forem konzumace jakonu a zároveň se vyvíjejí nové rozličné průmyslově zpracované výrobky. Jakon se např. využívá jako přídavek do marmelád z papáji, ananasu, citronu či pomerančů s optimálním podílem kolem 50 %. Z jakonu se také může zhotovovat sladký obcerstvivující nápoj či hustý sirup s vysokým podílem fruktooligosacharidů a nízkou kalorickou hodnotou. Z tohoto důvodu bývá tento sirup využíván jako náhražka klasických sladidel. Výluh z listů jakonu se může používat jako čaj. V současné době jsou největšími producenty jakonového čaje Brazílie a Japonsko.

Novinky v oblasti potravních doplňků a funkčních potravin, obsahujících biologicky aktivní přírodní látky, jsou ve 21. století orientovány na využití intaktních rostlin nebo rostlinných extraktů. Vzhledem k tomu, že jakon je možné pěstovat v České republice, lze předpokládat, že by potravní doplňky z této plodiny mohly být přínosem v prevenci a podpůrné léčbě onemocnění jako je *diabetes mellitus*, kardiovaskulární nemoci, únavový syndrom aj. Komplexní výzkum jakonu i dalších andských plodin, které lze vyprodukovat v našich domácích podmínkách, je spojen s malým ekonomickým rizikem a dobrými možnostmi rychlé aplikace získaných výsledků.

Praktická část diplomové práce se zabývala laboratorním stanovením obsahu aminokyselin ve 28 zkoumaných klonech jakonu, určením % dusíkatých látek v sušině daných vzorků a stanovením aminokyselinového skóre a indexu esenciálních aminokyselin. Naměřené hodnoty byly získány v roce 2011 na Ústavu technologie a mikrobiologie potravin Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně.

U jednotlivých klonů jakonu bylo zjištěno celkové množství dusíkatých látek. Rozdíl mezi nejvyšším množstvím stanovených bílkovin (u vzorků CUZCO a POLY 3, 3,5 % sušiny) a množstvím nejnižším (u vzorku PER 40, jen 1,5 % sušiny) byl poměrně vysoký (57 %). Průměrný obsah bílkovin v rámci všech vzorků činil 2,53 % sušiny. Tato hodnota je velmi dobře srovnatelná s bramborami, které obsahují přibližně stejné množství bílkovin.

Na základě získaných výsledků je možné předpokládat, že na tvorbu dusíkatých látek v jakonových hlízách mají největší vliv pěstitelské podmínky (úhrn srážek, průměrná teplota a délka vegetačního období), nikoliv však samotná oblast vyšlechtění jednotlivých klonů. Lze tudíž tvrdit, že i odrůdy vyšlechtěné v České republice (POLY 3 a POLY 4) jsou naprosto rovnocenné s ostatními vzorky, většinou pocházejícími z Jižní Ameriky.

Ve zkoumaných vzorcích jakonu byl též stanoven obsah jednotlivých aminokyselin. V nejvyšším množství se vyskytovaly neesenciální kyseliny glutamová a asparagová, významnou hodnotu vykazoval také semiesenciální arginin. Naopak v nejnižším množství byly zastoupeny sírné aminokyseliny cystein a methionin, které lze u jakonu považovat za limitující.

Z hlediska celkového aminokyselinového obsahu se jeví jako nejhodnotnější klon PER 75, který vykazoval nejvyšší zastoupení aminokyselin.

U vzorků jakonu byla také na základě indexu esenciálních aminokyselin vyhodnocena výživová hodnota bílkovin. Hodnoty EAAI se u většiny klonů vyskytovaly v rozmezí mezi 50 – 70. Tyto výsledky odpovídají indexům esenciálních aminokyselin stanoveným u brambor, navíc se shodují i v první limitující aminokyselině (leucin), která byla určena u většiny odrůd jakonu (pouze dva vzorky vykazovaly jako první limitující aminokyseliny cystein a methionin). Bílkoviny jakonu se tedy jeví jako nutričně hodnotné a rovnocenné s proteiny jiných okopanin.

Nejvyšší hodnota EAAI byla stanovena u odrůdy PER 90 (79,53), kterou je možné označit za nutričně nejhodnotnější ze zkoumaných vzorků jakonu.

Jakon lze považovat za velmi perspektivní plodinu, která by mohla v budoucnosti ve výživě českého obyvatelstva hrát významnou roli. Jakon by se mohl uplatnit především jako vhodná alternativní plodina k obvykle konzumovaným potravinám a obědovým přílohám, zvláště bramborám.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] VELÍŠEK, J., HAJŠLOVÁ, J. *Chemie potravin I.*, 3. vyd., Tábor: OSSIS, 2009, ISBN 978-80-86659-15-2.
- [2] VODRÁŽKA, Z. *Biochemie*, 2. vyd., Český Těšín: Academia, 2007, ISBN 978-80-200-0600-4.
- [3] HOZA, I., KRAMÁŘOVÁ, D., BUDÍNSKÝ, P. *Potravinářská biochemie I.*, 1. vyd., Zlín: UTB ve Zlíně, Academia Centrum, 2006, ISBN 80-7318-495-8.
- [4] VODRÁŽKA, Z. *Biochemie 3*, 1. vyd., Praha: Academia, 1993, ISBN 80-200-0471-8.
- [5] MURRAY, R. K., GRANNER, D. K., MAYES, P. A., RODWELL, V. W. *Harperova biochemie*, 4. vyd., Jinočany: H+H, 2002, ISBN 80-7319-013-3.
- [6] NEČAS, O. a kol. *Obecná biologie pro lékařské fakulty*, 3. vyd., Jinočany: H+H, 2000, ISBN 80-86022-46-3.
- [7] HOLEČEK, M. *Regulace metabolismu cukrů, tuků, bílkovin a aminokyselin*, 1. vyd., Praha: Grada Publishing, 2006, ISBN 80-247-1562-7.
- [8] STRAUB, F. B. *Biochemie*, 1. vyd., Praha: Nakladatelství Československé akademie věd, 1962, ISBN 21-060-62.
- [9] ŠÍCHO, V., VODRÁŽKA, Z., KRÁLOVÁ, B. *Potravinářská biochemie*, 2. vyd., Praha: SNTL, 1981, ISBN 04-815-81.
- [10] MIŠURCOVÁ, L. *Základy biologie*, 1. vyd., Zlín: UTB ve Zlíně, Academia Centrum, 2006, ISBN 80-7318-434-6.
- [11] PROCHÁZKA, S., MACHÁČKOVÁ, I., KREKULE, J., ŠEBÁNEK, J. a kol. *Fyziologie rostlin*, 1. vyd., Praha: Academia, 2003, ISBN 80-200-0586-2.
- [12] VALENTOVÁ, K., FRČEK, J., ULRICHOVÁ, J. Jakon (*Smallanthus sonchifolius*) a maka (*Lepidium meyenii*), tradiční andské plodiny jako nové funkční potraviny na evropském trhu, *Chemické listy*, sv. 95, č. 10, 2001, s. 594-601.



- [13] GRAU, A., REA, J. Yacon. *Smallanthus sonchifolius* (Poepp. et Endl.) H. Robinson, *Andean Roots and Tubers: Ahipa, Arracacha, Maca and Yacon*, Řím: IPGRI, 1997, s. 199-242.
- [14] PULKRÁBEK, J. *Okopaniny* [online]. [cit. 9-11-2011]. Dostupné na: <<http://etext.czu.cz/php/skripta>>.
- [15] HLAVA, B., TÁBORSKÝ, V., VALÍČEK, P. *Tropické a subtropické zeleniny: pěstování a využití*, 1.vyd., Praha: Brázda, 1998, ISBN 80-209-0274-0.
- [16] LACHMAN, J., FERNÁNDEZ, E. C., ORSÁK, M. Yacon [*Smallanthus sonchifolia* (Poepp. et Endl.) H. Robinson] chemical composition and use, *Plant Soil Environ*, sv. 49, č. 6, 2003, s. 283–290.
- [17] KINCL, L., KINCL, M., JAKRLOVÁ, J. *Biologie rostlin*, 3. vyd., Praha: Fortuna, 2000, ISBN 80-7168-736-7.
- [18] CUSIMAMANI, E. F., VIEHMANNOVÁ, I. a kol. *Netradiční plodiny pro diabetiky*, 1. vyd., Praha: Grada Publishing, 2010, ISBN 978-80-247-2811-7.
- [19] FERNÁNDEZ, C., RIESSOVÁ, M., ČEŠPIVA, J. Jakon [*Smallanthus sonchifolius* (POEPPIG a ENDLIGER) H. ROBINSON]: Výnos biomasy v klimatických podmínkách České republiky, *I. mezinárodní seminář „Andské plodiny“ v České republice*, Praha: KTSP ITSZ ČZU, 2003, s. 75-85, ISBN 80-213-1040-5.
- [20] ANDERSON, G. J., BROWN, T., CAPLAN, F. a kol. *Lost crops of the Incas: Little-Known Plants of the Andes with promise for Worldwide Cultivation*, 1. vyd., Washington: National Academy Press, 1989, ISBN 978-0-309-07461-2.
- [21] LEBEDA, A., DOLEŽALOVÁ, I. a kol. Biologická a chemická variabilita maky a jakonu, *Chemické listy*, sv. 97, 2003, s. 548-556.
- [22] FRČEK, J., LOYKOVÁ, V. *Alternativní a maloobjemové plodiny pro zdravou lidskou výživu. Sborník referátů z odborného semináře*, Praha: VÚRV, 1996, s. 28-51.
- [23] LOYKOVÁ, V., FRČEK, J. Ztracená plodina Inků – jakon nové ovoce i zelenina pro diabetiky, *Dia život*, č. 6, 1996, s. 12-13.

- [24] *Polymnia sonchifolia* – jakon [online]. [cit. 13-12-2011]. Dostupné na: <<http://www.garten.cz/a/cz/3288-polymnia-sonchifolia-jakon/>>.
- [25] FRČEK, J., LOYKOVÁ, V. Jakon – nová zelenina v kuchyni, *Výživa a potraviny*, sv. 52, č. 5, 1997, s. 131-132, ISSN 1211-846X.
- [26] LACHMAN, J., FERNÁNDEZ, E. C. a kol. Total phenolic content of yacon (*Smallanthus sonchifolius*) rhizomes, leaves, and roots affected by genotype, *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, sv. 35, 2007, s. 117-123.
- [27] DOUGLAS, J. A., FOLLET, J. M., WALLER, J. E. Effect of propagule weight on production of yacon (*Smallanthus sonchifolius*), *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, sv. 33, 2005, s. 143-148.
- [28] HERMANN, M., FREIRE, I., PAZOS, C. Compositional diversity of the yacon storage root, Lima: *CIP Program Report*, 1997-1998, s. 148-154.
- [29] OHYAMA, T. a kol. Composition of storage carbohydrate in tuber roots of yacon (*Polymnia sonchifolia*), *Soil Science and Plant Nutrition*, sv. 36, č. 1, 1990, s. 167-171.
- [30] ŠKÁRKA, B., FERENČÍK, M. *Biochémiá*, 1. vyd., Bratislava: Alfa, 1983, ISBN 63-556-83.
- [31] LACHMAN, J., HEJTMÁNKOVÁ A., DUDJAK, J., CUSIMAMANI, E. F., PIVEC, V. Zastoupení dominantních fenolických kyselin v různých částech jakonu [*Smallanthus sonchifolius* (Poepp. et Endl.) H. Robinson], *KTSP ITSZ ČZU*, Praha: I. mezinárodní seminář „Andské plodiny“ v České republice, 2003, s. 67-74, ISBN 80-213-1040-5.
- [32] SIMONOVSKA, B. a kol. Investigation of phenolic acids in yacon (*Smallanthus sonchifolius*) leaves and tubers, *Journal of Chromatography A*, sv. 1016, 2003, s. 89–98.
- [33] JANDERA, P. a kol. RP-HPLC analysis of phenolic compounds and flavonoids in beverages and plant extracts using a CoulArray detector, *Journal of Separation Science*, sv. 28, 2005, s. 1005-1022.
- [34] HRABĚ, J., ROP, O., HOZA, I. *Technologie výroby potravin rostlinného původu*, 1. vyd., Zlín: UTB ve Zlíně, Academia Centrum, 2005, ISBN 80-7318-372-2.

- [35] MICHL, J., Jakon – nová okopanina, *Úroda*, sv. 43, č. 6, 1995, s. 44-45.
- [36] QUIRÓS, F. C., CÁRDENAS, A. C. Maca. *Lepidium meyenii* Walp., *Andean Roots and Tubers: Ahipa, Arracacha, Maca and Yacon*, Řím: IPGRI, 1997, s. 173-197.
- [37] DA SILVA, M. A. S. a kol. Production of yacon plantlet (*Polymnia sonchifolia* Poepp. et Endl.) in different organic fertilization, *ISHS Acta Horticulturae 576*, Budapešť: *Int. Conference on Medicinal and Aromatic Plants*, 2002.
- [38] CISNEROS-ZEVALLOS, L. A. a kol. Characterization and evaluation of fructooligosaccharides on yacon roots (*Smallanthus sonchifolia* Poepp. et Endl.) during storage, *Abstr. of Session 15 E, Nutraceuticals and Functional Foods*, Anaheim: 2002 Annual Meeting and Food Expo-Anaheim, 2002.
- [39] PEDRESCHI, R. a kol. Fermentation of fructooligosaccharides from yacon (*Smallanthus sonchifolia* Poepp. et Endl.) by *L. acidophilus* NRRL B-1910, *L. brevis* NRRL B-4527, *L. gasseri* NRRL B-14168, *L. plantarum* NRRL B-4496 and *B. bifidum*, *Abstr. of Session 84, Nutraceuticals and Functional Foods*, Anaheim: 2002 Annual Meeting and Food Expo-Anaheim, 2002, s. 84-89.
- [40] ZARDINI, E. Ethnobotanical notes on „yacon“, *Econom. Botany*, sv. 45, 1991, s. 72-85.
- [41] QUEMENER, B., THIBAUT, J. F., COUSEMENT, P. Determination of inulin and oligofructose in food products and integration in the AOAC method for measurement of total dietary fibre, *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*, sv. 27, 1994, s. 125-132.
- [42] HONDO, M., NAKANO, A., OKUMURA, Y., YAMAKI, T. Effects of activated carbon powder treatment on clarification, decolorization, deodorization and fructooligosaccharide content of yacon juice, *Journal of the Japanese Society for Food Science and Technology*, sv. 47, 2000, s. 148-154.
- [43] KAKIHARA, T. S., CÂMARA, F. L. A., VILHENA, S. M. S. Cultivation and processing of yacon: A Brazilian experience, Botucatú: 1<sup>st</sup> Yacon Workshop, 1997.

- [44] VOLPATO, G. T. a kol. Study of the hypoglycemic effects of *Polymnia sonchifolia* leaf extracts in rats, Mendoza: II. World Congress Medicinal and aromatic plants for human welfare, 1997.
- [45] LACHMAN, J., DUDJAK, J., FERNÁNDEZ, C., PIVEC, V. Obsah polyfenolických antioxidantů ve vybraných orgánech jakonu [*Smallanthus sonchifolius* (POEPPIG a ENDLIGER) H. ROBINSON], *KTSP ITSZ ČZU*, Praha: I. mezinárodní seminář „Andské plodiny“ v České republice, 2003, s. 47-54, ISBN 80-213-1040-5.
- [46] Lahodné a zdravé hlízy jakonu, plodiny Inků, vypěstujete i na zahradě [online]. [9-11-2011]. Dostupné na: <<http://www.ireceptar.cz/zahrada/jakon-plodina-inku/>>.
- [47] BUŇKA, F., NOVÁK, V., KADIDLOVÁ, H. *Ekonomika výživy a výživová politika I.*, Zlín: UTB ve Zlíně, Academia Centrum, 2006, ISBN 80-7318-429-X.
- [48] DAVÍDEK, J., VELÍŠEK, J. *Analýza potravin*, Praha: VŠCHT, 1992.
- [49] MÍČA, B., VOKÁL, B. Dusíkaté látky a jejich vztah ke kvalitě brambor, *Bramborářství*, sv. 5, 1997, s. 5-8.
- [50] ČERNÁ, M. *Nutriční hodnota bramborových hlíz a vlivy působící na její změny*, disertační práce, Zlín: FT UTB ve Zlíně, 2010.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

AAA	automatický analyzátor aminokyselin
AAS	aminokyselinové skóre
$A_i$	obsah esenciální aminokyseliny v testovaném proteinu
$A_{si}$	obsah esenciální aminokyseliny ve standardním (referenčním) proteinu
Ala	alanin
AMK	aminokyselina
Ar. průměr	aritmetický průměr
Arg	arginin
Asn	asparagin
Asp	asparagová kyselina
Cys	cystein
ČR	Česká republika
EAAI	index esenciálních aminokyselin
FAO	Organizace pro výživu a zemědělství
GABA	$\gamma$ -aminomáselná kyselina
Gln	glutamin
Glu	glutamová kyselina
Gly	glycin
His	histidin
Ile	isoleucin
Leu	leucin
Lys	lysin
Met	methionin
N – látky	dušíkaté látky

---

Phe	fenylalanin
Pro	prolin
Ser	serin
S. O.	směrodatná odchylka
Thr	threonin
Trp	tryptofan
Tyr	tyrosin
Val	valin
WHO	Světová zdravotnická organizace
$\Sigma$	suma

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obr. 1. Základní obecný vzorec aminokyselin [6].....	13
Obr. 2. Vzhled jakonu [12] .....	25
Obr. 3. Botanický popis jednotlivých částí jakonu [16] .....	25
Obr. 4. Morfotypy kořenových hlíz jakonu [21].....	26
Obr. 5. Vzorec inulinu [18].....	27
Obr. 6. Vzhled bramboru hlíznatého .....	30
Obr. 7. Topinambur hlíznatý.....	31
Obr. 8. Vzhled maky [12] .....	33
Obr. 9. Graf obsahu esenciálních, neesenciálních a celkových aminokyselin ve vzorcích jakonu .....	57

**SEZNAM TABULEK**

Tab. 1. Chemické složení hlíz jakonu [16] .....	29
Tab. 2. Obsah oligofruktanů inulinu ve vybraných okopaninách [18] .....	29
Tab. 3. Chemické složení jakonu a vybraných okopanin (v % sušiny) [35].....	31
Tab. 4. Chemické složení jakonu a maky v % [12] .....	32
Tab. 5. Vybrané aminokyseliny obsažené v sušených hypokotylech maky (mg·g <sup>-1</sup> bílkovin) [36] .....	32
Tab. 6. Charakteristika klonů jakonu .....	39
Tab. 7. Obsah dusíkatých látek ve vzorcích jakonu (v %).....	47
Tab. 8. Obsah jednotlivých aminokyselin [v g·(16 g N) <sup>-1</sup> ] v klonech jakonu YANAYO GR., ECU, BOL a BELGIE-MOR .....	49
Tab. 9. Obsah jednotlivých aminokyselin [v g·(16 g N) <sup>-1</sup> ] v klonech jakonu POLY 3, TUQUIZA, POLY 4 a PER 55 .....	50
Tab. 10. Obsah jednotlivých aminokyselin [v g·(16 g N) <sup>-1</sup> ] v klonech jakonu PŘE, FIAL, NZL 1 a PER 70.....	51
Tab. 11. Obsah jednotlivých aminokyselin [v g·(16 g N) <sup>-1</sup> ] v klonech jakonu PER 40, PER 90, PER 25 a PER 30 .....	52
Tab. 12. Obsah jednotlivých aminokyselin [v g·(16 g N) <sup>-1</sup> ] v klonech jakonu LOCOTAL ŽLUTÝ, DEU, CUZCO a PER 50.....	53
Tab. 13. Obsah jednotlivých aminokyselin [v g·(16 g N) <sup>-1</sup> ] v klonech jakonu NZL 2, PER 60, PER 65 a PER 10 .....	54
Tab. 14. Obsah jednotlivých aminokyselin [v g·(16 g N) <sup>-1</sup> ] v klonech jakonu PER 15/20, PER 75, PER 45 a PER 5 .....	55
Tab. 15. AAS a EAAI pro vzorky YANAYO GR., ECU, BOL, BELGIE-MOR, POLY 3, TUQUIZA a POLY 4 .....	58
Tab. 16. AAS a EAAI pro vzorky PER 55, PŘE, FIAL, NZL 1, PER 70, PER 40 a PER 90.....	59
Tab. 17. AAS a EAAI pro vzorky PER 25, PER 30, LOCOTAL ŽL., DEU, CUZCO, PER 50 a NZL 2 .....	59
Tab. 18. AAS a EAAI pro vzorky PER 60, PER 65, PER 10, PER 15/20, PER 75, PER 45 a PER 5.....	60



## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Kulinářské recepty s jakonem [18]

Příloha P II: Fotografie vybraných hlíz zkoumaných klonů jakonu

Příloha P III: Graf závislosti obsahu dusíkatých látek na jednotlivých klonech jakonu

Příloha P IV: Graf celkového obsahu aminokyselin v jednotlivých klonech jakonu

## **PŘÍLOHA P I: KULINÁŘSKÉ RECEPTY S JAKONEM [18]**

### **Džus z jakonu**

**Suroviny:** 3 kg hlíz jakonu, lžice kyseliny citronové, 0,5 kg cukru a 3 citrony.

**Postup:** Hlízy okrájíme a nastrouháme na nudličky. Přidáme vrchovatou lžící kyseliny citronové, cukr, citrony nakrájené na kolečka a zalijeme 2,5 litrem vody. Necháme odstát do druhého dne, pak vše vaříme do měkka asi půl hodiny. Poté rozmixujeme a necháme vychladnout. Zředíme s 10 litry převařené vody.

### **Zeleninovo-jakonový salát (10 porcí á cca 120 g)**

**Suroviny:** 350 g očištěného jakonu, 350 g čínského nebo bílého zelí, 350 g karotky, 100 g cibule, 50 g oleje, 20 g soli, bylinky, 1 g mletého pepře, 1 ks citronu (cca 150 g).

**Postup:** Z oleje, citronové šťávy, soli, mletého pepře a směsi čerstvých nebo sušených bylinek připravíme v míse dresink (zálivku), do kterého vložíme najemno nakrájené zelí, jakon, cibuli a karotku. Zlehka zamícháme. Salát podáváme náležitě vychlazený.

### **Ovocný salát ze syrového jakonu**

**Suroviny:** 500 g syrových hlíz jakonu, 2 hrušky, 1 pomeranč nebo mandarinka, limetová šťáva, ananasový kompot, 1 bílý jogurt.

**Postup:** Hlízy jakonu oloupeme a nakrájíme na jemné plátky. Vložíme do mísy. Hrušky a pomeranč nebo mandarinku oloupeme a vyjmeme měsíčky; vše nakrájíme na kostky. Přidáme k jakonu. Dochutíme limetovou a ananasovou šťávou z kompotu. Můžeme zalít bílým jogurtem. Dokonale promícháme a podáváme jako osvěžující salát.

### **Džem z jakonu, jablek a ananasu**

**Suroviny:** 250 g oloupaného jakonu, 250 g jablek, 200 g ananasu, šťáva z 1 citronu, 1 dietní želírovací ovocný cukr, 2 kusy celé skořice.

**Postup:** Jablka a ananas oloupeme, omyjeme a namixujeme nahrubo. Přidáme jemně nastrouhaný jakon a pokapeme šťávou z citronu. Směs dáme do většího hrnce, přidáme

skořici, dietní želírovací cukr a promícháme. Vše za stálého míchání přivedeme k varu a důkladně povaříme minimálně 3 minuty.

Uvařenou směs zbavenou pěny ihned plníme až po okraj do připravených čistých šroubovacích sklenic. Sklenice uzavřeme, obrátíme dnem vzhůru a asi 5 minut necháme stát na víčku.

### **Vepřové soté s jakonem (10 porcí)**

**Suroviny:** 1 kg vepřové panenky (vepřové maso bez kosti, kýta, odkostěná pečeně), 0,5 kg jakonu, 150 g oleje, 100 g másla, 30 g škrobu (solamyl nebo maizena), 150 g karotky, 20 g soli, 1 g bílého pepře, 150 g cibule nebo póruku.

**Postup:** Vepřové maso nakrájíme na úzké proužky, vložíme do misky. Osolíme, okořeníme, přidáme škrob a necháme 1 hodinu odležet. Do hrnce (pánve) nalijeme olej a nahřejeme. Vložíme maso a osmahneme. Dále přidáme máslo, na proužky nakrájenou cibuli (pórek), karotku a jakon. Vše společně osmahneme. Podáváme s rýží nebo s bramborem.

### **Čína s jakony**

**Suroviny:** 0,5 kg vepřového masa, 200 g jakonu, 200 g kedlubny, 200 g syrového zelí, 6 lžic oleje, 2 lžíce sójové omáčky, 1 lžička mletého zázvoru, půl lžičky práškového cukru, 1 lžička solamylu, sůl.

**Postup:** Maso nakrájíme na nudličky, přisypeme solamyl a cukr a na oleji zprudka opečeme (asi 4 minuty). Pak přidáme zázvor, sójovou omáčku, trochu vody a necháme dusit. Na kostičky nakrájíme jakony, kedlubny a zelí. Dáme vařit zvlášť, přisolíme. Když je zelenina uvařená, přidáme ji k hotovému masu a ještě asi hodinu podusíme společně. Jako příloha se většinou podává rýže.

**PŘÍLOHA P II: FOTOGRAFIE VYBRANÝCH HLÍZ ZKOUMANÝCH  
KLONŮ JAKONU**





ECU

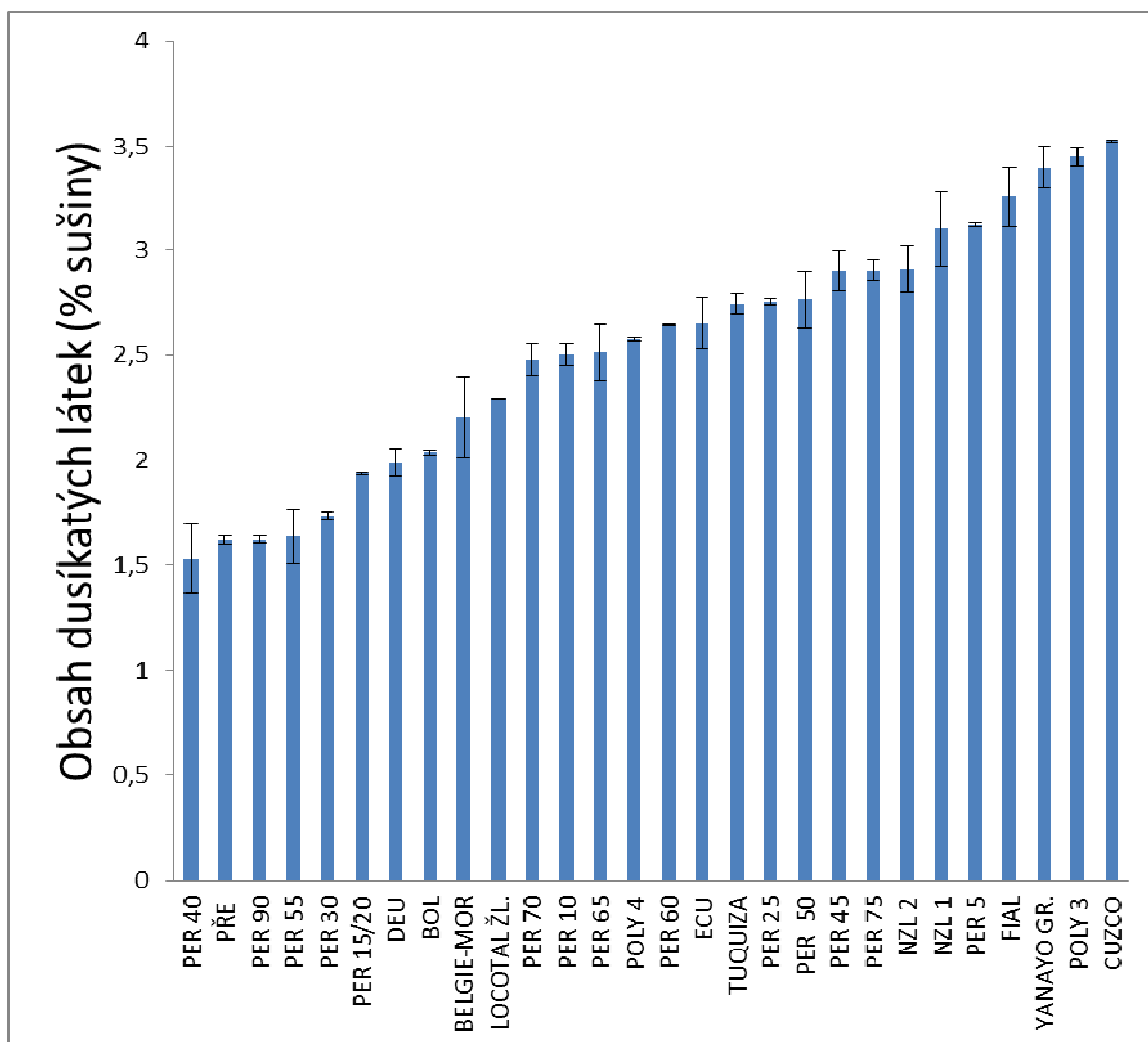


LOCOTAL ŽL.



PER 75

## PŘÍLOHA P III: GRAF ZÁVISLOSTI OBSAHU DUSÍKATÝCH LÁTEK NA JEDNOTLIVÝCH KLONECH JAKONU



## PŘÍLOHA P IV: GRAF CELKOVÉHO OBSAHU AMINOKYSELIN V JEDNOTLIVÝCH KLONECH JAKONU

