

# Obsah celkových polyfenolů v hlízách jakonu

Bc. Petra Kučerová

---

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. Petra KUČEROVÁ**  
Osobní číslo: **T10409**  
Studijní program: **N 2901 Chemie a technologie potravin**  
Studijní obor: **Technologie, hygiena a ekonomika výroby potravin**

Téma práce: **Obsah celkových polyfenolů v hlízách jakonu**

Zásady pro vypracování:

### **I. Teoretická část**

- 1. Andské plodiny, botanický popis, rozšíření a pěstování.**
- 2. Chemické složení a biologické účinky jejich komponent, zejména polyfenolů.**
- 3. Možnosti detekce polyfenolů v rostlinném materiálu.**

### **II. Praktická část**

- 1. Ve vzorcích jakonu stanovte obsah polyfenolů**
- 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, 1999.

[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*

## 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 16.4.2012

Kučerová

---

<sup>1)</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). Odpirá-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**

Diplomová práce se zabývá sledováním vlivu klonů jakonu na obsah polyfenolických látek v jejich hlízách. Teoretická část je věnována stručnému přehledu andských plodin, jejich botanickému popisu, rozšíření a pěstování. Dále je popsáno chemické složení jakonu a biologické účinky jejich komponent, zejména polyfenolů. Součástí je rovněž přehled metod používaných pro detekci polyfenolů v rostlinných materiálech. Pro praktickou část bylo použito 28 klonů hlíz jakonu a bylo provedeno stanovení obsahu polyfenolů. Získané výsledky byly porovnány s literaturou.

Klíčová slova: andské plodiny, jakon, polyfenoly, kyselina gallová

## **ABSTRACT**

The thesis deals with monitoring the impact of yacon clones to content of polyphenolic compounds in their tubers. The theoretical part is devoted to brief overview of Andean crops, their botanical description, distribution and cultivation. The following describes the chemical composition of yacon and biological effects of their components, especially polyphenols. Also includes an overview of methods used for the detection of polyphenols in plant materials. For the practical part was used 28 clones of yacon tubers and was performed determination of polyphenols. The obtained results were compared with literature.

Keywords: Andean crops, yacon, polyphenols, gallic acid

Poděkování:

Ráda bych poděkovala svojí vedoucí práce Mgr. Monice Dvořákové, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady a čas, který mi věnovala při vypracování mé diplomové práce. Dále bych chtěla poděkovat všem pracovníkům Ústavu technologie a mikrobiologie potravin za pomoc v laboratořích.

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

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>8</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>10</b>
<b>1 ANDSKÉ PLODINY</b> .....	<b>11</b>
1.1 MELOK HLÍZNATÝ ( <i>ULLUCUS TUBEROSUS</i> ).....	11
1.2 OKA ( <i>OXALIS TUBEROSA</i> ) .....	12
1.3 AHIPA ( <i>PACHYRHIZUS AHIPA</i> ).....	13
1.4 ARAKAČA ( <i>ARRACACIA XANTHORRIZA</i> ).....	14
1.5 LICOŘEŘIŠNICE HLÍZNATÁ ( <i>TROPAEOLUM TUBEROSUM</i> ) .....	14
1.6 MAKA ( <i>LEPIDIUM MEYENII</i> ) .....	15
1.7 JAKON ( <i>SMALLANTHUS SONCHIFOLIUS</i> ).....	17
<b>2 CHEMICKÉ SLOŽENÍ</b> .....	<b>21</b>
<b>3 MOŽNOSTI DETEKCE POLYFENOLŮ V ROSTLINNÝCH MATERIÁLECH</b> .....	<b>31</b>
3.1 METODA STANOVENÍ CELKOVÝCH POLYFENOLŮ (CP) .....	31
3.1.1 Folin-Ciocalteu metoda (FC) .....	31
3.1.2 Metoda Price and Butler (PBM) .....	32
3.1.3 Stanovení fenolu 4-amino-antipyrinem (AAPM) .....	33
3.1.4 Stanovení celkových polyfenolů dle EBC .....	33
3.2 STANOVENÍ JEDNOTLIVÝCH POLYFENOLICKÝCH LÁTEK .....	33
3.3 STANOVENÍ JEDNOTLIVÝCH FENOLICKÝCH KYSELIN .....	37
3.3.1 Chromatografie na tenké vrstvě .....	37
3.3.2 Plynová chromatografie .....	38
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>41</b>
<b>4 CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE</b> .....	<b>42</b>
<b>5 METODIKA A MATERIÁL</b> .....	<b>43</b>
5.1 CHARAKTERISTIKA ANALYZOVANÝCH VZORKŮ .....	43
5.2 CHEMICKÉ ANALÝZY .....	45
5.2.1 Stanovení obsahu vlhkosti.....	45
5.2.2 Stanovení obsahu celkových polyfenolů.....	46
5.2.3 Statistické vyhodnocení dat.....	48
<b>6 VÝSLEDKY A DISKUZE</b> .....	<b>49</b>
6.1 OBSAH VLHKOSTI.....	49
6.2 OBSAH CELKOVÝCH POLYFENOLŮ.....	51
<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>55</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY</b> .....	<b>57</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK</b> .....	<b>70</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ</b> .....	<b>72</b>
<b>SEZNAM TABULEK</b> .....	<b>73</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH</b> .....	<b>74</b>



## ÚVOD

Andy představují jedno z nejhojnějších genetických center. Oblasti And nabízejí stovky původních druhů rostlin, které byly v posledních letech domestikovány andskými zemědělci. Jedná se např. o brambory (*Solanum tuberosum*), kukuřici (*Zea mays*) a další rostliny známé po celém světě, hrající důležitou roli ve výživě mnoha lidí. Na druhou stranu spousta z nich není příliš rozšířená a známa, jako např. jakon (*Smallanthus sonchifolius*), kterému se věnuji ve své práci.

Jakon (*Smallanthus sonchifolius*) patří do čeledi hvězdicovitých (*Asteraceae*), jeho původ sahá do Jižní Ameriky, kde jeho hlavní pěstitelské oblasti jsou Peru, Bolívie, Kolumbie a Ekvádor. Pěstuje se pro šťavnaté a nasládlé hlízy, které mají příznivé účinky pro diabetiky. Jakon produkuje dva druhy hlíz, a to oddenkové a kořenové. Jejich velikost a tvar je dán příslušným kultivarem. Oddenkové hlízy se nazývají kaudexy, což jsou nejedlé hlízy sloužící k vegetativnímu rozmnožování. Kořenové hlízy jsou jedlé a v mnoha zemích jsou považovány za delikatesu. Používají se do ovocných či zeleninových salátů, mohou se také upravovat vařením a pečením. Hlízy jakonu jsou bohaté na polyfenolické látky a fruktooligosacharidy, které snižují hladinu glukózy v krvi, zlepšují rovnováhu střevní mikroflóry a fungují jako prebiotika. Polyfenoly mají příznivé účinky na lidské zdraví. Většina biomasy je tvořena vodou, díky tomu mají hlízy poměrně nízkou energetickou hodnotu, tudíž jsou vhodnou potravou pro diabetiky, lidi trpící nadváhou a obezitou. Hlízy a listy jakonu mají hojné zastoupení inulinu a jsou dobrým zdrojem antioxidantů. Důležitými přítomnými antioxidanty jsou kyselina chlorogenová a tryptofan. Jakon, jako přírodní antioxidant má velký význam pro lidské zdraví, chrání buněčné membrány před poškozením kyslíkatými radikály a jeho důsledky na kardiovaskulární onemocnění a rakovinu. Z dalších chemických látek jsou zastoupeny vitaminy, minerální látky, proteiny, a to v nepatrném množství. Dále jsou přítomny fytoalexiny, silice, seskvi- a diterpeny s obranným účinkem proti hmyzu. V listech jakonu byly rovněž vyizolovány melampolidy (sonchifolin, polymatin A, uvedalin, enhydrin).

Pro detekci polyfenolických látek v rostlinných materiálech je možno uplatnit několik metod. Pro stanovení celkového počtu lze použít metodu založenou na Folin-Ciocalteu činidlu, kdy se obsah polyfenolických látek určí metodou kalibrační křivky a vyjádří se v ekvivalentu například kyseliny gallové, ferulové, kávové nebo katechinu. Absorbance se poté měří v rozmezí 400 – 760 nm. Další metody, které je možno použít jsou Price and

Butler, European Brewery Convention a stanovení fenolu 4-amino-antipyrinem. Jednotlivé polyfenoly se stanovují vysoce účinnou kapalinovou chromatografií, která se dnes považuje za nejpoužívanější metodu pro separaci a kvantifikaci polyfenolických sloučenin. Pro stanovení fenolických kyselin se aplikují metody chromatografické, zejména chromatografie na tenké vrstvě, plynová nebo kapalinová chromatografie.

Cílem diplomové práce bylo sledovat vliv polyfenolických látek v hlízách jakonu, provedení laboratorního měření, statistické vyhodnocení výsledků a jejich porovnání s dostupnou literaturou.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 ANDSKÉ PLODINY

Oblasti And skrývají celou řadu ekologických nik, včetně tropických hor, Pacifické pobřeží a vlhké amazonské nížiny. Tyto oblasti obsahují velkou rozmanitost rostlin [1, 2]. Řada důležitých plodin používaných po celém světě pochází právě odtud [3]. Pro andské farmáře mají tyto plodiny význam jak nutriční, pro zachování jejich existence, tak ekonomický. Rostou ve vysokých nadmořských výškách, ve velmi obtížných podmínkách sucha, mrazu a ultrafialového záření. Tyto méně známé kořeny a hlízy nabízejí léčivé vlastnosti, vysoký obsah vitaminů, stopových prvků a škrobu [4].

Mezi andské plodiny pocházející z Jižní Ameriky se řadí následující rostliny:

- Melok hlíznatý (*Ullucus tuberosus*)
- Oka (*Oxalis tuberosa*)
- Ahipa (*Pachyrhizus ahipa*)
- Arakača (*Arracacia xanthorrhiza*)
- Lichořeřišnice hlíznatá (*Tropaeolum tuberosum*)
- Maka (*Lepidium meyenii*)
- Jakon (*Smallanthus sonchifolius*) [5].

### 1.1 Melok hlíznatý (*Ullucus tuberosus*)

*U. tuberosus* dorůstá výšky 50 cm a je řazen mezi trvalky a byliny [6]. Hlízy jsou protáhlé nebo zakřivené s tenkou, jemnou slupkou s nenápadnými pupeny. Barva hlíz může být bílá, růžová, oranžová, fialová, červená nebo s fialovými skvrnami na žlutém pozadí [3]. Hlízy se svým tvarem podobají bramborám. Tato rostlina je velmi jednoduchá na pěstování, a to díky své odolnosti vůči mrazu a suchu [6]. Pěstuje se v nadmořské výšce 3000 – 3800 m n. m. ve střední a severní oblasti And, včetně Peru, Bolívie, Ekvádoru, Kolumbie, Venezuely a Chile. Melok hlíznatý je vynikajícím zdrojem proteinů, sacharidů a vitamínu C [3]. Mimo hlíz se konzumují i listy, které jsou svojí strukturou podobné špenátu [6]. Pro pozdější zpracování se hlízy suší na slunci a před použitím se máčí ve vodě [7].



**Obrázek 1** Melok hlíznatý (*Ullucus tuberosus*) [8]

## 1.2 Oka (*Oxalis tuberosa*)

*O. tuberosa* je nejčastější hlíznatou plodinou andského regionu, hned po bramborách [3]. Oka je vytrvalá rostlina odolná proti mrazu s dlouhými, válcovitými hlízami bílé až tmavě fialové barvy. Pěstuje se ve vysokých nadmořských výškách (2800 – 4100 m n. m.) především místními zemědělci [9]. Roste v mírně chladných teplotách pod 5 °C a v chudých půdách s pH v rozmezí 5,3 – 7,8. Tato plodina se v největší hojnosti pěstuje na vrchovinách v Ekvádoru, Peru a Bolívii, ale také ji najdeme v oblasti Chile, Argentiny, Kolumbie a Venezuely [3]. Hlízy mají vysoký obsah bílkovin, dobrou rovnováhu aminokyselin, také jsou dobrým zdrojem vlákniny a mají vysoký obsah antioxidantů. Ve stravě se používají jako vařené do polévek a sušených mas nebo pečené.

Hlavním nepřítelem plodiny je nosatec – obzvláště destruktivní brouk, který může zničit celou úrodu [6].



Obrázek 2 Oka (*Oxalis tuberosa*) [10]

### 1.3 Ahipa (*Pachyrhizus ahipa*)

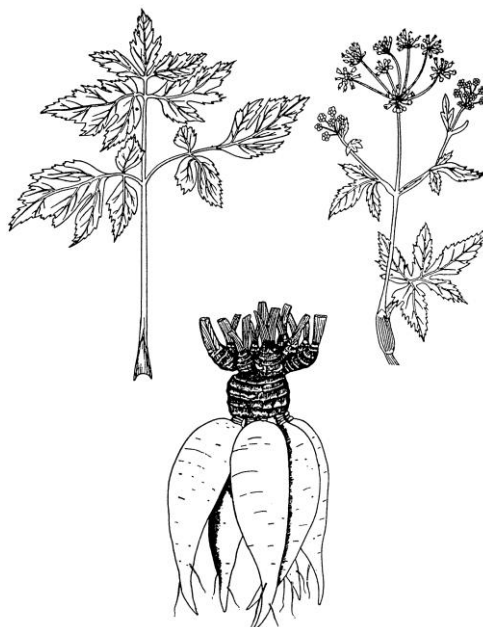
*P. ahipa* pochází z vysokých horských poloh bolivijských And. Kořeny mají tvar podobný ředkvi a jsou menších rozměrů, jejich váha se pohybuje v rozmezí 0,5 – 0,8 kg. Semena jsou bohatá na bílkoviny a oleje, kvůli přítomnosti toxického retoninu se však nekonzumují. Je to velmi výživná luštěnina konzumující se obvykle v syrovém stavu, používaná do salátů. Vařená se používá jako náhrada manioku [11]. Charakteristickým rysem této plodiny je schopnost fixace dusíku, proto se může pěstovat bez dusíkatých hnojiv [12].



Obrázek 3 Ahipa (*Pachyrhizus ahipa*) [13]

#### 1.4 Arakača (*Arracacia xanthorrhiza*)

*A. xanthorrhiza* dorůstá výšky 0,6 – 1,0 m. Vytváří aromatické řepovité kořeny, které mají chuť podobnou bramborám. Lodyha je větvená. Kořen má krátkou trvanlivost, proto se musí do týdne spotřebovat [14].



Obrázek 4 Arakača (*Arracacia xanthorrhiza*) [15]

#### 1.5 Lichořeřišnice hlíznatá (*Tropaeolum tuberosum*)

*T. tuberosum* je vytrvalá rostlina původem ze Střední a Jižní Ameriky. Dorůstá výšky více než 2 m a vytváří jedlé hlízy o délce 2,5 – 3,5 cm [6]. Hlízy jsou různého tvaru a barvy, jejich slupka je bílá, žlutá, občas purpurová nebo červená. Některé hlízy jsou s fialovým nebo červeným skvrnitým povrchem. Jejich květy jsou oranžové barvy. Ačkoli roste v nadmořských výškách od 2400 – 4300 m n. m., tak k největší produkci hlíz dochází v nadmořské výšce okolo 3000 m n. m. [3], kde jsou výnosy až  $70 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  [6]. Nejlepší typ půdy pro tuto plodinu je úrodná, organická půda s pH 5,3 – 7,5. Pěstuje se v Argentině, Bolívii, Kolumbii, Ekvádoru, Peru a Venezuele, a nedávno byla zavedena i na Nový Zéland. Lichořeřišnice hlíznatá obsahuje velké množství izotiokyanátů – glukozinoláty vyznačující se svými insekticidními a léčivými vlastnostmi. Ve srovnání s ostatními andskými plodinami *T. tuberosum* obsahuje vysoký obsah vitaminů C, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, lipidů, hlízy mají také vysoký obsah proteinů a vlákniny [3].

Tradičně se používá jako diuretikum a prostředek pro ledvinová onemocnění. V poslední době bylo prokázáno, že zabraňuje vzniku nádorových buněk v žaludku, tlustém střevě, kůži a prostatě [6].



**Obrázek 5** Lichořejšnice hlíznatá (*Tropaeolum tuberosum*) [16]

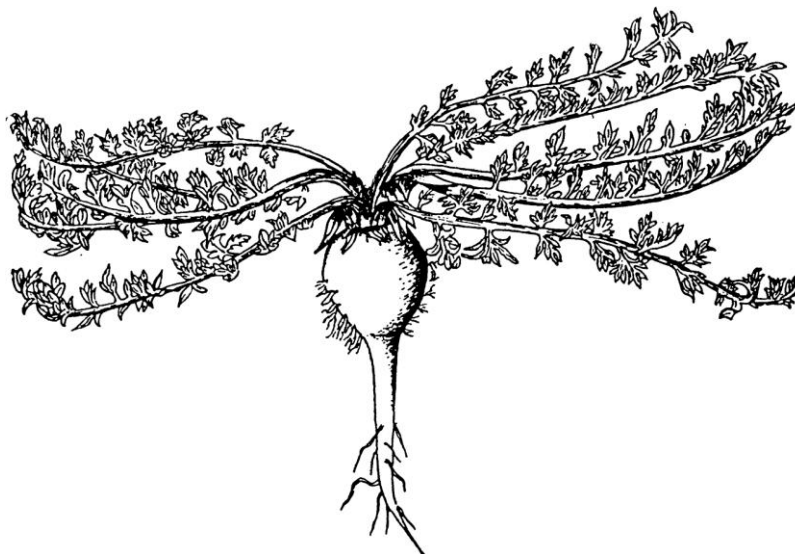
### 1.6 Maka (*Lepidium meyenii*)

Rod *Lepidium* patří do čeledi *Brassicaceae* (*Cruciferae*), podobně jako např. ředkev, zelí, kapusta a řepka [17, 18]. *L. meyenii* se běžně nazývá peruánský ženšen, maka, maino a *Lepidium peruvianum* [19]. Po celé Jižní Americe se pěstuje jako škrobnatá plodina.

*L. meyenii* je bylinná, nízce rostoucí rostlina, dosahující výšky 10 – 20 cm. Jedná se o jednoletou rostlinu. Nadzemní části *L. meyenii* tvoří růžici 10 – 20 listů, hlavní stonek je redukován, podzemní část se rozšiřuje ve skladovací orgán. Tento orgán je hlavním produktem a zdužnatělým hypokotylem, nažloutlé až hnědočervené barvy [13]. Hypokotyl je jedlou částí rostliny a slouží k ukotvení rostliny k zemi, absorbování vody a živin z okolní půdy, ukládání a soustředění živin. Listy rostou v úzkém kontaktu se zemí a slouží jako potrava pro hospodářská zvířata a na přípravu salátů. Květinové pupeny se vyskytují v malém seskupení ve středu růžice nebo jako osamělé květy v úžlabí některých listů. Plody jsou suché a jsou z většiny tvořené semeny, která jsou malá a vejčitého tvaru. Jediná rostlina *L. meyenii* produkuje přibližně 14 g semen [20]. Jediným způsobem rozmnožování



jsou již zmíněná semena, která jsou schopna ve vhodné vláze vyklíčit během 5 – 7 dnů při 25 °C [18].



**Obrázek 6** Maka (*Lepidium meyenii*) [21]

*L. meyenii* se po staletí pěstuje v andském Peru, a vzhledem ke zdravotním výhodám této rostliny stále více lidí na celém světě jeví o ni zájem. Jedinečné složení je způsobeno tvrdou půdou a extrémními podmínkami, v nichž je rostlina zasetá [22]. Maka je přizpůsobená vysokým nadmořským výškám a nízkým teplotám, při kterých rychleji roste. I přesto je možné ji úspěšně pěstovat mimo přirozená stanoviště. V roce 2000 se podařilo hypokotyly maky vypěstovat i v České republice. Není však známo, zda změny podmínek pěstování mají vliv na složení obsahových látek. V některých podmínkách, např. v nízké nadmořské výšce, nedochází k tvorbě hypokotylů [18]. Mezi nejznámější lokality pěstování patří Carhuamayo, Yanacachi, Villa de Pasco a San Pedro de Pari.

Sklizeň *L. meyenii* je započata v květnu nebo červnu. Po sklizni se celé rostliny suší na slunci po dobu 10 – 15 dnů. Listy se během sušení ponechávají na rostlině, zemědělci se domnívají, že dodávají kořenům sladkost. Po usušení jsou listy odstraněny a hypokotyly putují na trh nebo se ukládají na temné a chladné místo [22].

*L. meyenii* má řadu zdravotních funkcí, může působit:

- jako přirozený zdroj živin (aminokyseliny, minerální látky, atd.)
- na podporu funkcí endokrinního systému
- na snížení problémů s plodností (u mužů i žen)

- na podporu erekce
- jako afrodiziakum [23].

### 1.7 Jakon (*Smallanthus sonchifolius*)

Jakon dříve nazývaný *Polymnia edulis* nebo *Polymnia sonchifolia* [18] patří do čeledi hvězdnicovitých (*Asteraceae*) [5, 24, 25]. Vyskytuje se také pod názvy: aricama, arboloco, arikuma, ipio, jacón, jikima, atd. [26]. Jedná se o hlízovitou plodinu, jejíž původ sahá do oblasti And, kde tvořila část stravy indiánských kmenů, místním obyvatelstvem byla uznávaná jako léčivá rostlina [27]. Jakon se tradičně pěstuje v Bolívii, Peru, Kolumbii a Ekvádoru. Do roku 1989 byl téměř neznámou rostlinou, značný zájem vznikl až po zveřejnění knihy Ztracené plodiny Inků, ve Spojených státech [28].

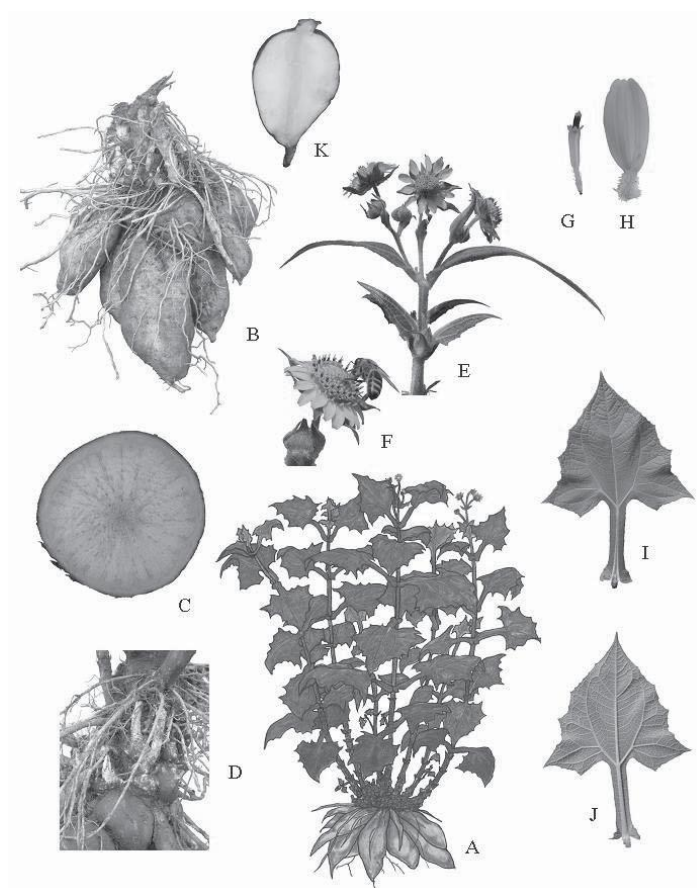
#### Botanický popis

*S. sonchifolius* je vytrvalá rostlina tvořící shluky více než dvaceti velkých podzemních kořenových hlíz, o hmotnosti 100 – 500 g, mimořádně jsou o hmotnosti více než 1 kg [18]. Rostliny dorůstají výšky až 2 m, v České republice se pěstují jako jednoleté [5].

Jakon tvoří dva druhy hlíz, oddenkové a kořenové. Hlízy jsou nepravidelného tvaru, což je dáno kontaktem s kameny v půdě a tlakem sousedních kořenů [28]. Jejich velikost a tvar je dán konkrétním kultivarem. Oddenkové hlízy jsou nejedlé, vyrůstající na bazální části stonku, tzv. kaudexy. Kaudexy slouží k vegetativnímu rozmnožování, což je jediné možné rozmnožování rostliny [18]. Kořenové hlízy jsou jedlé, rostoucí po 5 – 20 ve svazku. Jsou kryté tenkou bezbarvou slupkou [29] o tloušťce 1 – 2 mm [28], rychle tmavnoucí po kontaktu se vzduchem. Tvar je kulovitý až větvenovitý, hlízy dosahují velikosti až 40 cm. Těsně pod slupkou je korová vrstva pryskyřičnaté chuti, což je důvodem loupání této části. Pod korovou vrstvou se nachází dužnina sklovitého vzhledu, bílé až oranžové barvy s jemnou ovocnou chutí. Dužnina obsahuje velké množství vody, je šťavnatá, sladká a křehká [5, 18].

Nadzemní část je tvořená 3 – 5 olistěnými čtyřhrannými lodyhami s tmavozelenými listy šípovitého tvaru. Rostlina je celá ochlupená, nafialovělá nebo tmavě zelená. Listy jsou asi 33 cm dlouhé a 22 cm široké [28], jsou šípovitého nebo trojúhelníkového tvaru

s laločnatým nebo zubatým okrajem [30]. Listy snášejí vysokou teplotu, citlivější jsou však na teploty nižší, při teplotě  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$  dochází k jejich poškození. Kořeny jsou zničeny při teplotách pod  $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$  [31]. Květenství jsou drobné úbory, v průměru 2,5 cm; žluté nebo oranžové barvy, podobající se sedmikrásce [28]. Vyrůstají na vrcholu stonku v latách [18]. Květy se objevují poněkud vzácně. Plody jsou nažky, nezralé jsou fialové barvy, zralé jsou zbarveny hnědě nebo černě. Semena se tvoří výjimečně.



**Obrázek 7** Popis rostliny jakonu: A – rostlina jakonu, B – hlízovité kořeny, C, K – příčné a podélné části hlízovitých kořenů, D – oddenek, E – kvetoucí větve, F – květ, G – tyčinky (samčí reprodukční orgány), H – pestíky (samičí reprodukční orgány), I, J – listy [29]

### Rozšíření a pěstování

Jakon se snadno přizpůsobuje různému podnebí a nadmořským výškám [32], dobře snáší sucho a chlad, bez zvláštních nároků na půdu. Zásady pěstování jsou obdobné jako u pěstování brambor. Dobře roste v středně těžkých až lehčích půdách, v těžkých půdách dosahuje nižších výnosů [28]. Jakon se v Andách sadí na začátku období dešťů, od září do listopadu [33]. Optimálního rozvoje je dosaženo při teplotách  $18 - 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , v nadmořské

výšce mezi 900 – 2750 m n. m. a při pH půdy 5,5 – 8,0 s minimální hloubkou ornice 200 mm. Důležitý je dostatek slunečního svitu a rovnoměrná zásoba srážek během vegetace [5, 18]. Vlhkost se vyžaduje v první fázi růstu, následně může tolerovat období sucha. Naopak přebytek vody způsobuje popraskání kořene, což vede k hnilobě během skladování. Při vhodném zásobování vodou snáší listy relativně vysokou teplotu (40 °C) [28].

*S. sonchifolius* se sklízí po objevení se květenství nebo po příchodu prvních podzimních mrazíků. Nadzemní části rostlin se před sklizní posekají. Důležité je sklízet hlízy opatrně, doporučuje se sklízet ručně, aby nedošlo k mechanickému poškození křehkých hlíz [5]. Délka vegetační doby v našich podmínkách se pohybuje kolem 165 dnů, v oblastech původu se sklízí po 7 měsících od výsadby a v nejvyšších andských oblastech může vegetační doba trvat celý rok [30]. Kaudexy se uskladňují v úložné rašelině při 2 °C, kořenové hlízy se skladují volně v bedýnkách, taktéž v chladu. Během skladování se odstraňují plesnivé hlízy, aby se zamezilo šíření plísní [5]. Po odstranění přebytečné zeminy z hlíz, je možné je skladovat několik měsíců na suchých a tmavých místech při teplotě 10 °C, aby se zabránilo ztrátám vody a scvrkávání [5, 30]. Výnosy kořenových hlíz v České republice dosahují až 30 t·ha<sup>-1</sup>. Poměr výnosu kořenových hlíz : stonkových hlíz : nadzemní hmoty je 1,0 : 0,8 : 1,4 [30].

Hlízy jakonu jsou velmi křehké, při sklizni se snadno poškodí, polámou, může dojít k odření tenké slupky, což je důvodem jejich nízké trvanlivosti. V místě poškození se pak snadno šíří napadení plísněmi a dochází k hnilobě [34].

### **Rozšíření**

Jakon se pěstuje v Andách a je rozšířen od Venezuely až po severozápadní Argentinu [35]. V osmdesátých letech minulého století se dostal přes Nový Zéland až do Japonska. Začal se také pěstovat v Itálii, Německu, Francii a v USA. Do České republiky byl zaveden v roce 1993, ve formě kaudexů [19, 26].

Během posledních desetiletí diverzita pěstování jakonu klesá v důsledku genetické eroze. Průzkumy ukazují, že méně než milion lidí žijící v Andách konzumuje nebo zná jakon. Zemědělci spíše stále preferují základní plodiny jako brambory, pšenici, ječmen, fazole, atd. [36]. Pouze malá část drobných andských zemědělců pěstuje jakon pro svoji obživu [37]. V současné době však dochází ke změně a rozvíjí se zájem o tuto plodinu.

Hlavním důvodem je, že stále více lidí se věnuje jeho léčivým vlastnostem. Jakon byl zaveden do několika zemí. Začal se pěstovat v několika státech USA, ale nedosáhl zde ještě komerční produkce. Na severu Nového Zélandu byla plodina zavedena jako experiment do supermarketů, kde byla představená jako speciální zelenina. V Japonsku, Brazílii a Korey se jakon pěstuje komerčně. Česká republika a další země střední Evropy se pokoušely také zavést produkci jakonu, která však ztroskotala na dlouhém zimním období. Jakon pěstovaný v jednotlivých zemích vykazuje značné morfologické a fyziologické odlišnosti. Nejvyšší rozmanitosti se zdají být ve východní části And mezi povodí řeky Apurimac v Peru a povodí řeky La Paz v Bolívii. Variabilita v barvě dužniny je nejvyšší v jižním Peru a severní Bolívii, kde jsou přítomny varianty s bílou, krémovou, žlutou a fialovou dužninou. Menší variabilita byla zaznamenána v Ekvádoru, jižní Bolívii a severozápadní Argentině odkud byly získány pouze hlízy s bílou a žlutou dužninou [36].

Na andských trzích se jakon řadí mezi ovoce, hlízy jsou nasládlé chuti, a jejich cukernatost se zvyšuje po vystavení na slunci. Používají se do ovocných salátů, mohou se jíst dušené, nebo se vymačkávají pro osvěžující džus a jako sladidlo pro diabetiky. Jako zelenina se používá stonek mladých rostlin [18]. Vlastnosti jakonu jsou antiabetické, fungicidní, trávicí, redukující cholesterol, dále je faktorem v prevenci nádorových onemocnění, používá se jako dietní sladidlo, krmivo pro zvířata, podporuje vstřebávání vápníku [38].

## 2 CHEMICKÉ SLOŽENÍ

Chemické složení jakonu závisí na odrůdě, ročníku a na způsobu úpravy. Obsah sacharidů, proteinů, vlákniny, vitaminů, flavonoidů a silic je významný pro určení kvality jakonu [38]. Chemické složení v nadzemních a podzemních částech rostliny je odlišné (viz **Tabulka 1**) [39].

**Tabulka 1** Chemické složení kořenových hlíz, listů a stopek jakonu [39]

Složky (%)	Kořenové hlízy		Listy		Stopy	
	Čerstvé	Suché	Čerstvé	Suché	Čerstvé	Suché
<b>Voda</b>	65,9 – 92,7	-	83,2	-	86,7	-
<b>Popeloviny</b>	0,3 – 3,5	3,6 – 23,0	2,7	12,5 – 16,0	1,4	9,6 – 10,2
<b>Proteiny</b>	0,3 – 3,7	2,2 – 24,3	2,9	17,1 – 21,2	1,5	9,7 – 11,4
<b>Lipidy</b>	0,1 – 1,5	0,4 – 9,9	1,2	4,2 – 7,4	6,3	2,0 – 2,3
<b>Vláknina</b>	0,3 – 3,4	3,7 – 22,4	1,7	10,0 – 11,7	3,6	23,8 – 26,9
<b>Sacharidy</b>	19,8	67,5	1,4	8,6	1,6	11,7

Větší část biomasy hlíz je tvořena **vodou**, vzhledem k jejímu vysokému obsahu mají hlízy nízkou energetickou hodnotu ( $619 - 837 \text{ KJ}\cdot\text{kg}^{-1}$  čerstvé hmoty) a jsou také ideální potravinou pro lidi trpící nadváhou a obezitou [18, 24]. Množství vody v potravinách výrazně ovlivňuje organoleptické vlastnosti, údržnost potravin, odolnost vůči mikrobiálnímu působení, enzymové a neenzymové reakce, ke kterým dochází během zpracování a skladování [40].

Větší část sušiny (70 – 80 %) je tvořena **sacharidy** [41], které jsou nejvýznamnější sloučeninou. Přítomny jsou fruktóza ( $350\pm 42 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$  sušiny), glukóza ( $158\pm 29 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$  sušiny), sacharóza ( $75\pm 19 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$  sušiny), ze zásobních sacharidů tvoří velkou část hlíz fruktooligosacharidy [18, 24, 42]. Kvalita hlízovitých kořenů a metabolické procesy během skladování jsou výrazně ovlivněny aktivitou fruktooligosacharidů a během skladování dochází k podstatným změnám v jejich obsahu [43]. Obsah těchto látek také výrazně závisí na ekotypch jakonu, odrůdách a vegetačním období [41].

Většina hlíznatých a kořenových plodin ukládá sacharidy ve formě škrobu, tím se liší od jakonu, který sacharidy ukládá ve formě fruktooligosacharidů  $\beta$  (2  $\rightarrow$  1) inulinového typu (oligomery GF2 – GF16). Hlízy shromažďují přes 60 % (v sušině) inulinu [44]. Trávicí trakt lidí není schopen tyto fruktooligosacharidy metabolizovat, tudíž nezvyšují hladinu glukózy v krvi a jsou vhodnou potravinou pro diabetiky [45, 46]. Mají nízký stupeň polymerace, proto jak již bylo zmíněno, snižují hladinu glukózy v krvi a sérových lipidů u lidí a modelových zvířat. Mají také funkci prebiotik, zlepšují rovnováhu střevní mikroflóry a podporují růst probiotických mikroorganismů. Bohatým zdrojem fruktooligosacharidů jsou kořeny jakonu [47]. Jsou považovány za nové zdroje prebiotických nutraceutik a za dietní doplňky [48]. Sladkost hlíz je způsobena fruktózou, která je asi o 70 % sladší než sacharóza. Z dalších oligosacharidů jsou přítomny 1-kestóza a nystóza [18, 49].

Obsah vitaminů, minerálních látek a proteinů je nízký [50]. **Minerální látky** (Ca, P, Mg, Na, Fe) jsou zastoupeny ve stopových koncentracích, s výjimkou draslíku [51].

**Draslík** se vyskytuje v buňkách ve formě draselných iontů. Draselné ionty jsou důležité pro transportní systém, metabolismus sacharidů a bílkovin [52]. Dobrymi zdroji jsou maso, luštěniny, jádrové ovoce [53].

**Vápník** je hlavní minerální složkou v lidském těle, 99 % je obsaženo v kostech a zubech. Vyskytuje se ve formě fosforečnanu vápenatého [40]. Pro člověka je nevyužitelný ve formě oxalátu a fytátu [54]. Vápník se podílí na regulaci transportu iontů buněčnými membránami a je důležitý pro aktivaci některých enzymů (pankreatické lipázy, fosfolipázy A) [52], také se účastní nervové a svalové činnosti a je nezbytný pro srážlivost krve [40]. Potravními zdroji jsou mléčné výrobky, zelná listová zelenina či losos [55].

**Fosfor** je z větší části uložen v zubech, kostech, svalech, v menší množství v mozku a játrech [52]. Plní funkce stavební, aktivační, regulační, katalytické a má také funkci v energetickém metabolismu [40]. Vhodnými zdroji jsou mléko, mléčné výrobky, vaječný žloutek, vlašské ořechy [53].

**Hořčík** se v nejvyšších koncentracích nachází v kostech, pankreatu, játrech a kosterním svalstvu. V menší koncentraci je obsažen v krvi a extracelulárních tekutinách [40]. Hořčík je důležitý pro enzymové reakce, účastní se metabolismu lipidů a bílkovin [52]. Významným zdrojem jsou zelené části rostlin a celozrnné pečivo [53].

**Sodík** hraje důležitou roli pro udržení osmotického tlaku v extracelulárních tekutinách, zajišťuje transport fyziologicky důležitých látek z prostředí extracelulárního do prostředí intracelulárního [52]. Lidský organismus sodík získává z kuchyňské soli, masa, vajec, mořských ryb [53].

**Železo** je v nejvyšších koncentracích obsaženo v krvi, játrech a slezině, v nižších koncentracích v ledvinách, srdci a kosterním svalstvu. Jeho funkcí je transport kyslíku krevním řečištěm a jeho skladování ve svalové tkáni [40]. Pro člověka jsou zdrojem železa potraviny rostlinného a živočišného původu [52].

**Z vitaminů** jsou přítomny zejména  $\beta$ -karoten, vitaminy B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> a C [24].  **$\beta$ -karoten** je provitaminem vitaminu A, v potravinách je doprovázen  $\alpha$ -karotenem,  $\gamma$ -karotenem,  $\beta$ -kryptoxantinem, echinenonem a dalšími provitaminy A. Provitaminy A mají antikarcinogenní účinky [40], snižují hladinu cholesterolu, podporují činnost imunitního systému [56]. Doporučená denní dávka  $\beta$ -karotenu není v České republice stanovena, běžně se však udává 2 – 4 mg. Vhodnými zdroji jsou mrkev, špenát, rajčata [57].

**Vitamin B<sub>1</sub>** (thiamin) se vyskytuje ve volné formě a ve formě fosforečných esterů, monofosfátu, difosfátu a trifosfátu [40]. Molekula vitaminu B<sub>1</sub> je tvořena pyrimidinovým a thiazolovým jádrem [58]. Je to krystalická látka s bodem tání 248 – 250 °C, ve vodě je velmi dobře rozpustná [52], díky této vlastnosti se z těla ztrácí pocením [59]. Průměrná denní dávka je kolem 2 mg. Avitaminóza tohoto vitaminu se projevuje nemocí beri-beri [52]. Thiamin zlepšuje nervovou činnost, podporuje trávení (zejména sacharidů) [56], je důležitý pro vznik červených krvinek a napomáhá správné funkci srdce [60]. Dostupným zdrojem jsou pivovarské kvasnice, pekařské droždí, pšeničné klíčky, otruby a játra [61].

**Vitamin B<sub>2</sub>** (riboflavin) patří do skupiny flavinů. Jedná se o žlutou krystalickou látku o bodu tání 275 – 292 °C, ve vodě je málo rozpustná. V biochemických systémech se nachází ve formě koenzymů oxidoredukčních enzymů (flavinmononukleotid, flavinadenindinukleotid). Denní dávka pro člověka je kolem 2 mg [40]. Riboflavin příznivě působí na zrak, pomáhá při trávení hlavních živin [56]. Jeho nedostatek se projevuje zánětem ústních koutků a nervovými poruchami [62]. Mezi přírodní zdroje se řadí mléko, játra, ledviny, sýry, zelenina, zrniny [63].

Biologicky aktivní sloučeninou **vitaminu C** je kyselina askorbová. Tvoří bezbarvé kyselé krystaly dobře rozpustné ve vodě [58]. Podílí se na hydroxylačních reakcích probíhajících



v organismu, účastní se biosyntézy mukopolysacharidů a prostaglandinů, stimuluje transport sodných, vápenatých a chloridových iontů, využití má i v metabolismu cholesterolu. Důležitou vlastností je antioxidační vlastnost. Denní dávka je kolem 10 mg [40]. Vitamin C snižuje cholesterol, riziko vzniku krevních sraženin, krevní tlak, usnadňuje hojení ran [56]. Nedostatek vitamínu C se projevuje únavou, podrážděností a kurdějemi [60]. Nejbohatšími zdroji vitamínu C jsou čerstvá zelenina a ovoce, zejména citrusové plody [57].

Z **aminokyselín** převažuje tryptofan, který lidský organismus částečně využívá pro biosyntézu kyseliny nikotinové [64]. Spolu s kyselinou chlorogenovou tvoří hlavní antioxidanty jakonu [35].

Dále byly identifikovány **fytoalexiny**, a to 4'-hydroxy-3'-(3-metylbutanoyl)acetofenon, 4'-hydroxy-3'-(3-metyl-2-butenyl)acetofenon a 5-acetyl-2-(1-hydroxy-1-metyletyl)benzofuran [18, 65]. Fytoalexiny jsou nízkomolekulární látky s lipofilním charakterem. Hromadí se v místě infekce a zabraňují růstu plísní a bakterií *in vitro*. Mají antifungicidní a antimikrobiální účinek a jsou považovány za obrané látky rostlin [66].

**Silice** (neboli éterické oleje) jsou důležitým parametrem pro rozlišení různých odrůd jakonu [18]. Jedná se o složité směsi těkavých látek přítomných v přírodních rostlinných materiálech. Získávají se z různých částí rostlin [40]. V kořenech byly identifikovány  $\alpha$ -pinen, neoabienol, *cis*-abienol a *trans*-abienol [67]. Mezi hlavní silice vyskytující se v listech patří karyofylen,  $\gamma$ -kadinen a  $\beta$ -pinen [38, 67].

**Sesкви- a diterpeny** s obrannými účinky proti hmyzu jsou přítomny v listech jakonu. Zastoupena je především *ent*-kaurenová kyselina (*ent*-kaur-16-en-19-ová kyselina) a její estery, deriváty kaurenu – 16-epoxid 15- $\alpha$ -angeloxy-*ent*-kauren-19-ová kyseliny [18]. Kaureny jsou důležitou skupinou diterpenů s tetracyklickou kostrou vykazující celou řadu biologických aktivit, jako protinádorovou, antimikrobiální, protiplísňovou, hypoglykemickou a protizánětlivou. Kyselina kaurenová je meziproduktem v biosyntéze řady rostlin a sekundárních metabolitů hub, vyznačuje se cytotoxickými účinky [68].

V listech byly vyizolovány **melampolidy**, a to sonchifolin, polymatin B, uvedalin, enhydrin. Jedná se o seskviterpenické laktony s fungicidními účinky [18].

**Polyfenolické látky** jsou jednou z nejpočetnějších skupin tvořící nedílnou součást potravy lidí a zvířat [69]. Z chemického hlediska se jedná o látky velmi heterogenní, mající význam i v technologické praxi [52]. V rostlinách bylo zjištěno několik tisíc

polyfenolických látek, které se liší svojí strukturou. I přes rozmanitou strukturu mají společné rysy, a to že obsahují jedno nebo více aromatických jader substituovaných hydroxylovými skupinami. Řada z těchto látek je zastoupená v běžných potravinách, zejména v ovoci, zelenině a některých nápojích (čaj, káva, pivo, víno, atd.) [70]. V přírodních materiálech se vyskytují v různých koncentracích a jsou přítomné ve všech částech rostlin. Značně se mohou podílet na jejich zbarvení, případně i na chuti [52]. Obsah polyfenolických látek v rostlinných materiálech závisí na několika faktorech, zejména odrůdě a podmínkách pěstování rostliny, zralosti v době sklizně, zpracování, skladování nebo kulinární úpravě. Polyfenoly nejsou v rostlinách rozloženy rovnoměrně. Např. tvorba glykozidů flavonu a flavonolu je ovlivněna světlem, z tohoto důvodu se nejvyšší koncentrace těchto sloučenin vyskytují v listech a zevních částech rostlin a pouze stopové množství je přítomno v podzemních částech rostlin [69]. Některé polyfenoly mají výrazné biologické účinky, a proto se řadí mezi přírodní antioxidanty, přirozené toxické složky potravin nebo také mezi fytoalexiny [71]. Působí antibakteriálně, protizánětlivě a mají antialergické účinky [72]. Bylo zjištěno, že antioxidační aktivita mnoha rostlinných polyfenolů je vyšší v porovnání s antioxidanty, jako jsou vitamin C a E [73]. Polyfenoly jsou v lidském organismu aktivnější v přítomnosti vitaminu C [74]. V lidském těle jsou vstřebávány z trávicího ústrojí a jsou vylučovány močí a stolicí [75]. Rozdělení polyfenolických látek se různí literaturou. Pro následující dělení bylo zvoleno rozdělení dle J. Trny a E. Tábořské [70]. Polyfenolické látky lze rozdělit do tří základních skupin: fenolické kyseliny, flavonoidy a skupina stilbenů a lignanů.

### ***Fenolické kyseliny***

Fenolické kyseliny jsou přítomné v řadě potravin, tvoří přibližně jednu třetinu polyfenolů v potravě.

Dělí se do dvou tříd:

- deriváty kyseliny benzoové (kyseliny ellagová, gallová, hydrolyzované taniny),
- deriváty kyseliny skořicové (kyseliny p-kumarová, kávová, ferulová sinapová) [76].

Tyto kyseliny se nacházejí jak ve volné, tak v esterifikované formě. V ovoci a přírodních materiálech se vyskytují v esterifikované formě; v materiálech, ve kterých proběhla

fermentace, jsou přítomny volné kyseliny, které se hydrolyzují během procesu fermentace a skladování. Nejvyšší koncentrace těchto látek byla zjištěna v listech rostlin [52]. Obsah hydroxybenzoových kyselin v jedlých rostlinách je velmi nízký, s výjimkou čerstvého ovoce, ředkviček a cibule. Kromě toho, jsou součástí hydrolyzovatelných tříslovin. Hydroxyskořicové kyseliny se vyskytují častěji, zvláště ve vnějších vrstvách zralého ovoce. Jejich koncentrace se snižuje v průběhu zrání, ale s růstem plodů se celkový obsah zvyšuje [76].

Kyselina chlorogenová (5-caffeoylchinová kyselina) je nejběžnějším esterem kávové kyseliny, je přítomna v řadě ovoce, zeleniny a kávě [70]. Kyselina chlorogenová se vyznačuje antioxidační aktivitou [77].

### ***Flavonoidy***

Flavonoidy jsou jednou z nejvýznamnějších skupin polyfenolů [74], které jsou v přírodě všudypřítomné [73]. Nejčastěji se vyskytují v ovoci (grapefruit, červený a černý rybíz, jablka, atd.) a zelenině (cibule, zelí, rajčata, brokolice, atd.), s výjimkou řas a hub [74]. Flavonoidy jsou rozděleny do kategorií podle chemické struktury na flavanoly, flavanony, flavony, flavonoly, proantokyanidiny, kyanidiny a izoflavonoidy [70]. V poslední době vzrostl zájem o tyto látky, díky jejich blahodárným účinkům na zdraví. Působí antivirově, antialergicky, protizánětlivě, protinádorově a jako antioxidanty [73]. Molekula flavonoidů obsahuje dva benzenové kruhy spojené tříuhlíkovým řetězcem [71]. Většina flavonoidů je glykozylována, váží se cukry glukóza, ramnóza, méně často galaktóza, arabinóza, xylóza, atd. Obvykle je navázána jedna cukerná jednotka, ale může být i více [70].

**Flavanoly** (katechiny) jsou deriváty flavanu, základní složkou je 3-flavanol. V přirozených materiálech se vyskytuje velký počet izomerů, což je dáno několika asymetrickými centry v molekule. Nejrozšířenějšími jsou (+)-katechin a (-)-epikatechin, vyskytují se obvykle společně, však v odlišných koncentracích a poměrech [52, 76]. Mezi zástupce flavanolů se řadí katechin, epikatechin, epigallokatechin a jejich estery s kyselinou gallovou [70].

**Flavanony** jsou ve větších koncentracích přítomny v citrusových plodech. Vyskytují se volné i glykozidicky vázané. Jejich obsah v plodech narůstá v průběhu zrání. Zástupci jsou naringenin (grapefruit), hesperetin (pomeranče a citróny) a jejich glykozidy. Hesperetin má na rozdíl od naringenu hořkou chuť [52].

**Flavony** jsou spolu s flavonoly nejrozšířenějšími žlutými pigmenty rostlin [71]. Volné se v přirozených rostlinných materiálech vyskytují ojediněle, častěji se vyskytují jako glykozidy, s cukrem vázaným v poloze 3 nebo 7 [52].

Hlavními představiteli **flavonolů** jsou kvercetin, kemferol a myricin. Flavonoly jsou asi z 80 % přítomny ve vyšších rostlinách [78]. Ve vyšších koncentracích jsou obsaženy v cibuli, kapustě, červeném víně, jablcích. Nachází se jak ve volné formě, tak vázané s cukernými jednotkami [76]. Flavonoly patří k nejrozšířenějším žlutým barvivům rostlin [40].

**Proantokyanidiny** jsou známy jako kondenzované taniny; dimery, oligomery a polymery katechinů. Kondenzované taniny jsou zodpovědné za svíravou chuť ovoce, nápojů a za hořkou chuť čokolády. Svíravá chuť se mění během zrání a po dosažení zralosti mizí [76]. Esterově jsou vázány s kyselinou gallovou [70].

**Kyanidiny** – antokyanidiny a jejich glykozidy antokyaniny jsou nejrozšířenější polyfenolické látky v přírodě a jsou nositelem barvy rostlinných materiálů. Obsah antokyanidinů kolísá, což je důvodem barevné různorodosti rostlinných pletiv. Většinou jde o složitou směs glykozidů šesti základních antokyanidinů: pelargonidinu, kyanidinu, peonidinu, delfinidinu, petunidinu a malvidinu. Každý rostlinný druh má svá charakteristická antokyaninová barviva [52].

Zástupci **izoflavonoidů** jsou daidzein a genistein. Jsou přítomny hlavně v luštěninách [70]. Z potravinářského hlediska nejsou významné [52].

### ***Stilbeny a lignany***

Stilbeny nejsou příliš rozšířeny, jako přirozená barviva rostlin nemají žádný význam. Řada sloučenin vykazuje významné biologické vlastnosti, proto se některé z nich řadí mezi fytoalexiny [71]. Důležitým zástupcem je pouze resveratrol (3,4',5-trihydroxystilben), z jeho struktury vyplývá, že se vyskytuje ve dvou izomerech (*trans*- a *cis*-). V rostlinných materiálech je přítomná směs obou izomerů, převažuje však *trans*- izomer. Resveratrol se vyskytuje i ve formě glykozidů, lze jej zařadit mezi fytoalexiny. Biologické účinky resveratrolu jsou neustále ve výzkumu. Řada výzkumných pracovníků studuje vlastnosti resveratrolu od antioxidačních vlastností a vlivu na aterosklerózu a kardiovaskulární

choroby až po antimutagenní účinky a prevenci nádorových onemocnění. V orientální medicíně se používá k léčbě srdečních a nádorových onemocnění [79].

Nejbohatším zdrojem lignanů jsou semena lnu setého. Molekula lignanu je tvořena dvěma fenylypropanovými jednotkami spojenými přes centrální uhlíky postranních propanových řetězců [80]. Biologická funkce lignanů nebyla zatím přesně identifikována. Mají důležitou roli v obranném systému hostitelských rostlin a ovlivňují tak symbiózu organismů na ekologické úrovni. Další zjištěnou vlastností byla antivirová účinnost [81].

Navzdory vysoké koncentraci polyfenolických látek v kořenech jakonu jsou vyšší koncentrace těchto látek přítomny v listech a stonku [51]. Kořeny jakonu obsahují značné množství polyfenolů, s převahou kyseliny chlorogenové a derivátů kyseliny kávové. Jsou přirozenými antioxidanty a chrání buněčné membrány před poškozením kyslíkatými radikály [82, 83]. Hlízovité kořeny jsou také zdrojem polyfenolových oxidáz [84]. Chlorogenová kyselina a 3,5-dikávoylchinová kyselina jsou polyfenolické látky běžně přítomné v rostlinách čeledi *Asteraceae* [85]. Při zpracování produktů z jakonu je důležité kontrolovat enzymatické hnědnutí pomocí tepelné úpravy, přidáním antioxidantů nebo obojím. Enzymatické hnědnutí v průběhu posklizňové manipulace a zpracování je jednou z hlavních příčin snížení kvality [86]. Hnědnutí je způsobeno kondenzací polyfenolů s amino sloučeninami a enzymatickou polymerizací polyfenolů. Hlavními antioxidanty v jakonu jsou kyselina chlorogenová a tryptofan [27, 77].

Listy jakonu obsahují katechin, terpeny, flavonoidy [18], z fenolických kyselin jsou přítomny kyselina kávová, chlorogenová, protokatechová a stopy kyseliny ferulové.

Obsah polyfenolických látek v jednotlivých částech rostliny jakonu se liší, nejnižší obsah byl zaznamenán v hlízovitých kořenech [85]. Jednotlivé polyfenolické látky obsažené v listech a hlízovitých kořenech jsou uvedeny v **Tabulce 2 a 3**.

**Tabulka 2** Obsah polyfenolických látek v hlízovitých kořenech jakonu

( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  sušiny)

<b>Kyselina chlorogenová</b>	942
<b>Kyselina kávová</b>	329
<b>Kyselina 3,5-O-dikafeoylchinová</b>	249

**Tabulka 3** Obsah polyfenolických látek v listech jakonu ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  sušiny) [87]

Kyselina chlorogenová	779
Kyselina kávová	699
Kyselina 3,5-O-dikafeoylchinová	9018

### Účinky polyfenolických látek

Polyfenolické látky jsou důležité při prevenci kardiovaskulárních nemocí, nádorových onemocnění, osteoporózy a *diabetu mellitu* [86, 88]. Příjem potravin obsahující polyfenoly může chránit organismus před některými formami rakoviny, např. rakoviny plic, trávicího traktu a rakoviny prsu u žen a prostaty u mužů [89]. Bylo zjištěno, že proantokyanidiny tlumí rozvoj aterosklerózy [90]. Některé izoflavony (dadzein, genistein) se řadí mezi fytoestrogeny. I když nemají steroidní strukturu, vykazují estrogení aktivitu a mohou vyvolat účinky podobné estrogenům, které jsou sledovány při prevenci vzniku nádorů prsu a osteoporózy [70]. Deriváty kyseliny skořicové vykazují protinádorovou aktivitu [78].

Flavonoidy vykazují antioxidační aktivitu [51]. Antioxidanty jsou zdraví prospěšné látky, které chrání buňky před škodlivými účinky volných kyslíkových radikálů [91]. Volné radikály přirozeně vznikají v lidském těle hlavně při buněčném dýchání, v okamžiku kdy se kyslík rozkládá v mitochondriích, a při boji s infekcemi. Volné radikály vznikají v okamžiku, kdy buňka ztratí elektronovou rovnováhu [60]. Jsou to nestabilní kyslíkové molekuly mající nepárový elektron. Stávají se agresivní a snaží se další elektron získat z jiných molekul, zejména vodíku. Po odejmutí nebo oxidaci elektronu se molekula, která ztratila elektron, rozpadne [92]. Volné radikály nemají vždy záporný účinek. Organismus je denně vytváří, aby bojovaly s cizími buňkami, důležitou roli mají i při chemických reakcích nebo při využití kyslíku k tvorbě energie [93]. Volné radikály mohou oxidovat nukleové kyseliny, proteiny, lipidy a DNA a mohou iniciovat degenerativní onemocnění [94]. Pro organismus je nebezpečný jejich nadbytek [95]. Situace, kdy vznikne nerovnováha mezi volnými radikály a antioxidanty se nazývá oxidační stres [92]. Oxidační stres je spojen s rakovinou, stárnutím, aterosklerózou, ischemickou chorobou a neurodegenerativními chorobami (Parkinsonova a Alzheimerova choroba) [73, 96]. Vědecké důkazy naznačují, že antioxidanty snižují riziko chronických onemocnění, včetně rakoviny a srdečních onemocnění. Zdroje přirozeně se vyskytujících se antioxidantů jsou

celá zrna, ovoce a zelenina. Jejich hlavní charakteristikou je schopnost vychystávat volné radikály [94].

### 3 MOŽNOSTI DETEKCE POLYFENOLŮ V ROSTLINNÝCH MATERIÁLECH

Výběr správné analytické metody závisí na účelu studie, povaze vzorku a analytu. Při analýze polyfenolů lze stanovit obsah celkových polyfenolů, kvantifikovat specifickou skupinu nebo třídu polyfenolických sloučenin. Kvantifikace polyfenolů je ovlivněna použitou metodou extrakce, velikostí částic vzorku, dobou a podmínkami skladování, výběrem standardů, přítomností interferujících látek (vosky, tuky, terpeny, chlorofyly) [97]. Obecně platí, že je třeba analyzovat více vzorků, protože obsah polyfenolických látek se může lišit v různých variantách a kultivarech. Navíc obsah polyfenolů je ovlivněn mnoha vnějšími faktory, jako jsou agrotechnické postupy, klimatické podmínky a zralost při sklizni, posklizňové manipulace a doba konzumace [98].

#### 3.1 Metoda stanovení celkových polyfenolů (CP)

Pro hodnocení celkového obsahu polyfenolů se používají metoda založená na Folin-Ciocalteu činidlu (FC), metoda Price and Butler (PBM) [99], metoda s 4-aminoantipyrinem (AAPM) [100], metoda European Brewery Convention (EBC).

##### 3.1.1 Folin-Ciocalteu metoda (FC)

Celkový obsah polyfenolů se stanovuje spektrofotometricky s použitím FC činidla [101]. Metoda je založena na barevné reakci FC činidla s hydroxylovou skupinou. FC činidlo je složeno z wolframanu sodného, kyseliny ortofosforečné, kyseliny chlorovodíkové, molybdenanu sodného, brómu a síranu litného. Reakce spočívá v přenosu elektronů. Elektron z antioxidantu redukuje oxidant a dochází ke vzniku modrého zbarvení. Intenzita zbarvení se odvíjí od koncentrace látky s antioxidační schopností [102]. FC činidlo je založeno na redukci fosfowolgramového a fosfomolybdenanového komplexu za vzniku modrého zbarvení. Pro stanovení se používá metanolický extrakt daného materiálu. Vzorek se extrahuje 80 % metanolem při laboratorní teplotě. Použitím  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  vytvoříme vhodné bazické prostředí, jeho přítomností se zajišťuje reakce polyfenolů s FC činidlem [103]. Obsah polyfenolických látek se určí metodou kalibrační křivky a vyjádří se v ekvivalentech např. kyseliny gallové, ferulové, kávové, katechinu. Absorbance pro vyhodnocení CP se měří ve viditelné oblasti elektromagnetického záření, přibližně



v rozmezí 400 – 760 nm [104]. Tato metoda se používá zejména pro stanovení polyfenolických látek v rostlinných extraktech a šťávách [100].

Spektrofotometrie je optická metoda pro stanovení látek absorbující elektromagnetické záření o určitých vlnových délkách [105]. Elektromagnetické záření pochází především z ultrafialové a viditelné oblasti. Pomocí spektrofotometrie lze stanovit plynné a kapalné vzorky [106]. Množství absorbovaného záření a intenzita zbarvení roztoku závisí na jakosti a koncentraci barevné složky a na tloušťce vrstvy [107]. Přístroje používané ve spektrofotometrii se nazývají spektrofotometry [106].

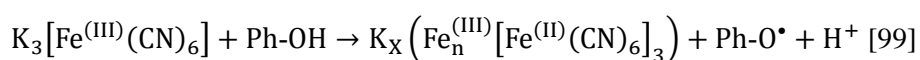
Spektrofotometrie vychází z Lambert-Beerova zákona, který vyjadřuje závislost koncentrace látky v roztoku a její absorpční. Absorbance je schopnost molekul látek pohlcovat elektromagnetické záření o dané vlnové délce [108]. Vypočítá se podle vztahu:

$$A = \varepsilon_{\lambda} \cdot c \cdot l$$

Kde  $l$  je délka absorbující vrstvy,  $c$  je koncentrace barevné látky v roztoku a  $\varepsilon_{\lambda}$  je molární absorpční koeficient [109]. Absorbance je měřena proti slepému pokusu. To je roztok, který obsahuje stejné množství všech použitých činidel jako analyzovaný vzorek, s výjimkou vlastní stanovované látky [108].

### 3.1.2 Metoda Price and Butler (PBM)

Metoda PBM je založena na oxidaci aniontu fenolátu na radikál fenolátu a zároveň jsou hexakynoželezité ionty redukovány na hexakynoželezitan, tvořící pruskou modř, podle rovnice:



Polyfenolické látky jsou stanoveny kyselou hydrolýzou. Hydrolyzát je neutralizován NaOH na pH 7,0. Jako standard se používá kyselina protokatechinová [110].

### 3.1.3 Stanovení fenolu 4-amino-antipyrinem (AAPM)

Principem této metody je, že polyfenoly reagují s 4-amino-antipyrinem v alkalickém oxidačním prostředí za vzniku červeného barviva, které má chinoidní strukturu. Množství tohoto barviva (intenzita zbarvení roztoku) je úměrné množství polyfenolů v roztoku [105]. Koncentrace sloučenin polyfenolů se vyjadřuje v  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$  fenolu [111].

Pro stanovení obsahů celkové kyseliny kávové, celkových flavonoidů a celkových tříslovin se používá spektrofotometrická metoda založená na tvorbě komplexu Al(III) a karbonylové a hydroxylové skupině flavonoidů. Absorbance se měří při 425 nm. Modifikace tohoto testu zahrnuje reakci fenolového extraktu s  $\text{NaNO}_3$  za vzniku flavonoido-hliníkového komplexu, absorbance se měří při 510 nm. Celkový obsah kávové kyseliny je stanoven po přidání roztoku  $\text{AlCl}_3$  do metanolového extraktu polyfenolů a po úpravě na pH 4,8 roztokem  $\text{NH}_4\text{Cl}$ . Absorbance tohoto roztoku se měří při 355 nm [103].

### 3.1.4 Stanovení celkových polyfenolů dle EBC

Princip metody EBC spočívá v extrakci dimethylformalamidem nebo acetonem, po té se spektrofotometricky změří absorbance vzniklého hnědě zbarveného komplexu polyfenolů s železitými ionty při vlnové délce 600 nm [112].

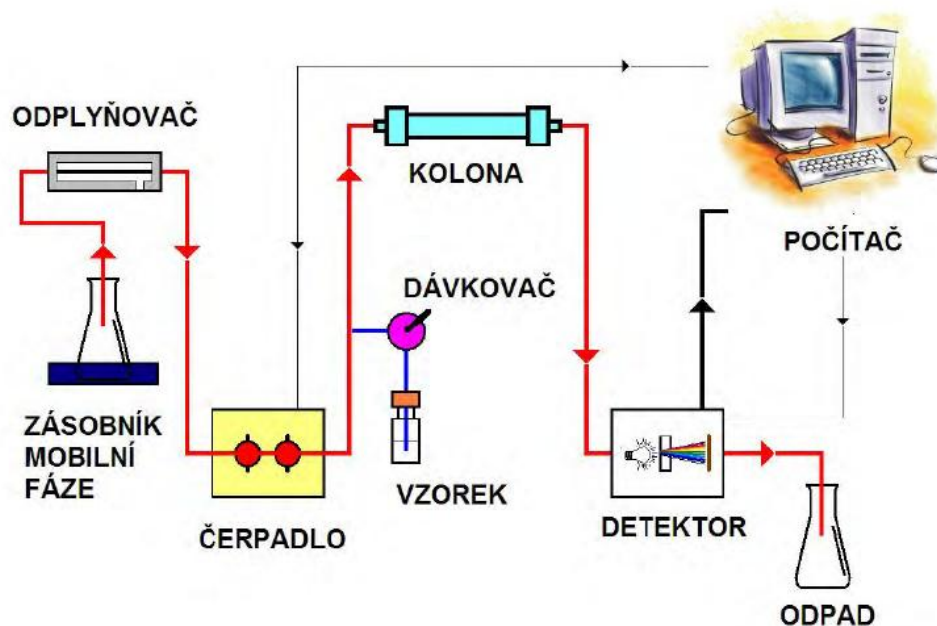
## 3.2 Stanovení jednotlivých polyfenolických látek

Jednotlivé polyfenolické látky se stanovují vysoce účinnou kapalinovou chromatografií (HPLC) [113].

Kapalinová chromatografie se používá k separaci směsí látek, které jsou netěkavé nebo špatně těkavé a termicky labilní [114]. Používá se v CC (sloupcová nebo kolonová chromatografie) a FBC uspořádání (chromatografie v plošném uspořádání) [106]. Kapalinová chromatografie může být uspořádána v uzavřeném systému (sloupcová a vysoce účinná kolonová chromatografie) nebo v otevřeném systému (papírová a tenkovrstvá chromatografie). Mobilní fáze je kapalná [115].

HPLC je separační metoda, která se používá k rychlé separaci zejména nízkomolekulárních látek, poslední dobou však slouží i k separaci malých proteinů [116]. HPLC je dnes nejpoužívanější metodou pro separaci a kvantifikaci polyfenolických sloučenin [97].

Separace vzorku je obvykle spojena s elektrochemickou nebo spektrometrickou detekcí jednotlivých složek [116].



**Obrázek 8** Schéma vysokoúčinné kapalinové chromatografie [117]

Mobilní fáze protéká aparaturou, která je vedena ze zásobních lahví přes vysokotlakou pumpu do kolony, detektoru a odpadu. Vzorek (obvykle několik  $\mu\text{l}$ ) je dávkovačem nadávkován do proudu mobilní fáze. Mobilní fáze je unášen do kolony, kde dochází k separaci jednotlivých složek. Z kolony je veden do detektoru, kde jsou jednotlivé složky detekovány. Signál z detektoru je zaznamenán pomocí počítače. Výsledkem HPLC analýzy je chromatogram [118].

## Základní části kapalinového chromatografu

### A. Zásobníky mobilní fáze

Nejčastějšími zásobníky jsou skleněné nádoby o objemu 0,1 – 2,5 l opatřené ryskami uzavřením z inertního plastu, který je opatřen otvory pro teflonové hadičky. Mobilní fáze je čerpána přes filtr zachycující mechanické nečistoty. Filtry mají velikost pórů 2 – 20  $\mu\text{m}$  [117].

## B. Vysokotlaké čerpadlo

Čerpadla pumpují mobilní fázi do systému. Moderní kapalinové chromatografy umožňují práci s tlaky v rozmezí 1 – 60 MPa, tím se získá poměrně velký průtok mobilní fáze ( $1 - 20 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1}$ ) [115]. Vysokotlaká čerpadla se dělí do dvou skupin, pulzní a bezpulzní. Objem pracovní komory pulzního čerpadla je poměrně malý, potřebného průtoku se dosáhne opakovatelným stlačením a vypuzením mobilní fáze z pracovní komory. Naopak, bezpulzní čerpadla pracují s objemem pracovní komory daleko větším, tím lze provést řadu analýz bez opětovného plnění čerpadla [119]. Používají se čerpadla pístová nebo membránová.

## C. Odplyňovací zařízení

Odplyněním mobilní fáze se snižuje riziko vzniku bublin při mísení rozpouštědel v gradientních systémech, snižuje se šum a zvyšuje se citlivost, hlavně při nízkých vlnových délkách. Jako odplyňovací zařízení se aplikují membránové vakuové odplyňovače, héliové odplyňovače, odplyňování filtrací za vakua nebo ultrazvukem [117].

*Membránové vakuové odplyňovače* jsou založeny na schopnosti membrány propouštět molekuly plynů.

*Héliové odplyňovače* jsou jedny z často používaných. Tato aplikace však vyžaduje pravidelnou kontrolu a výměnu tlakových zásobníků plynů. Principem héliového odplyňovače je vytěsnění méně rozpustných plynů v mobilní fázi héliem, tedy plynem rozpustnějším [120].

*Odplyňování filtrací za vakua nebo ultrazvukem* – dochází ke snížení tlaku na povrchu rozpouštědla. Samotné vakuum je příliš slabé, proto odplynění rozpouštědla je nedokonalé. Lze kombinovat s použitím ultrazvukové lázně [121].

## D. Směšovací zařízení

Směšovací zařízení slouží k míchání různých mobilních fází v určeném poměru. Složení mobilní fáze může být po celou dobu analýzy stejné (izokratická eluce) nebo se může měnit s časem (gradientová eluce) [122].

## E. Dávkovací zařízení

Separovaný vzorek se nejprve dokonale rozpustí ve vhodném rozpouštědle (mobilní fázi) a dávkuje se do kolony pomocí injekční stříkačky, injekčního zařízení a obtokového

dávkovacího kohoutu (smyčka připojená na kohout a plněná pomocí injekční stříkačky) [118].

### F. Předkolona

Předkolony zachytávají mechanické nečistoty a látky, které se ireverzibilně váží na kolonu. Proto se často používají jako ochrana hlavní kolony. Jsou to krátké kolony zařazené těsně před analytickou kolonu [117].

### G. Kolona

Kolony se vyrábějí z nerezové oceli nebo skla s velkou mechanickou pevností [115]. Jedná se o trubice nebo kapiláry rovnoměrně naplněné nebo pokryté stacionární fází. Úkolem pláště kolony je držet stacionární fázi pohromadě, přičemž plášť kolony musí být chemicky inertní, musí být odolný vůči vysokým tlakům a vnitřní povrch pláště musí být dostatečně hladký [120]. Separace analytů je ovlivněna teplotou kolony. Vyšší teplotou se urychlí analýza, dosahuje se vyšší účinnosti, ale může se však snížit rozlišení. Teplota se kontroluje použitím kolonového termostatu [117]. Podle použitého sorbentu se volí délka kolony. Čím je velikost zrn sorbentu menší, tím kratší kolona se použije [115].

Podle vnitřního průměru kolony se dělí na:

- Kapilární kolony – desítky až stovky  $\mu\text{m}$
- Mikrokolony – 1 mm
- „Narrow-bore“ kolony – 2 mm
- Analytické kolony – 2 – 10 mm
- Semipreparativní kolony – 10 – 25 mm
- Preparativní kolony – nad 25 mm [123].

### H. Detektory

Pro detekci separovaných látek se využívá jejich obecných nebo specifických vlastností, kterými se tyto látky liší od mobilní fáze. Rozlišujeme dva typy detektorů, univerzální a selektivní detektor [115].

Typy detektorů:

- Spektrofotometrický detektor (UV/VIS)
  - Detektory s fixní vlnovou délkou
  - Detektory s měnitelnou vlnovou délkou
  - Detektory s programovatelnou vlnovou délkou

- Detektory diodového pole [120].
  - Fluorescenční detektor
  - Hmotnostní spektrometr
  - Refraktometrický detektor, atd.

Nejčastěji používanými detektory jsou spektrofotometrický a fluorescenční detektor [118].

### 3.3 Stanovení jednotlivých fenolických kyselin

Pro stanovení fenolických kyselin se používají metody chromatografické, např. chromatografie na tenké vrstvě, plynová nebo kapalinová chromatografie. Chromatografické stanovení jsou velmi přesné a spolehlivé, je však velmi problematické určit všechny polyfenolické látky v určitém rostlinném materiálu v přijatelných časech a nákladech na analýzu [98]. Chromatografie je separační a současně analytická metoda, jejímž principem je rozdělování složek směsi mezi fází stacionární (nepohyblivou) a fází mobilní (pohyblivou) [106]. Stacionární fází mohou být částičky tuhé látky nebo se může jednat o kapalinu umístěnou na povrchu inertního nosiče. Tato fáze je umístěna v koloně. Mobilní fáze unáší separované látky stacionární fází. Mobilní fází může být buď kapalina, potom se jedná o kapalinovou chromatografii, nebo plyn, tedy plynová chromatografie [115].

Chromatografie se používá k dělení, identifikaci a stanovení velkého počtu organických a anorganických látek. Chromatografické metody jsou založeny na různých fyzikálně chemických principech, při nichž dochází k postupnému, mnohonásobně opakovanému vytváření rovnovážných stavů dělených látek mezi dvěma i více fázemi.

#### 3.3.1 Chromatografie na tenké vrstvě (TLC)

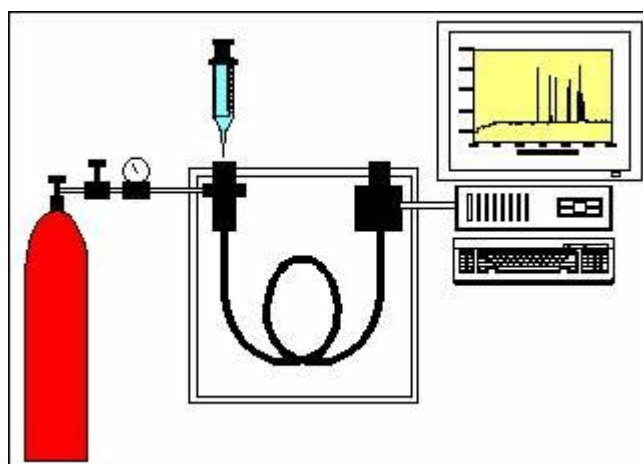
TLC je považována za tradiční, jednouchý, rychlý a levný způsob separace, orientační identifikaci a vizualizaci nejrůznějších látek [124]. Klasická TLC je nejjednodušší chromatografická technika, jejíž základní potřeby a přístroje lze získat za nízkou cenu. Oddělené látky, předběžně identifikované TLC, mohou být eluovány pro další charakterizaci jinými mikroanalytickými technikami (GC, HPLC, UV, IR, NMR, MS) [125]. TLC může být buď typu kapalina-kapalina nebo kapalina-tuhá látka. V obou případech je mobilní fází kapalina. Stacionární fází je buď kapalina ukotvená v tenké vrstvě na podložním materiálu, nebo tuhá látka v podobě tenké vrstvy [126].

Analyzovaný vzorek se nanáší na povrch chromatografické folie [105] jako malý bod nebo pruh [125], a v zábrusové zkumavce nebo kyvetě se vyvíjí vhodnou eluční soustavou, rozpouštědlem nebo směsí rozpouštědel. Po dosažení požadované výše rozpouštědla se vyvíjení ukončí, označí se čelo rozpouštědla [105] a mobilní fáze se odstraní sušením na vzduchu nebo použitím tepla [125].

### 3.3.2 Plynová chromatografie (GC)

Jedná se o separační a zároveň analytickou metodu, umožňující kvantitativní a kvalitativní analýzu plyných vzorků nebo kapalných, pokud je možno je před separací převést na páru. Používá se soustava plyn-kapalina nebo plyn-tuhá látka. V těchto případech je mobilní fází plyn, tzv. nosný plyn [106]. Jedná se o inertní plyny, jako jsou helium, argon, dusík, oxid uhličitý a vodík. Problémem nosných plynů (mobilní fáze) jsou nečistoty interagující s analytem nebo stacionární fází v nosném plynu. Kritickými nečistotami jsou vodní pára a kyslík, proto se musí použít vyšší stupeň čistoty zásobníků nosných plynů. Nečistoty nemusí vždy pocházet ze zásobníku (tlakové lahve), ale mohou se dostávat i při nesprávné instalaci zařízení, např. použití chybných těsnění [127]. Stacionární fází tvoří buď tuhá látka, nebo je to kapalina zakotvená na nosiči.

Principem této metody je, že rozdělené složky jsou unášeny nosným plynem z kolony a detektor zaznamenává jejich množství jako funkce času nebo objemu proteklého nosného plynu [115]. Přístroj pro plynovou chromatografii se nazývá plynový chromatogram [106].



**Obrázek 9** Schéma plynové chromatografie [128]

## Základní části plynového chromatografu

### A. Zdroj nosného plynu

Nosný plyn (argon, vodík, dusík, hélium) je uložen v tlakové láhvi [129]. Volba nosného plynu závisí na typu detektoru [115].

### B. Čistící zařízení

Čistící zařízení se používá k zachycení vlhkosti a nečistot v nosném plynu. Odstraňuje stopy nežádoucích ostatních plynů. Zejména reaktivního kyslíku, který by mohl poškodit stacionární fázi v koloně.

### C. Regulační systém

Regulační systém zajišťuje stálý nebo programově se měnící průtok nosného plynu [129].

### D. Dávkovač

Dávkovače slouží ke vnesení vzorku do proudu nosného plynu [106]. Dávkování vzorku do kolony musí být co nejrychlejší a musí zaujmout co nejmenší prostor. Kapalné vzorky je třeba zplynit, aby do kolony přišly v podobě par. Tuhé vzorky je třeba nejprve rozpustit. Dávkování se nejčastěji provádí injekční stříkačkou [115].

### E. Kolona

V koloně je umístěna stacionární fáze a dochází zde k separaci látek. Vyrábí se buď kolony skleněné, nebo kovové. Kolony se rozdělují na kapilární a náplňové [130].

### F. Detektor

Detektory slouží k detekci látek [115]. Volba detektoru závisí na vlastnostech měřených složek.

Typy detektorů:

- Plamenoionizační detektor (FID)
- Tepelně vodivostní detektor (TCD)
- Detektor elektronového záchyty (ECD)
- Hmotnostně spektrometrický detektor (MS)

### G. Vyhodnocovací zařízení

Vyhodnocující zařízení zpracovává signál z detektoru, zakresluje chromatogram a provádí jeho vyhodnocení [129].



## **H. Termostat**

Termostat zajišťuje teplotu dostatečnou pro dávkovač, kolonu a detektor [131].

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## **4 CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE**

Cílem diplomové práce bylo sledovat vliv klonů jakonu na obsah polyfenolických látek v jejich hlízách. Pro naplnění stanoveného cíle byla vypracována rešerše týkající se obsahu celkových polyfenolických látek v hlízách jakonu. Poté byla provedena laboratorní měření a výsledky byly statisticky vyhodnoceny a diskutovány s dostupnými vědeckými poznatky.

## 5 METODIKA A MATERIÁL

### 5.1 Charakteristika analyzovaných vzorků

Rostlinný materiál byl získán od Institutu tropů a subtropů, České zemědělské univerzity v Praze (ITS ČZU) [132] v rámci spolupráce s bolivijskou univerzitou (Universidad Nacional “Siglo XX”, Llalagua). Plodiny byly pěstovány na pokusném poli ITS ČZU v Praze (sklizeň – říjen 2011).

Genetický materiál jakonu získaný z různých oblastí světa je udržován v Praze na ITS ČZU. Sběr materiálu započal v roce 1993 a kolekce jakonu se neustále doplňuje. Stonkové hlízy pocházející z Nového Zélandu byly zakoupeny v Aucklandu a mají označení ‘NZL I‘ a ‘NZL II‘, do České republiky byly zavedeny v roce 1993. Genetický materiál z Německa byl získán z botanické zahrady Stückborstelu. V České republice se pěstuje od roku 1994 pod označením ‘DEU‘. V roce 1994 byl do České republiky zaveden také genetický materiál z Ekvádoru, značí se ‘ECU‘. Z oblasti San Pedro pochází hlízy z Bolívie, označují se ‘BOL‘ a v České republice se pěstují od roku 1995.

Hlízy jakonu byly pěstovány na pokusných polích ITS ČZU v Praze v nadmořské výšce 286 m n. m. V průběhu vegetace průměrná denní teplota byla 15 °C, úhrn srážek byl 322,3 mm a délka slunečního svitu 1189,7 hodin. Půda byla hnojena kompostem sedm měsíců před výsadbou. Průměrná doba vegetace činila 171 dnů, během vegetace bylo provedeno dvojí plečkování. Rostliny jakonu byly průběžně a rovnoměrně zavlažovány. S příchodem prvních podzimních mrazíků byla provedena sklizeň, stonkové hlízy byly přes zimu uloženy v rašelině ve skleníku [133]. Charakteristika analyzovaných hlíz je uvedena v **Tabulce 4**.

Tabulka 4 Charakteristika analyzovaných vzorků

Název vzorku	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 ČZU	116
POLY 4	Žlutá		Odvozeno experimentálně z NZL 1 na ČZU	166
YANAYO GR.	Žlutá	Bolívie	Bolívie	58
LOCOTAL ŽL.	Žlutá	Bolívie	Bolívie	58
CUZCO	Žlutavá	Peru	Peru	58
TUQUIZA	Bílá	Bolívie	Bolívie	58

V příloze P I, P II, P III jsou uvedeny fotografie některých použitých hlíz jakonu. V příloze P I je znázorněn klon NZL 2, v P II klon PER 5 a příloze P III klon POLY 3.

## 5.2 Chemické analýzy

### 5.2.1 Stanovení obsahu vlhkosti

#### 5.2.1.1 Předsoušení

Nastrouhané hlízy jakonu byly zváženy s přesností na 0,001 g (množství vzorku v miskách se pohybovalo v rozmezí 50 – 250 g, dle velikosti hlíz) do plastových předem vysušených a zvážených misek. Vzorky byly rovnoměrně rozprostřeny do vrstvy asi 10 mm. Misky byly umístěny do laboratorní sušárny (Venticell Ventical, BMT., a.s., ČR) předehřáté na 50 °C. Misky byly vyjmuty ze sušárny a ponechány volně na vzduchu, za účelem vyrovnání vlhkostí s okolní atmosférou. Vzorky byly chráněny před rozptýlením a zaprášením. Poté byly misky se vzorky zváženy a následně rozemlety a prosity přes síto.

#### 5.2.1.2 Příprava misek

Hliníkové misky s víčky (vysoušečky) byly omyty a vysušeny v sušárně při 103 °C, poté byly umístěny do exsikátoru. Vysoušečky spolu s víčky byly po vychladnutí na pokojovou teplotu zváženy s přesností na 0,001 g.

#### 5.2.1.3 Sušení

Do předem vysušených a zvážených hliníkových misek bylo naváženo přibližně 2 – 3 g předsušených vzorků, s přesností na 0,0001 g. Do předem vyhřáté sušárny na teplotu 103 °C byly vloženy misky spolu se vzorky a byly sušeny do konstantní hmotnosti. Vysoušečky byly do sušárny vloženy co nejrychleji, aby se zabránilo příliš rychlému poklesu teploty. Po 4 hodinách sušení byly vysoušečky ze sušárny vyjmuty a nechány zchladnout v exsikátoru, po té byly zváženy opět s přesností na 0,0001 g. Vzorky nedosahovaly konstantní hmotnosti, proto byly vloženy na další 2 hodiny do sušárny předehřáté na 103 °C.

#### 5.2.1.4 Vyhodnocení

Obsah vlhkosti (X) jako procento vzorku bylo vypočítáno podle vzorce:

#### *Sušení bez předsoušení*

$$X = \frac{(m - m_0)}{m} \times 100 \quad (1)$$

kde:

$m$  = počáteční hmotnost zkoušeného vzorku v gramech

$m_0$  = hmotnost sušeného zkoušeného vzorku v gramech

### ***Sušení s předsoušením***

$$X_p = \left[ \frac{(m_2 - m_0) \times m_1}{m_2} + m - m_1 \right] \times \frac{100}{m} = 100 \times \left( 1 - \frac{m_1 \times m_0}{m \times m_2} \right) \quad (2)$$

kde:

$m$  = počáteční hmotnost zkoušeného vzorku v gramech

$m_1$  = hmotnost zkoušeného vzorku po předsoušení v gramech

$m_2$  = hmotnost sušeného zkoušeného vzorku po rozemletí nebo rozmělnění v gramech

$m_0$  = hmotnost sušeného zkoušeného vzorku v gramech

Vypočtené hodnoty jsou vyjádřeny v [%]

### **Obsah sušiny v % (Y) se vypočítá podle vzorce:**

$$Y = 100 - X \quad (3)$$

Výsledkem stanovení byl aritmetický průměr výsledků dvou souběžně provedených stanovení [134].

### **5.2.2 Stanovení obsahu celkových polyfenolů**

Stanovení celkových polyfenolů bylo provedeno metodou Lachmana [135]. Pro stanovení polyfenolů byly použity lyofilizované vzorky. Lyofilizace probíhala při  $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 12156 Pa po dobu 48 hodin (Christ Alpha 1-4 LSC, Labicom ČR).

Lyofilizace je způsob sušení, kdy se malé kousky vzorku rychle zmrazí, a to tak aby poškození ledovými krystaly bylo minimální. Poté se vzorek umístí do sušárny, voda ze zmrazeného vzorku sublimuje, tzn., přechází z pevné fáze do fáze plynné. Sušená potravina si tak zachová svoji původní texturu a aroma [136].

### 5.2.2.1 *Extrakce*

Extrakce je separační metoda, při které přechází složka ze směsi látek v kapalně i v tuhé fázi do jiné kapalné fáze. Extrakce je vhodná pro izolaci tepelně nestálých látek, protože se může provádět i za laboratorní teploty nebo za chladu [137].

1,5 g lyofilizovaného vzorku bylo extrahováno v centrifugační zkumavce 80% vodným roztokem CH<sub>3</sub>OH (Sigma Aldrich, Německo) s kapkou 0,01% HCl po dobu 24 hodin. Pro usnadnění extrakce byl vzorek ponořen na 15 minut do ultrazvukové lázně. Poté byla provedena centrifugace po dobu 10 minut při 3000 otáčkách (Z 300 K, Hermle Labortechnik GmbH, Wehingen, Německo), a to při laboratorní teplotě. Supernatant byl zfiltrován přes papírový filtr s porézností 8 µm. Zbylý pelet byl extrahován opět stejným způsobem s tím rozdílem, že doba extrakce byla 2 hodiny. Tento proces byl ještě jednou opakován. Filtráty byly spojeny a kvantitativně převedeny do 50 ml odměrné baňky a doplněny 80% vodným roztokem metanolu. Extrakt byl uchován při -29 °C. Vše bylo provedeno tak, aby bylo co nejvíce zamezeno kontaktu vzorku se vzduchem a světlem.

### 5.2.2.2 *Standardní roztoky a kalibrace*

Ze zásobního roztoku kyseliny gallové (Merck, Německo) o koncentraci 5 mg·ml<sup>-1</sup> byla vytvořena kalibrační řada o koncentracích 1 – 4 µg·ml<sup>-1</sup>. Do 50 ml odměrné baňky bylo pipetováno 0,5 ml vzorku dané koncentrace a bylo přidáno cca 5 ml destilované vody pro zředění a 2,5 ml FC činidla. Po 3 minutách stání při laboratorní teplotě bylo do každé odměrné baňky přidáno 7,5 ml 20% roztoku Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> a doplněno po rysku do objemu 50 ml destilovanou vodou. Po 2 hodinách stání při laboratorní teplotě byla změřena absorbance na spektrofotometru při vlnové délce 750 nm proti slepému pokusu. Slepý pokus obsahoval destilovanou vodu, FC činidlo a 20% roztok Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>.

### 5.2.2.3 *Stanovení celkových polyfenolů ve vzorcích*

Ke stanovení vzorků byly použity extrakty a měření probíhalo stejným způsobem jako měření standardních roztoků kyseliny gallové. Výsledky byly vyjádřeny jako ekvivalenty gallové kyseliny (mg·100 g<sup>-1</sup> 100% sušiny). Průměrné hodnoty byly získány ze tří paralelních stanovení a vyjádřeny jako aritmetický průměr a směrodatná odchylka [135].



### 5.2.3 Statistické vyhodnocení dat

Pro analýzu dat byl použit program STATISTICA CZ, verze 9.1 [138]. Byl aplikován parametrický test srovnávající střední hodnoty dvou nezávislých výběrů a analýza variance. Všechna statistická hodnocení byla provedena na hladině významnosti 5 %.

## 6 VÝSLEDKY A DISKUZE

Pro analytické stanovení bylo použito 28 vzorků hlíz jakonu, které se lišily barvou dužniny, původem, místem získání a počtem chromozomů. Tyto vzorky byly charakterizovány v kapitole 5.1.

### 6.1 Obsah vlhkosti

Podle vzorce (3) byl vypočítán obsah vlhkosti, průměrné hodnoty vlhkosti jsou uvedeny v **Tabulce 5**.

**Tabulka 5** Obsah sušiny, resp. vlhkosti v jednotlivých klonech (%)

	Sušina		Vlhkost	
	Průměr	Směrodatná odchylka	Průměr	Směrodatná odchylka
<b>PER 5</b>	15,94	0,14	84,06	0,14
<b>PER 10</b>	13,62	0,16	83,38	0,16
<b>PER 15/20</b>	15,30	0,23	84,70	0,23
<b>PER 25</b>	14,20	0,40	85,80	0,40
<b>PER 30</b>	15,40	0,46	84,60	0,46
<b>PER 40</b>	16,50	0,18	83,50	0,18
<b>PER 45</b>	12,40	0,14	87,60	0,14
<b>PER 50</b>	14,18	0,41	85,82	0,41
<b>PER 55</b>	14,50	0,19	85,50	0,19
<b>PER 60</b>	15,91	0,25	84,09	0,25
<b>PER 65</b>	13,66	0,51	86,34	0,51
<b>PER 70</b>	13,76	0,79	86,24	0,79
<b>PER 75</b>	11,19	0,34	88,81	0,34
<b>PER 90</b>	15,39	0,41	84,61	0,41
<b>NZL 1</b>	13,60	0,16	86,40	0,16
<b>NZL 2</b>	14,24	0,45	85,76	0,45

## Pokračování Tabulky 5

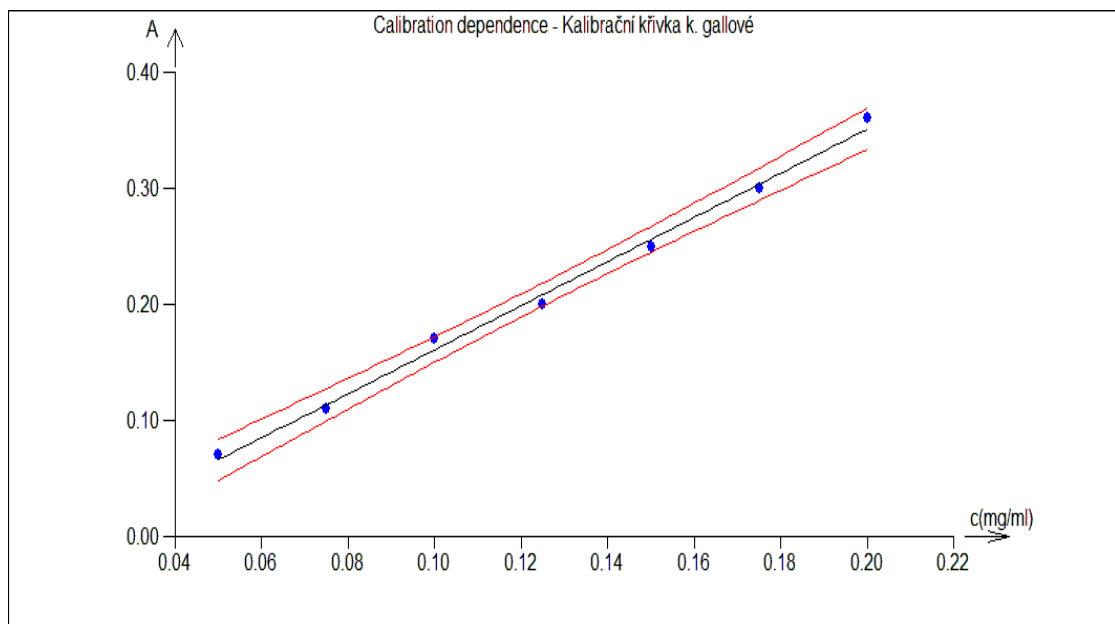
	Sušina		Vlhkost	
	Průměr	Směrodatná odchylka	Průměr	Směrodatná odchylka
<b>BOL</b>	15,42	0,55	84,58	0,55
<b>DEU</b>	11,78	0,23	88,22	0,23
<b>ECU</b>	14,98	0,65	85,02	0,65
<b>PŘE</b>	16,44	0,15	83,56	0,15
<b>FIAL.</b>	12,22	0,30	87,78	0,30
<b>BELGIE-MOR.</b>	15,92	0,22	84,08	0,22
<b>POLY 3</b>	11,09	0,16	88,91	0,16
<b>POLY 4</b>	13,98	0,40	86,02	0,40
<b>YANAYO GR.</b>	11,71	0,16	88,29	0,16
<b>LOCOTAL ŽL.</b>	13,33	0,44	88,67	0,44
<b>CUZCO</b>	12,58	0,36	87,42	0,36
<b>TUQUIZA</b>	13,52	0,28	86,48	0,28

Z **Tabulky 5** plyne, že průměrný obsah sušiny v analyzovaných hlízách jakonu se pohyboval v rozmezí 11,1 – 16,5 % a tzn., že obsah vlhkosti se pohyboval v rozmezí 83,5 – 88,9 %. Nejnižší obsah vlhkosti byl zjištěn u vzorku PER 40, nejvyšší vlhkosti dosahoval vzorek POLY 3.

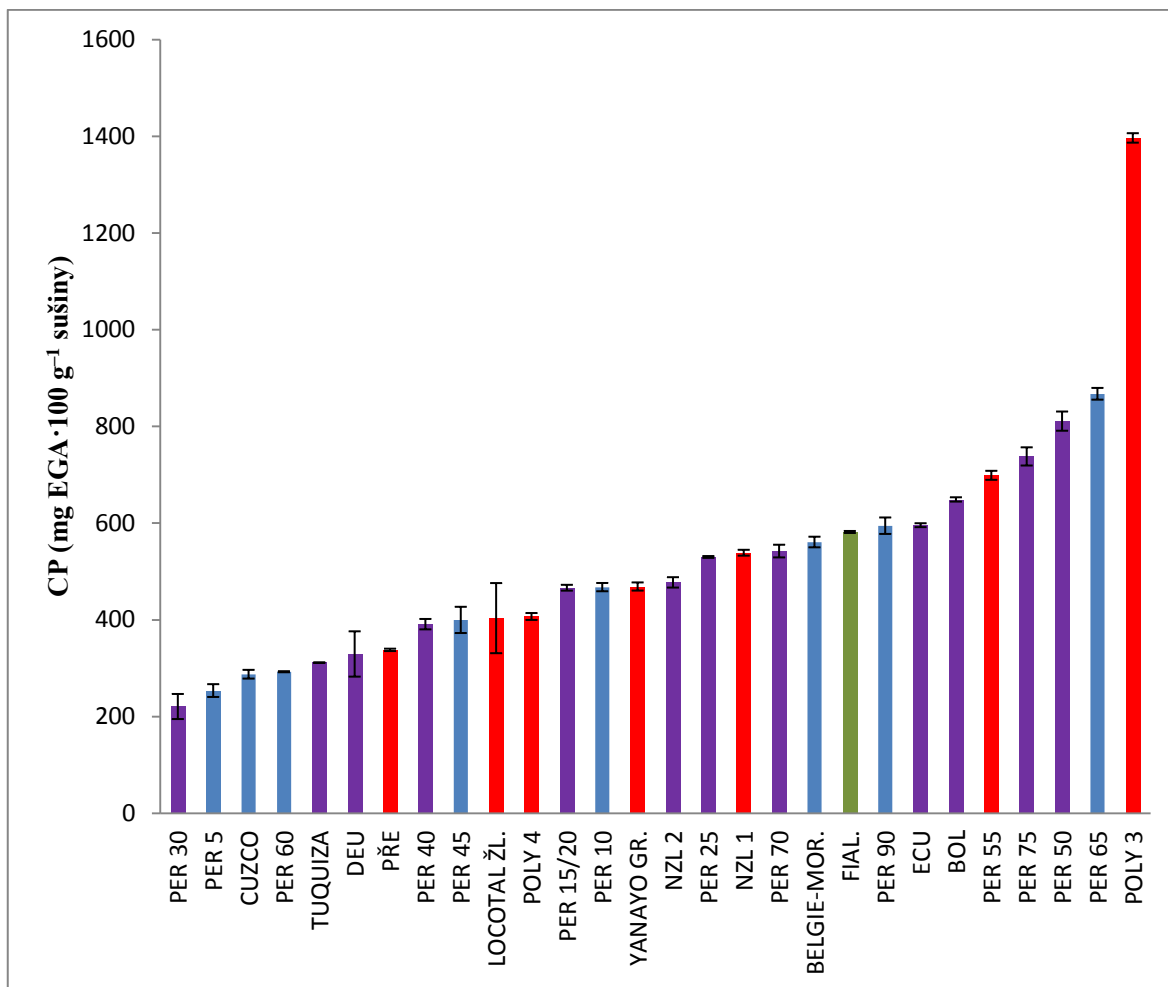
Suroviny rostlinného původu jsou typické vysokým množstvím vody a malým obsahem sušiny [139]. Během skladování zdravých hlíz dochází ke zvyšování jejich sušiny, jejíž obsah je ovlivněn zejména odrůdou a z menší části prostředím. Ztráty sušiny závisí na intenzitě dýchání hlíz a vypařování vody [140].

## 6.2 Obsah celkových polyfenolů

Obsah celkových polyfenolů byl stanoven spektrofotometricky s použitím FC činidla a s použitím kyseliny gallové. Ze zásobního roztoku kyseliny gallové o koncentraci  $5 \text{ mg}\cdot\text{ml}^{-1}$  byla vytvořena kalibrační řada o koncentraci  $1 - 4 \text{ }\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ . Na **Obrázku 10** je znázorněn kalibrační graf kyseliny gallové.



**Obrázek 10** Kalibrační křivka kyseliny gallové s vyznačeným pásem spolehlivosti



**Obrázek 11** Průměrný obsah celkových polyfenolů v hlízách jednotlivých klonů jakonu

EGA – ekvivalent kyseliny gallové

Na **Obrázku 11** je znázorněn průměrný obsah celkových polyfenolů, kde modrou barvou jsou označeny klony se žlutavou dužninou, červeně se žlutou dužninou, fialově s bílou dužninou a zeleně je znázorněn klon se žlutavou dužninou s fialovým pigmentováním. Tabulka s naměřenými hodnotami je uvedena v PŘÍLOZE P IV: Průměrný obsah celkových polyfenolů v klonech jakonu.

U použitých hlíz byly zjištěny zřetelné rozdíly v obsahu CP, které byly zřejmě dány vlivem odlišných genotypů. Ze zjištěných hodnot vyplývá, že celkový obsah polyfenolických látek se pohyboval v rozmezí 220,66 – 1396,41 mg EGA · 100 g<sup>-1</sup> sušiny. Nejnižší obsah byl zjištěn u vzorku PER 30 a nejvyšší u vzorku POLY3. Obsah polyfenolických látek také souvisí s barvou dužniny a je odlišný v různých fázích zralosti. Pro stanovení CP bylo

použito 28 klonů hlíz jakonu, které se lišily v několika znacích. Jedním z viditelných rozdílů byla barva dužniny, která u použitých hlíz byla barvy od bílé, přes žlutavou až žlutou, nebo s pigmentováním. Pigmentování je typické zejména pro vzorek FIAL. Fialové pigmentování zvyšuje obsah polyfenolů, a to díky přítomnosti antokyanidinových barviv. Hlavní antokyanidinová barviva vyskytující se v barevných hlízách jsou peonidin, malvidin, pelargonidin, petunidin, kyanidin a delphinidin. Barevné varianty se liší ve složení a zastoupení jednotlivých antokyanidinů [141]. Obecně platí, že čím tmavší dužnina, tím vyšší obsah polyfenolů. Tomu také odpovídají naměřené hodnoty, kde vzorek s nejnižším obsahem polyfenolů PER 30 má bílou dužninu a vzorek s nejvyšší hodnotou POLY 3 je nositelem barvy žluté. Většina klonů se žlutavou dužninou dosahovala nižších hodnot. Vzorek FIAL je jediným použitým vzorkem s pigmentováním, byl u něj zjištěn průměrný obsah CP (581,57 mg EGA·100 g<sup>-1</sup> sušiny).

Stanovení obsahu celkových polyfenolů bylo provedeno metodou FC. Lachman *et al.* ve své práci uvádí, že obsah CP, stanovený taktéž FC metodou, v biomase (hlízovité kořeny, listy a oddenky) byl u genotypů NZL 1 34,94 mg·g<sup>-1</sup> sušiny, NZL 2 68,49 mg·g<sup>-1</sup> sušiny, DEU 43,20 mg·g<sup>-1</sup> sušiny, ECU 58,43 mg·g<sup>-1</sup> sušiny a u BOL 59,49 mg·g<sup>-1</sup> sušiny; hodnoty byly přepočítány na standard kyseliny gallové. Je zde také uvedeno rozdělení genotypů jakonu do tří skupin na základě obsahu polyfenolických látek, barvy dužniny a oddenků. Obsah polyfenolů v hlízách a stoncích se považuje za srovnatelný. První skupina byla tvořena genotypy pocházejícími z Německa (DEU) a Nového Zélandu (NZL 2 se žlutě/oranžově zbarvenou dužninou), které mají nízký celkový obsah polyfenolů. Tyto genotypy jsou charakterizovány světle zelenými listy a oddenky bílé barvy s fialovými pigmenty. Druhá skupina zahrnuje genotypy z Ekvádoru (ECU) a Bolívie (BOL), které jsou vyznačovány vysokým obsahem polyfenolů. Genotyp NZL 1 s bílou dužninou tvoří třetí skupinu a obsahuje průměrný obsah polyfenolů. Druhá a třetí skupina je typická zelenými listy a fialovými oddenky [83].

Stanovení kyseliny chlorogenové a L-tryptofanu nebylo náplní diplomové práce, ale jelikož se jedná o hlavní antioxidanty jakonu a dalších suchozemských rostlin, tak lze zmínit k jakým výsledkům dospěli autoři Yan *et al.* [35]. Pro stanovení těchto dvou antioxidantů použili metodu HPLC a dospěli k závěru, že obsah kyseliny chlorogenové byl 48,5 μm·g<sup>-1</sup> čerstvé váhy a L-tryptofanu 14,6 μm·g<sup>-1</sup> čerstvé váhy.

Lachman *et al.* [85] se v jedné ze svých prací věnovali zastoupení dominantních fenolických kyselin v různých částech rostliny jakonu. Zjistil, že nejvyšší obsah CP

vykazují kaudexy ( $42198 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  sušiny), dále listy ( $13743 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), nižší hodnoty byly naměřeny ve stoncích ( $9003 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  sušiny) a nejnižší obsah CP byl stanoven v hlízách ( $6877 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  sušiny). Z jejich výzkumů rovněž vyplývá, že hlízy jakonu jsou bohatším zdrojem polyfenolických antioxidantů než hlízy brambor. Hlízy jakonu ( $2030 - 6877 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  sušiny) obsahují asi 3 – 10x více polyfenolů než hlízy brambor ( $422 - 834 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  sušiny).

U dalších druhů ovoce a zeleniny se obsah polyfenolů pohybuje např. u fazolí v rozmezí  $34 - 280 \text{ mg}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$  sušiny, ječmene  $1200 - 1500 \text{ mg}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$  sušiny [69], mrkve  $1485 \text{ mg}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$  sušiny, brokolice  $1924 \text{ mg}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$  sušiny, cukety  $850 \text{ mg}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$  sušiny, nektarinky  $577 \text{ mg}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$  sušiny, růžový grapefruit  $4057 \text{ mg}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$  sušiny, kiwi  $2169 \text{ mg}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$  sušiny [74].

Rostlinné materiály obsahují různé množství fenolických kyselin, fenyylpropanoidů, tříslovin, antokyanů atd. Kvantifikace polyfenolických látek v rostlinných materiálech je ovlivněna jejich chemickou povahou, použitou extrakční metodou, velikostí částic vzorku, podmínkami a dobou uchování, stejně jako způsobem stanovení, přítomností interferujících látek [97]. Obsah polyfenolů se snižuje tepelným zákrokem, zbavením se slupek, naopak některé technologické zákroky jejich obsah zvyšují, např. při výrobě ovocných džusů nebo vín se polyfenoly uvolňují lisováním [69].

## ZÁVĚR

Jakon (*Smallanthus sonchifolia*) je původem andská plodina patřící do čeledi *Asteraceae*. Původní obyvatelé Peru tuto tradiční plodinu využívali v lékařství, sloužila také jako potrava pro andské zemědělce. Drobní pěstitelé pěstují jakon převážně pro svou vlastní potřebu. Rostliny jsou nezvykle odolné a rostou i v extrémních podmínkách. Jakon je typický dvěma druhy hlíz, a to oddenkovými a kořenovými. Složením se hlízy velmi podobají hlízám brambor a topinamburu. Odlišností je, že hlízy brambor obsahují zásobní polysacharid škrob a hlízy jakonu a topinamburu inulin. Hlízy jakonu jsou bohaté na obsah fruktooligosacharidů, obsahují také značné množství polyfenolických sloučenin s převahou kyseliny chlorogenové a derivátů kyseliny kávové. Převážná část biomasy je tvořena vodou, zbytek je sušina, která ze 70 – 80 % obsahuje sacharidy, z nichž jsou přítomny glukóza, fruktóza, sacharóza a ze zásobních polysacharidů již zmíněné fruktooligosacharidy. Vitaminy, minerální látky a proteiny jsou zastoupeny ve stopových koncentracích. Dále jsou přítomny fytoalexiny, a to 4'-hydroxy-3'-(3-metylbutanoyl)acetofenon, 4'-hydroxy-3'-(3-metyl-2-butenyl)acetofenon a 5-acetyl-2-(1-hydroxy-1-metyletyl)benzofuran, které jsou považovány za obrané látky rostlin. V listech a kořenech jsou také obsaženy silice, které napomáhají rozlišovat jednotlivé odrůdy jakonu. V listech se vyskytují karyofylen,  $\gamma$ -kadinen,  $\beta$ -pinen, v kořenech  $\alpha$ -pinen, neoabienol, *cis*-abienol a *trans*-abienol. Fungicidní účinek je přiřazován melampolidům (sonchifolin, polymatin B, uvedalin a enhydrin), rovněž jsou přítomny seskvi- a diterpeny, které působí protizánětlivě, antimikrobiálně, atd.

Polyfenolické látky v rostlinných materiálech je možno stanovit několika metodami, odvíjí se od účelu studie, povaze rozpouštědla a analytu. Celkový obsah polyfenolických látek lze stanovit metodami Price and Butler, European Brewery Convention, stanovením fenolu 4-amino-antipyridinem a metodou založenou na použití FC činidla, kterou jsem použila ve své práci. Jednotlivé polyfenolické látky je možno určit vysoce účinnou kapalinovou chromatografií, která se dnes považuje za nejpoužívanější metodu pro separaci a kvantifikaci polyfenolických sloučenin. Pro stanovení fenolických kyselin se aplikují metody chromatografické, zejména chromatografie na tenké vrstvě, plynová nebo kapalinová chromatografie. Hodnoty získané jednotlivými metodami se nepatrně liší, např. hodnoty zjištěné HPLC metodou jsou nižší než hodnoty zjištěné metodou FC.



Cílem této diplomové práce bylo provést stanovení celkového obsahu polyfenolických látek v hlízách jakonu. Pro tuto detekci byla zvolena metoda Lachmana *et al.* s použitím FC činidla. Bylo použito 28 vzorků získaných z různých částí světa. Hlízy byly vypěstovány na pokusných polích ITS ČZU v Praze.

Celkový obsah polyfenolických látek se pohyboval v rozmezí 220,66 – 1396,41 mg EGA·100 g<sup>-1</sup> sušiny. Nejnižší hodnoty byly zjištěny u genotypu PER 30 s dužninou bílé barvy a nejvyšší u klonu POLY 3 se žlutě zbarvenou dužninou. Rozdíly v obsahu celkových polyfenolů jsou dány odlišnými genotypy. Hlízy jakonu ve srovnání s hlízami brambor mají 3 – 10x nižší zastoupení polyfenolů.

Nejvhodnějším klonem, z hlediska obsahu polyfenolů, byl již zmíněný klon POLY 3, který dosahoval nejvyšších hodnot a lze jej tedy označit za nejvíce zdraví prospěšný. Polyfenoly mají řadu prospěšných účinků na lidský organizmus, chovají se jako antioxidanty a antimutageny. Bylo prokázáno, že nádorová onemocnění se méně často vyskytují u lidí, kteří více konzumují potraviny bohaté právě na polyfenoly. Obecně lze tedy říci, že polyfenoly působí příznivě při prevenci civilizačních onemocnění.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] CASTILLO, R. O. Plant genetic resources in the Andes: Impact, conservation, and management. *Crop science*. 1995, roč. 35, č. 2, s. 335-360. ISSN 0011-183X.
- [2] FERNÁNDEZ, E. C., V. W. PÉREZ, C. H. ROBLES a I. VIEHMANNOVÁ. Screening of yacon (*Smallanthus sonchifolius*) in the Bilbao Rioja and Charcas provinces of departament Potosí in Bolivia. *Agricultura tropica et subtropica*. 2005, roč. 38, č. 1, s. 6-11. ISSN 0231-5742.
- [3] FLORES, H. E. et al. Andean root and tuber crops: Underground rainbows. *Hortscience*. 2003, roč. 38, č. 2, s. 161-167. ISSN 0018-5345.
- [4] International potato center. *Andean root & tuber crops* [online]. ©2009 [cit. 2012-03-25]. Dostupné z: <http://cipotato.org/roots-and-tubers>
- [5] PULKRÁBEK, J. Systém multimedialní elektronické publikace. *Okopaniny* [online]. ©2003 [cit. 2012-03-26]. Dostupné z: [http://etext.czu.cz/php/skripta/skriptum.php?titul\\_key=5](http://etext.czu.cz/php/skripta/skriptum.php?titul_key=5)
- [6] International potato center. *Oca, Ulluco & Mashua* [online]. ©2009 [cit. 2012-03-25]. Dostupné z: <http://cipotato.org/roots-and-tubers/oca-ulluco-mashua>
- [7] ŽÁČEK, Z. *Plody dalekých krajů*. 1. vyd. Praha: Merkur, 1981.
- [8] The national academies press. *Ullucus tuberosus* [online]. ©2001 [cit. 2012-04-05]. Dostupné z: [http://www.nap.edu/openbook.php?record\\_id=1398&page=104](http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=1398&page=104)
- [9] EMSHWILLER, E. a J. J. DOYLE. Origins of domestication and polyploidy in oca (*Oxalis tuberosa*: Oxalidaceae): NR DNA its data. *American Journal of Botany*. 1998, roč. 85, č. 7, s. 975-985. ISSN 0002-9122.
- [10] The national academies press. *Oca* [online]. ©2001 [cit. 2012-04-05]. Dostupné z: [http://www.nap.edu/openbook.php?record\\_id=1398&page=82](http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=1398&page=82)
- [11] International potato center. *Ahipa* [online]. ©2009 [cit. 2012-03-25]. Dostupné z: <http://cipotato.org/roots-and-tubers/ahipa>
- [12] LEIDI, E. O. et al. Factors affecting root and seed yield in ahipa (*Pachyrhizus ahipa* (Wedd.) Parodi), a multipurpose legume crop. *European journal agronomy*. 2004, roč. 20, č. 4, s. 395-403. ISSN 1161-0301.
- [13] The national academies press. *Ahipa* [online]. ©2001 [cit. 2012-04-05]. Dostupné z: [http://www.nap.edu/openbook.php?record\\_id=1398&page=38](http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=1398&page=38)

- [14] International potato center. *Arracacha* [online]. ©2009 [cit. 2012-03-25]. Dostupné z: <http://cipotato.org/roots-and-tubers/arracacha>
- [15] The national academies press. *Arracacha* [online]. ©2001 [cit. 2012-04-05]. Dostupné z: [http://www.nap.edu/openbook.php?record\\_id=1398&page=46](http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=1398&page=46)
- [16] The national academies press. *Mashua* [online]. ©2001 [cit. 2012-04-05]. Dostupné z: [http://www.nap.edu/openbook.php?record\\_id=1398&page=66](http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=1398&page=66)
- [17] VEČEŘA, R. et al. Solen. *Maka a její účinky* [online]. ©2009 [cit. 2012-03-26]. Dostupné z: <http://www.solen.cz/pdfs/lek/2006/04/06.pdf>
- [18] VALENTOVÁ, K., J. FRČEK a J. ULRICHOVÁ. Jakon (*Smallanthus sonchifolius*) a maka (*Lepidium meyenii*), tradiční andské plodiny jako nové funkční potraviny na evropském trhu. *Chemické listy* [online]. 2001, č. 95 [cit. 2012-03-26]. Dostupné z: <http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/archiv/2001/10-PDF/594-601.pdf>
- [19] *Lepidium Meyenii. Information on Lepidium meyenii* [online]. ©2010 [cit. 2012-03-25]. Dostupné z: <http://www.lepidiummeyenii.com/>
- [20] *Lepidium Meyenii. Description of the Lepidium on Lepidium meyenii plant* [online]. ©2010 [cit. 2012-03-25]. Dostupné z: <http://www.lepidiummeyenii.com/physical.htm>
- [21] The national academies press. *Maca* [online]. ©2001 [cit. 2012-04-05]. Dostupné z: [http://www.nap.edu/openbook.php?record\\_id=1398&page=56](http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=1398&page=56)
- [22] *Lepidium Meyenii. Growing conditions* [online]. ©2010 [cit. 2012-03-25]. Dostupné z: <http://www.lepidiummeyenii.com/growing-conditions.htm>
- [23] Raintree Nutrition. *Maca* [online]. ©1996 [cit. 2012-03-25]. Dostupné z: <http://www.rain-tree.com/maca.htm>
- [24] LACHMAN, J., E. C. FERNÁNDEZ a M. ORSÁK. Yacon [*Smallanthus sonchifolia* (Poepp. et Endl.) H. Robinson] chemical composition and use – a review. *Plant soil environment*. 2003, roč. 49, č. 3, s. 283-290. ISSN 1214-1178.
- [25] DOUGLAS, J. A., J. M. FOLLETT a J. E. WALLER. Effect of propagule weight on production of yacon (*Smallanthus sonchifolius*). *New Zealand journal of crop and horticultural science*. 2010, roč. 33, č. 2, s. 143-148. ISSN 0114-0671.
- [26] Raintree Nutrition. *Yacon* [online]. ©1996 [cit. 2012-03-25]. Dostupné z: <http://www.rain-tree.com/yacon.htm>

- [27] SIMONOVSKA, B. et al. Investigation of phenolic acids in yacon (*Smallanthus sonchifolia*) leaves and tubers. *Journal of chromatography A*. 2003, roč. 1016, č. 1, s. 89-98. ISSN 0021-9673.
- [28] Family content. *Yacon* [online]. ©2000-2011 [cit. 2012-03-26]. Dostupné z: <http://www.family-content.com/health/herbs/yacon>
- [29] The cultivation and phenological growth stages of yacon [*Smallanthus sonchifolius* (Poepp. et Endl.) H. Robinson]. *Agricultura tropica et subtropica*. 2007, roč. 40, č. 3, s. 71-77. ISSN 0231-5742.
- [30] FERNÁNDEZ, F. a I. VIEHMANNOVÁ. *Netradiční plodiny pro diabetiky*. 1. vyd. Praha: Grada, 2010. ISBN 978-80-247-2811-7.
- [31] DOUGLAS, J. A. a J. M. FOLLET. Effect of environment and time of planting on the production and quality of yacon (*Smallanthus sonchifolius*) storage roots. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural science*. 2007, roč. 35, č. 1, s. 107-116. ISSN 0114-0671.
- [32] FERNÁNDEZ, E. C. et al. Organic farming of yacon [*Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Robinson]. In: *Ekologické zemědělství*. Praha: ČZU, 2007, s. 157-159. ISBN 978-80-213-1611-9.
- [33] MANRIQUE, I., M. HERMANN a T. BERNE. *Yacon: Fact sheet* [online]. ©2004 [cit. 2012-04-04]. ISBN 92-9060-244-9. Dostupné z: [http://cipotato.org/artc/cip\\_crops/factsheetyacon.pdf](http://cipotato.org/artc/cip_crops/factsheetyacon.pdf)
- [34] LEBEDA, A. Biologická a chemická variabilita maky a jakonu. *Chemické listy* [online]. 2003, roč. 97, č. 7 [cit. 2012-03-26]. ISSN 0009-2770. Dostupné z: [http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2003\\_07\\_03.pdf](http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2003_07_03.pdf)
- [35] YAN, X. et al. Extraction and identification of antioxidants in the roots of yacon (*Smallanthus sonchifolius*). *Journal of agricultural and food chemistry*. 1999, roč. 47, č. 11, s. 4711-4713. ISSN 0021-8561.
- [36] HERMANN, M. a J. HELLER. *Andean roots and tubers: Ahipa, arracacha, maca and yacon* [online]. Gatersleben: Institute of plant genetics and crop plant research, 1997 [cit. 2012-03-24]. ISBN 92-9043-351-5. Dostupné z: [http://books.google.cz/books?id=j7pgT1IDoggC&printsec=frontcover&hl=cs&source=gbg\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](http://books.google.cz/books?id=j7pgT1IDoggC&printsec=frontcover&hl=cs&source=gbg_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)

- [37] ANGAYON, J. D. et al. Rooting of Yacon (*Smallanthus sonchifolius*) using main stem in different rooting media. *NVSU research journal*. 2008, roč. 15, 1-2, s. 17-21.
- [38] ADAM, M. et al. Využití mikroextrakce tuhou fází pro analýzu silic v listech jakonu. *Chemické listy*. 2004, roč. 98, s. 519-521.
- [39] LACHMAN, J. et al. Obsah polyfenolických antioxidantů ve vybraných orgánech jakonu [*Smallanthus sonchifolia* (Poepp. et Endl.) H. Robinson]. In: *Sborník referátů. I. mezinárodní seminář "Andské plodiny" v České republice*. Praha: ČZU, 2003, s. 47-54.
- [40] VELÍŠEK, J. *Chemie potravin 2*. 2. vyd. Tábor: OSSIS, 2002. ISBN 80-86659-00-3.
- [41] LACHMAN, J. et al. Saccharides of yacon [*Smallanthus sonchifolius* (Poepp. et Endl.) H. Robinson] tubers and rhizomes and factors affecting their content. *Plant soil environment*. 2004, roč. 50, č. 9, s. 383-390. ISSN 1214-1178.
- [42] TAKENAKA, M. a H. ONO. Novel octulosonic acid derivatives in the composite *Smallanthus sonchifolius*. *Tetrahedron letters*. 2003, roč. 44, č. 5, 999–1002. ISSN 0040-4039.
- [43] NARAI-KANAYAMA, A., N. TOKITA a K. ASO. Dependence of fructooligosaccharide content on activity of fructooligosaccharide-metabolizing enzymes in yacon (*Smallanthus sonchifolius*) tuberous roots during storage. *Journal of food science*. 2007, roč. 72, č. 6, s. 381-387. ISSN 0022-1147.
- [44] OHYAMA, T. et al. Composition of storage carbohydrate in tubers of yacon (*Polymnia sonchifolia*). *Soil science and plant nutrition* [online]. ©1990, roč. 36, č. 1, s. 167-171 [cit. 2012-04-01]. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/00380768.1990.10415724>
- [45] VIEHMANNOVÁ, I. et al. Obsah fruktooligosacharidů v produktech organicky pěstovaného jakonu (*Smallanthus Sonchifolius*). In: *Ekologické zemědělství*. Praha: ČZU, 2007, s. 204-205. ISBN 978-80-213-1611-9.
- [46] VALENTOVÁ, K. Antioxidant activity of extracts from the leaves of *Smallanthus sonchifolius*. *European journal of nutrition*. 2003, roč. 42, č. 1, Valentová. ISSN 1436-6207.

- [47] PEDRESCHI, R. et al. Andean yacon root (*Smallanthus sonchifolius* Poepp. Endl) fructooligosaccharides as a potential novel source of prebiotics. *Journal of agricultural and food chemistry*. 2003, roč. 51, č. 18, s. 5278-5284. ISSN 0021-8561.
- [48] Enpromer. *Dehydration of yacon as an alternative for the food production process*. [online]. [cit. 2012-04-07]. Dostupné z: [http://www.enpromer2005.eq.ufrj.br/nukleo/pdfs/1164\\_1164.pdf](http://www.enpromer2005.eq.ufrj.br/nukleo/pdfs/1164_1164.pdf)
- [49] NARAI-KANAYAMA, A., N. TOKITA a K. ASO. Dependence of fructooligosaccharide content on activity of fructooligosaccharide-metabolizing enzymes in yacon (*Smallanthus sonchifolius*) tuberous roots during storage. *Journal of food science*. 2007, roč. 72, č. 6, s. 381-387. ISSN 0022-1147.
- [50] Ciencia hoy. *El retorno del yacón* [online]. ©2001 [cit. 2012-02-01]. Dostupné z: [www.cienciahoy.org.ar/ln/hoy63/index.htm](http://www.cienciahoy.org.ar/ln/hoy63/index.htm)
- [51] *Yacon syrup: Principles and processing* [online]. ©2005 [cit. 2012-04-01]. ISBN 92-9060-250-3. Dostupné z: [http://www.cipotato.org/artc/cip\\_crops/1919-Yacon\\_Syrup.pdf](http://www.cipotato.org/artc/cip_crops/1919-Yacon_Syrup.pdf)
- [52] DAVÍDEK, J., G. JANÍČEK, J. POKORNÝ. *Chemie potravin*. Praha: SNTL, 1983.
- [53] ODSTRČIL, J. a M. ODSTRČILOVÁ. *Chemie potravin*. 1. vyd. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2006. ISBN 80-7013-435-6.
- [54] DAVÍDEK, J., J. HAJŠLOVÁ a J. POKORNÝ. *Chemie potravin*. Praha: SNTL, 1986.
- [55] SULLIVANOVÁ, K. *Vitaminy a minerály v kostce*. 1. vyd. Praha: Slovart, 1998. ISBN 80-7209-068-2.
- [56] MINDELL, E. a H. MUNDISOVÁ. *Nová vitaminová bible: nejnovější informace o vitamínech, minerálních látkách, antioxidantech, léčivých rostlinách, o doplňcích stravy, léčebných účincích potravin i lécích používaných v homeopatii*. 2. vyd. Praha: Ikar, 2006. ISBN 80-249-0744-5.
- [57] HLÚBIK, P. a L. OPLTOVÁ. *Vitaminy*. 1. vyd. Praha: Grada, 2004. ISBN 80-247-0373-4.

- [58] MAŠEK, K., Z. CICVÁREK a M. ŠŤASTNÝ. *Biochemie: Učebnice pro zdravotnické školy*. Praha: Státní zdravotnické nakladatelství, 1968.
- [59] URGEROVÁ-GÖBELOVÁ, U. *Vitaminy*. 1. vyd. Praha: Ikar, 1999. ISBN 80-7262-508-2.
- [60] PETROŠOVÁ, K. *Antioxidanty: zpomalte čas dietou*. 1. vyd. Praha: Sun, 2010. ISBN 978-80-7371-344-7.
- [61] MANDŽUKOVÁ, J. *Léčivá síla vitaminů, minerálů a dalších látek: praktický domácí rádce*. 1. vyd. Benešov: Start, 2005. ISBN 80-86231-36-4.
- [62] ČEGAN, A. a L. KORECKÁ. *Biochemie pro bakalářské studium chemie a technické chemie* [online]. ©2008 [cit. 2012-04-01]. Dostupné z: <http://biochemie.wbs.cz/skripta-biochemie.pdf>
- [63] MINDELL, E. *Vitaminová bible pro 21. století: vše o vitamínech, které budete v tomto století potřebovat*. 1. vyd. Praha: Euromedia Group, 2000. ISBN 80-242-0406-1.
- [64] VELÍŠEK, J. *Chemie potravin 1*. 2. vyd. Tábor: OSSIS, 2002. ISBN 80-86659-00-3.
- [65] TAKASUGI, M. a T. MASUDA. Studies on stress metabolites. 22. Three 4'-hydroxyacetophenone-related phytoalexins from *Polymnia Sonchifolia*. *Phytochemistry*. 1996, roč. 43, č. 5, s. 1019-1021.
- [66] Phytoalexins: Defence or just a response to stress? *Journal of Cell and Molecular Biology 1*. 2002, roč. 1, č. 1, s. 1-6. ISSN 1303-3646.
- [67] M. MIYAZAWA a N. TAMURA. Characteristic odor components in the essential oil from yacón tubers (*Polymnia sonchifolia* Poepp. et Endl.). *Journal of essential oil research*. 2008, roč. 20, č. 1, s. 12-14. ISSN 1041-2905.
- [68] COLL ARÁOZ, M. V. et al. Ent-kaurane derivatives from the root cortex of yacón and other three *Smallanthus* species (Heliantheae, Asteraceae). *Biochemical Systematics and Ecology*. 2010, roč. 38, č. 5, s. 1042-1048. ISSN 0305-1978.
- [69] BRAVO, L. Polyphenols: Chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance. *Nutrition Reviews*. 1998, roč. 56, č. 11, s. 317-333. ISSN 0029-6643.
- [70] TRNA, J. a E. TÁBORSKÁ. Přírodní polyfenolové antioxidanty. In: *Masarykova univerzita* [online]. ©2010 [cit. 2012-04-04]. Dostupné z: [www.med.muni.cz/biochem/seminare/prirantiox.rtf](http://www.med.muni.cz/biochem/seminare/prirantiox.rtf)

- [71] VELÍŠEK, J. *Chemie potravin 3*. 2. vyd. Tábor: OSSIS, 2002. ISBN 80-86659-02-X.
- [72] HOE, H. J. et al. Antioxidant capacities of individual and combined phenolics in a model system. *Food Chemistry*. 2007, roč. 104, č. 1, s. 87-92. ISSN 0308-8146.
- [73] BUHLER, D. R. a C. MIRANDA. Antioxidant activities of flavonoids. *The Linus Pauling Institute* [online]. ©2005-2012 [cit. 2012-03-25]. Dostupné z: <http://lpi.oregonstate.edu/f-w00/flavonoid.html>
- [74] CIEŠLIK, E., A. GREDA a W. ADAMUS. Contents of polyphenols in fruit and vegetables. *Food chemistry*. 2006, roč. 94, č. 1, s. 135-142. ISSN 0308-8146.
- [75] ESCARPA, A. a M. C. GONZÁLEZ. High-performance liquid chromatography with diode-array detection for the determination of phenolic compounds in peel and pulp from different apple varieties. *Journal of Chromatography A*. 1998, roč. 823, 1-2, s. 331-337. ISSN 0021-9673.
- [76] MANACH, C. et al. Polyphenols: food sources and bioavailability. *The American journal of clinical nutrition*. 2004, roč. 79, č. 5. ISSN 0002-9165.
- [77] TAKENAKA, M. et al. Caffeic Acid Derivatives in the Roots of Yacon (*Smallanthus sonchifolius*). *Journal of agricultural and food chemistry*. 2003, roč. 51, č. 3, s. 793-796. ISSN 0021-8561.
- [78] ONDREJOVIČ, M. et al. Polyfenoly jablk. *Chemické listy* [online]. ©2009, roč. 103, č. 5, s. 394-400 [cit. 2012-04-01]. Dostupné z: [http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2009\\_05\\_394-400.pdf](http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2009_05_394-400.pdf)
- [79] ŠMIDRKAL, J. et al. Resveratrol. *Chemické listy* [online]. ©2001, roč. 95, č. 10, s. 602-609 [cit. 2012-04-01]. Dostupné z: <http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/archiv/2001/10-PDF/602-609.pdf>
- [80] MODRIANSKÝ, M. Přírodní látky v prevenci onemocnění trávicího traktu. *Chemické listy* [online]. ©2003, roč. 97, č. 7, s. 540-547 [cit. 2012-04-01]. Dostupné z: [http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2003\\_07\\_02.pdf](http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2003_07_02.pdf)
- [81] HARMATHA, J. Strukturní bohatství a biologický význam lignanů a jim příbuzných rostlinných fenylpropanoidů. *Chemické listy* [online]. ©2005, roč. 99, č. 5, s. 622-632 [cit. 2012-04-01]. Dostupné z: [http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2005\\_09\\_622-632.pdf](http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2005_09_622-632.pdf)



- [82] NEVES, V. A. a M. A. DA SILVA. Polyphenol oxidase from yacon roots (*Smallanthus sonchifolius*). *Journal of agricultural and food chemistry*. 2007, roč. 55, č. 6, s. 2424-2430. ISSN 0021-8561.
- [83] LACHMAN, J. et al. Total phenolic content of yacon (*Smallanthus sonchifolius*) rhizomes, leaves, and roots affected by genotype. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*. 2007, roč. 35, č. 1, s. 117-123. ISSN 0114-0671.
- [84] YOSHIDA, M. et al. Oxygenation of bisphenol A to quinones by polyphenol oxidase in vegetables. *Journal of agricultural and food chemistry*. 2002, roč. 50, č. 15, s. 4377-4381. ISSN 0021-8561.
- [85] LACHMAN, J. et al. Zastoupení dominantních fenolických kyselin v různých částech rostliny jakonu [*Smallanthus sonchifolius* (Poepp. et Endl.) H. Robinson]. In: *I. Mezinárodní seminář "Andské plodiny" v České republice*. Praha: ČZU, 2003, s. 67-74. ISBN 80-213-1040-5.
- [86] SCALBERT, A. et al. Polyphenols: Antioxidants and beyond. *American journal of clinical nutrition*. 2005, roč. 81, č. 1, s. 215-217. ISSN 0002-9165.
- [87] VIEHMANNOVÁ, I. et al. Chemical Composition of Tuberous Roots and Leaves of Yacon [*Smallanthus sonchifolius* (Poepp. et Endl.) H. Robinson]. In: *Utilisation of diversity in land use systems*. Witzenhausen: Cuvillier Verlag Göttingen, 2007, s. 165-165. ISBN 3-86727-372-3.
- [88] MANACH, C., A. MAZUR a A. SCALBERT. Polyphenols and prevention of cardiovascular diseases. *Current opinion in lipidology*. 2005, roč. 16, č. 1, s. 77-84. ISSN 0957-9672.
- [89] SLANINA, J. a E. TÁBORSKÁ. Příjem, biologická dostupnost a metabolismus rostlinných polyfenolů u člověka. *Chemické listy* [online]. ©2004, roč. 98, č. 5, s. 239-245 [cit. 2012-04-01]. Dostupné z: [http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2004\\_05\\_02.pdf](http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2004_05_02.pdf)
- [90] KANO, N. et al. Antioxidative Activity of Anthocyanins from Purple Sweet Potato, *Ipomoea batatas* Cultivar Ayamurasaki. *Bioscience biotechnology and biochemistry*. 2005, roč. 69, č. 5, s. 979-988. ISSN 0916-8451.
- [91] ÇELİK, S. E., M. ÖZYÜREK, K. GÜÇLÜ a R. APAK. Solvent effects on the antioxidant capacity of lipophilic and hydrophilic antioxidants measured by

- CUPRAC, ABTS/persulphate and FRAP methods. *Talanta*. 2010, roč. 81, 4-5. ISSN 0039-9140.
- [92] RACEK, J. a V. Holeček. Enzymy a volné radikály. *Chemické listy* [online]. ©1999, č. 93 [cit. 2012-03-26]. Dostupné z: [http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/1999\\_12\\_774-780.pdf](http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/1999_12_774-780.pdf)
- [93] ORTEMBERGOVÁ, A. *Mládne s antioxidanty*. 1. vyd. Praha: Ivo Železný, 2003. ISBN 80-237-3742-2.
- [94] PRAKASH, A., F. RIGELHOF a E. MILLER. Medallion laboratories. *Antioxidant activity* [online]. ©2004 [cit. 2012-04-07]. Dostupné z: [http://www.medlabs.com/Downloads/Antiox\\_acti\\_.pdf](http://www.medlabs.com/Downloads/Antiox_acti_.pdf)
- [95] DATTA, K., S. SINHA a P. CHATOROPADHYAY. Reactive oxygen species in human health and disease. *Nutrition*. 2001, roč. 17, č. 2, s. 163-165. ISSN 0899-9007.
- [96] PASTRANA-BONILLA, E. Phenolic content and antioxidant capacity of muscadine grapes. *Journal of agricultural and food chemistry*. 2003, roč. 51, č. 18, s. 5497-5503. ISSN 0021-8561.
- [97] NACZK, M. a F. SHADIDI. Phenolics in cereals, fruits and vegetables: Occurrence, extraction and analysis. *Journal of pharmaceutical and biomedical analysis*. 2006, roč. 41, č. 5, s. 1523-1542. ISSN 0731-7085.
- [98] GARZÓN, G. A., K. M. RIEDL a S. J. SCHWARTZ. Determination of anthocyanins, total phenolic content, and antioxidant activity in Andes Berry (*Rubus glaucus* Benth). *Journal of food science*. 2009, roč. 74, č. 3, s. 225-227. ISSN 0022-1147.
- [99] STRATIL, P., J. FOJTOVÁ a V. KUBÁŇ. Comparison of the phenolic content and total antioxidant activity in wines as determined by spectrophotometric methods. *Czech journal of food science*. 2008, roč. 26, č. 4, s. 242-253. ISSN 1212-1800.
- [100] STRATIL, P., B. KLEJDUS a V. KUBÁŇ. Determination of phenolic compounds and their antioxidant activity in fruits and cereals. *Talanta*. 2007, roč. 71, č. 4, s. 1741-1751. ISSN 0039-9140.

- [101] MILELLA, L. et al. Total phenolic content, RAPDs, AFLPs and morphological traits for the analysis of variability in *Smallanthus sonchifolius*. *Genetic resources and crop evolution*. 2011, roč. 58, č. 4, s. 545-551. ISSN 0925-9864.
- [102] FERNANDEZ-OROZCO, R. et al. Effect of fermentation conditions on the antioxidant compounds and antioxidant capacity of *Lupinus angustifolius* cv. *zapaton*. *European food research and technology*. 2008, roč. 227, č. 4, s. 979-988. ISSN 1438-2377.
- [103] STALIKAS, C. D. Extraction, separation, and detection methods for phenolic acids and flavonoids. *Journal of separation science*. 2007, roč. 30, č. 18, s. 3268-3295. ISSN 1615-9306.
- [104] HUANG, D., B. OU a R. L. PRIOR. The chemistry behind antioxidant capacity assays. *Journal of agricultural food chemistry*. 2005, roč. 53, č. 6, s. 1841-1856. ISSN 0021-8561.
- [105] JANČÁŘOVÁ, I. a L. JANČÁŘ. *Analytická chemie: Laboratorní cvičení*. 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, 1997. ISBN 80-210-1579-9.
- [106] VONDRÁK, D. a J. VULTERIN. *Analytická chemie*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1985.
- [107] DOLEŽAL, J. et al. *Analytická chemie: Pro pedagogické fakulty*. 1. vyd. Praha: SPN, 1966.
- [108] Praktická cvičení z lékařské chemie a biochemie. *Princip spektrofotometrie* [online]. ©2006 [cit. 2012-04-04]. Dostupné z: [http://old.lf3.cuni.cz/chemie/cesky/praktika/uloha\\_B1.htm](http://old.lf3.cuni.cz/chemie/cesky/praktika/uloha_B1.htm)
- [109] BARTUŠEK, M. a J. PAZOUREK. Základy metod analytické chemie. In: *Masarykova univerzita* [online]. [cit. 2012-04-04]. Dostupné z: [www.sci.muni.cz/~analchem/files/pdf/bartusek\\_skripta.pdf](http://www.sci.muni.cz/~analchem/files/pdf/bartusek_skripta.pdf)
- [110] HAHN, D. N., J. M. FAUBION a L. W. ROONEY. Sorghum phenolic acids, their high performance liquid chromatography separation and their relation to fungal resistance. *Cereal chemistry*. 1983, roč. 60, č. 4, s. 255-259. ISSN 0009-0352.
- [111] ČSN ISO 6439. *Jakost vody: stanovení jednosytných fenolů*. Praha: ČNI, 1995.
- [112] DVOŘÁKOVÁ, M., P. DOSTÁLEK a P. HULÍK. Analytické metody stanovení polyfenolů ve sladinách, mladínách a pivech. *Kvasný průmysl*. 2006, roč. 52, č. 4, s. 111-114. ISSN 0023-5830.

- [113] LACHMAN, J. et al. Total polyphenol and main flavonoid antioxidants in different onion (*Allium cepa*) varieties. *Horticultural science*. 2003, roč. 30, č. 4, s. 142-147. ISSN 0862-867X.
- [114] SOMMER, L. et al. *Základy analytické chemie II*. 1. vyd. Brno: VUTium, 2000. ISBN 80-214-1742-0.
- [115] HOLZBECHER, Z. a J. CHURÁČEK. *Analytická chemie: celost. vysokošk. učebnice pro stud. vys. škol chemickotechnologických*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1987.
- [116] Virtuální laboratoř. *Využití HPLC při stanovení rostlinných metabolitů* [online]. ©2011 [cit. 2012-04-04]. Dostupné z: <http://orion.sci.muni.cz/virtuallab/navody/HPLC.pdf>
- [117] Katedra analytické chemie. *Instrumentace pro vysokoúčinnou kapalinovou chromatografii* [online]. ©2010 [cit. 2012-04-04]. Dostupné z: <http://web.natur.cuni.cz/~analchem/bosakova/hplc2.pdf>
- [118] Ústav biochemie, buněčné a molekulární biologie. *Chromatografie* [online]. ©2012 [cit. 2012-04-04]. Dostupné z: [old.lf3.cuni.cz/chemie/cesky/materialy\\_B/chromatografie.doc](http://old.lf3.cuni.cz/chemie/cesky/materialy_B/chromatografie.doc)
- [119] CHURÁČEK, J. a P. JANDERA. *Úvod do vysokoúčinné kapalinové kolonové chromatografie*. Praha: SNTL, 1986.
- [120] HPLC. *Mobilní fáze* [online]. ©1999-2011 [cit. 2012-03-28]. Dostupné z: <http://www.hplc.cz/tip/degassing.htm>
- [121] HPLC. *Vakuová filtrace* [online]. ©1999-2011 [cit. 2012-03-28]. Dostupné z: [http://www.hplc.cz/tip/degassing.htm#\\_Vakuová\\_filtrace](http://www.hplc.cz/tip/degassing.htm#_Vakuová_filtrace)
- [122] KLOUDA, P. *Moderní analytické metody*. 2. vyd. Ostrava: Pavel Klouda, 2003. ISBN 80-86369-07-2.
- [123] ESO. *Kapalinová chromatografie* [online]. ©2005 [cit. 2012-04-04]. Dostupné z: [http://eso.vscht.cz/cache\\_data/1291/www.vscht.cz/anl/matejka/i/ACH2-5-sepa3.pdf](http://eso.vscht.cz/cache_data/1291/www.vscht.cz/anl/matejka/i/ACH2-5-sepa3.pdf)
- [124] HELLMUT, J. et al. *Thin-layer chromatography: Reagents and detection methods* [online]. Weinheira, ©1990 [cit. 2012-04-04]. ISBN 3-527-27834-6. Dostupné z: <http://altair.od.ua/analit/Tonkosloynaya%20hromatografiya.%20Reagenti%20i%20metodi%20opredeleniya262>

- [125] *Thin-layer chromatography* [online]. ©2005 [cit. 2012-04-07]. ISBN 0-8247-0222-0. Dostupné z: <http://books.google.cz/books?id=w2jvzWOMWOMC&pg=PA157&lpg=PA157&dq=Thin-Layer+chromatography+%E2%80%93+B.+Frield,+J.+Sherma&source=bl&ots=EjRbtpGABE&sig=wemRNZEat8pYYvoluNBOJZSxR2c&hl=cs&sa=X&ei=tPJLT-G1DYTO4QSGsYXqAw&ved=0CDsQ6AEwAw#v=onepage&q=Thin-Layer%20chromatography%20%E2%80%93%20B.%20Frield%2C%20J.%20Sherma&f=false>
- [126] VŠCHT. *Thin layer chromatography* [online]. ©2006 [cit. 2012-04-07]. Dostupné z: [http://www.vscht.cz/ktk/www\\_324/lab/texty/ana/TLC2.pdf](http://www.vscht.cz/ktk/www_324/lab/texty/ana/TLC2.pdf)
- [127] Analytické chemie. *Plynová chromatografie a její aplikace v organické analýze* [online]. ©2007 [cit. 2012-04-07]. Dostupné z: [http://web.natur.cuni.cz/~sevcik/plyn\\_chrom.pdf](http://web.natur.cuni.cz/~sevcik/plyn_chrom.pdf)
- [128] Analytická chemie. *Schéma plynového chromatografu* [online]. [cit. 2012-04-07]. Dostupné z: [http://users.prf.jcu.cz/sima/analyticka\\_chemie/separb.htm](http://users.prf.jcu.cz/sima/analyticka_chemie/separb.htm)
- [129] VŠCHT. *Plynová chromatografie* [online]. ©2007 [cit. 2012-04-01]. Dostupné z: [http://www.vscht.cz/ktk/www\\_324/lab/texty/gc/GC.pdf](http://www.vscht.cz/ktk/www_324/lab/texty/gc/GC.pdf)
- [130] ŠTULÍK, K. et al. *Analytické separační metody*. 1. vyd. Praha: Karolinum, 2005. ISBN 80-246-0852-9.
- [131] JANČÁŘOVÁ, I. a L. JANČÁŘ. *Analytická chemie*. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2003. ISBN 80-7157-647-6.
- [132] Viehmannová, I. Souhlas s poskytnutím vzorků [online]. 25. října 2011 12:12 [cit. 2012-20-01]. Osobní komunikace.
- [133] FERNÁNDEZ, E. C. et al. Yacon [*Smallanthus sonchifolius* (Poeppig & Endlicher) H. Robinson]: a new crop in the Central Europe. *Plant soil environment*. 2006, roč. 52, č. 12, s. 564-570. ISSN 1214-1178.
- [134] COMMISSION REGULATION (EC) No 152/2009 of January 17, 2009 laying down the methods of sampling and analysis for the official control of feed.
- [135] LACHMAN, J. et al. Differences in phenolic content and antioxidant activity in yellow and purple-fleshed potatoes grown in the Czech Republic. *Plant soil environment*. 2008, roč. 54, č. 1, s. 1-6. ISSN 1214-1178.

- [136] ABDELWAHED W., G. DEGOBERT, S. STAINMESSE a H. FESSI. Freeze-drying of nanoparticles: Formulation, process and storage considerations. *Advanced drug delivery reviews*. 2006, roč. 58, č. 15, s. 1688-1713. ISSN 0169-409X.
- [137] Laboratorní cvičení z analytické chemie. *Extrakce* [online]. ©2006 [cit. 2012-04-01]. Dostupné z: [http://www.ped.muni.cz/wchem/sm/hc/labtech-old/soubory/operace/separacni\\_metody/extrakce.pdf](http://www.ped.muni.cz/wchem/sm/hc/labtech-old/soubory/operace/separacni_metody/extrakce.pdf)
- [138] STATISTICA CZ [statistický program, CD-ROM]. Ver. 9.1. Tulsa (USA): Statsoft, Inc.
- [139] Ústav procesní a zpracovatelské techniky. *Sušení rostlinných materiálů* [online]. ©2010 [cit. 2012-04-07]. Dostupné z: <http://chps.fsid.cvut.cz/pt2010/pdf/GrdzelisviliGulnara.pdf>
- [140] ČERVENKA, J. a M. SAMEK. *Skladování a konzervace zemědělských produktů*. 2. vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2003. ISBN 80-213-0995-4.
- [141] HEJTMÁNKOVÁ, K. et al. Quality of coloured varieties of potatoes. *Czech journal of food sciences*. 2009, roč. 27, s. 310-313. ISSN 1212-1800.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

CP	Celkové polyfenoly
PBM	Price and Butler metoda
AAPM	Metoda s 4-aminoantipyrinem
EBC	European Brewery Convention
$\text{Na}_2\text{CO}_3$	Uhličitan sodný
NaOH	Hydroxid sodný
A	Absorbance
$\epsilon_\lambda$	Molární absorpční koeficient
l	Délka absorbující vrstvy
c	Koncentrace barevné látky
X	Obsah vlhkosti
m	Počáteční hmotnost zkoušeného vzorku v gramech
$m_0$	Hmotnost sušeného zkoušeného vzorku v gramech
$X_p$	Sušení s předsoušením
$m_1$	Hmotnost zkoušeného vzorku po předsoušení v gramech
$m_2$	Hmotnost sušeného vzorku po rozemletí nebo rozmělnění v gramech
Y	Obsah sušiny
$\text{NaNO}_3$	Dusičnan sodný
$\text{AlCl}_3$	Chlorid hlinitý
$\text{NH}_4\text{Cl}$	Chlorid amonný
HPLC	Vysokoučinná kapalinová chromatografie
CC	Sloupcová chromatografie
FBC	Plošná chromatografie
TLC	Tenkovrstvá chromatografie

---

GC	Plynová chromatografie
UV	Ultrafialové záření
IR	Infračervené záření
NMR	Nukleová magnetická rezonance
MS	Hmotnostní spektrometrie
FID	Plamenoionizační detektor
TCD	Tepelně vodivostní detektor
ECD	Detektor elektronového záchytu
ITS	Institut tropů a subtropů
ČZU	Česká zemědělská univerzita
CH <sub>3</sub> OH	Metanol
HCl	Kyselina chlorovodíková
EGA	Ekvivalent kyseliny gallové
DNA	Deoxyribonukleová kyselina
FC	Folin-ciocalteau



**SEZNAM OBRÁZKŮ**

<b>Obrázek 1</b> Melok hlíznatý ( <i>Ullucus tuberosus</i> ) .....	12
<b>Obrázek 2</b> Oka ( <i>Oxalis tuberosa</i> ) .....	13
<b>Obrázek 3</b> Ahipa ( <i>Pachyrhizus ahipa</i> ) .....	13
<b>Obrázek 4</b> Arakača ( <i>Arracacia xanthorrhiza</i> ) .....	14
<b>Obrázek 5</b> Lichořeřišnice hlíznatá ( <i>Tropaeolum tuberosum</i> ) .....	15
<b>Obrázek 6</b> Maka ( <i>Lepidium meyenii</i> ) .....	16
<b>Obrázek 7</b> Popis rostliny jakonu.....	18
<b>Obrázek 8</b> Schéma vysokoúčinné kapalinové chromatografie .....	34
<b>Obrázek 9</b> Schéma plynové chromatografie .....	38
<b>Obrázek 10</b> Kalibrační křivka kyseliny gallové s vyznačeným pásem spolehlivosti.....	51
<b>Obrázek 11</b> Průměrný obsah celkových polyfenolů v hlízách jednotlivých klonů jakonu .....	52

**SEZNAM TABULEK**

<b>Tabulka 1</b> Chemické složení kořenových hlíz, listů a stopek jakonu .....	21
<b>Tabulka 2</b> Obsah polyfenolických látek v hlízovitých kořenech jakonu .....	28
<b>Tabulka 3</b> Obsah polyfenolických látek v listech jakonu ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ sušiny) .....	29
<b>Tabulka 4</b> Charakteristika analyzovaných vzorků .....	44
<b>Tabulka 5</b> Obsah sušiny, resp. vlhkosti v jednotlivých klonech (%) .....	49
<b>Tabulka 6</b> Průměrný obsah celkových polyfenolů v klonech jakonu.....	78

**SEZNAM PŘÍLOH**

Příloha PI:	Odrůda NZL II
Příloha PII:	Odrůda PER 5
Příloha PIII:	Odrůda POLY 3
Příloha PIV:	Průměrný obsah celkových polyfenolů v klonech jakonu

**PŘÍLOHA P I: ODRŮDA NZL 2**



**NZL 2**

**PŘÍLOHA P II: ODRŮDA PER 5**



**PŘÍLOHA P III: ODRŮDA POLY 3**



**POLY 3**

## PŘÍLOHA P IV: PRŮMĚRNÝ OBSAH CELKOVÝCH POLYFENOLŮ V KLONECH JAKONU

**Tabulka 6** Průměrný obsah celkových polyfenolů v klonech jakonu

Obsah celkových polyfenolů (mg EGA·100 g <sup>-1</sup> sušiny)	
Vzorek	Aritmetický průměr ± směrodatná odchylka
PER 30	220,66 ± 25,93
PER 5	253,63 ± 13,26
CUZCO	287,41 ± 9,03
PER 60	292,57 ± 1,09
TUQUIZA	311,35 ± 0,65
DEU	329,27 ± 46,84
PŘE	337,76 ± 2,47
PER 40	390,92 ± 10,78
PER 45	399,70 ± 27,11
LOCOTAL ŽL.	403,40 ± 72,49
POLY 4	406,80 ± 7,19
PER 15/20	466,25 ± 6,00
PER 10	467,53 ± 8,53
YANAYAO GR.	468,80 ± 8,45
NZL 2	477,33 ± 10,71
PER 25	529,89 ± 1,92
NZL 1	538,66 ± 6,05
PER 70	542,08 ± 13,12
BELGIE – MOR.	560,78 ± 10,98
FIAL.	581,57 ± 2,07
PER 90	594,53 ± 17,01

Pokračování **Tabulky 6**

<b>Obsah celkových polyfenolů (mg EGA·100 g<sup>-1</sup> sušiny)</b>	
<b>Vzorek</b>	<b>Aritmetický průměr ± směrodatná odchylka</b>
<b>ECU</b>	595,60 ± 4,01
<b>BOL</b>	648,87 ± 4,45
<b>PER 55</b>	698,69 ± 9,32
<b>PER 75</b>	737,81 ± 18,80
<b>PER 50</b>	810,76 ± 19,85
<b>PER 65</b>	867,29 ± 12,13
<b>POLY 3</b>	1396,41 ± 9,80