

# **Stanovení stravitelnosti hlíz jakonu metodou *in vitro***

Bc. Lucie Klánová

---

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. Lucie KLÁNOVÁ**  
Osobní číslo: **T10405**  
Studijní program: **N 2901 Chemie a technologie potravin**  
Studijní obor: **Technologie, hygiena a ekonomika výroby potravin**

Téma práce: **Stanovení stravitelnosti hlíz jakonu metodou in vitro.**

Zásady pro vypracování:

### I. Teoretická část

1. Andské plodiny, botanický popis, rozšíření a pěstování.
2. Chemické složení a biologické účinky nutričně významných komponent jakonu.
3. Možnosti stanovení stravitelnosti.
4. Funkce trávicí soustavy včetně důležitých metabolických procesů.

### II. Praktická část

1. Stanovení sušiny ve vzorcích jakonu.
2. Stanovení popela ve vzorcích jakonu.
3. Stanovení stravitelnosti sušiny ve vzorcích jakonu.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

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

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

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

[4] Kittnar, O. et al. Lékařská fyziologie, Grada Publishing a.s., Praha, 2011.

Vedoucí diplomové práce:

**Mgr. Monika Dvořáková, Ph.D.**

Ústav technologie a mikrobiologie potravin

Datum zadání diplomové práce:

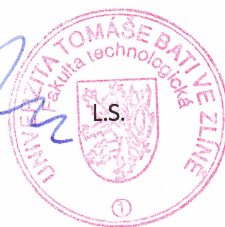
**1. února 2012**

Termín odevzdání diplomové práce:

**2. května 2012**

Ve Zlíně dne 10. února 2012

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



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

Příjmení a jméno: LUCIE KLÁNOVÁ.....

Obor: THEVP.....

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

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

Ve Zlíně 25.4.2012.....

Klčanová.....



---

<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). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.
- (2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.
- (3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlídně k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

## **ABSTRAKT**

Diplomová práce se zabývá stanovením stravitelnosti jednotlivých genotypů hlíz jakonu metodou *in vitro*. U těchto genotypů byly dále zjištěny hodnoty vlhkosti, sušiny a popela. V teoretické části byly popsány vybrané čeledi andských plodin, jejich botanické a chemické vlastnosti. V dalším úseku práce byla charakterizována historie, rozšíření, chemické složení, využití, pěstování a botanika jakonu samotného. Poslední dvě kapitoly byly věnovány trávicí soustavě a metodám stanovení stravitelnosti.

Klíčová slova: Andské plodiny, jakon, hlízy, stravitelnost

## **ABSTRACT**

This thesis deals with the digestibility of the genotypes of yacon tubers *in vitro*. These genotypes were also determined to moisture, dry matter and ash. In the theoretical part the selected families were described Andean crops, their botanical and chemical properties. The next section was characterized by history, distribution, chemical composition, utilization, cultivation of yacon and botany itself. The last two chapters are devoted to the digestive system and methods of determining digestibility.

Keywords: Andean crop, yacon, tubers, digestibility

*Motto:*

„Musíš se mnoho učit, abys poznal, že málo víš.“

Michel De Montaigne

*Poděkování:*

Ráda bych upřímně poděkovala vedoucí mé diplomové práce Mgr. Monice Dvořákové, PhD. za poskytnutí cenných rad, připomínek, spousty užitečného materiálu a především za trpělivost a velikou pomoc při dokončení práce.

Dále děkuji Ing. Dušanu Samkovi za odborné vedení, velikou ochotu a věnovaný čas při laboratorním zpracování vzorků.

Prohlašuji, že jsem na bakalářské/diplomové práci pracovala samostatně a použitou literaturu jsem citovala. V případě publikace výsledků, je-li to uvedeno na základě licenční smlouvy, budu uvedena jako spoluautorka.

Ve Zlíně

.....

Podpis studenta

# OBSAH

ÚVOD.....	9
<b>I TEORETICKÁ ČÁST .....</b>	<b>10</b>
<b>1 ANDSKÉ PLODINY .....</b>	<b>11</b>
1.1 MASHUA ( <i>TROPAEOLUM TUBEROSUM</i> , <i>TROPEOLACEAE</i> ).....	12
1.2 OKA ( <i>OXALIS TUBEROSA</i> , <i>OXALIDACEAE</i> ) .....	13
1.3 MAKA ( <i>LEPIDIUM MEYENII</i> , <i>BRASSICACEAE</i> ) .....	14
1.4 ULLUCO ( <i>ULLUCUS TUBEROSUS</i> , <i>BASELLACEAE</i> ) .....	15
1.5 ACHIRA ( <i>CANNA EDULIS</i> , <i>CANNACEAE</i> ).....	15
1.6 MAUKA ( <i>MIRABILIS EXPANSA</i> , <i>NYCTAGINACEAE</i> ).....	16
<b>2 JAKON (<i>SMALLANTHUS SONCHIFOLIUS</i>).....</b>	<b>17</b>
2.1 HISTORIE A ROZŠÍŘENÍ.....	17
2.2 BOTANICKÁ CHARAKTERISTIKA.....	18
2.2.1 Podzemní část rostliny – zásobní orgány .....	19
2.2.2 Nadzemní část rostliny – listy a stonek .....	19
2.2.3 Květy a plod .....	20
2.3 CHEMICKÉ SLOŽENÍ .....	22
2.4 PĚSTOVÁNÍ A VÝNOSY .....	26
2.4.1 Požadavky na prostředí .....	26
2.4.2 Rozmnožování, výsadba a vegetační doba.....	26
2.4.3 Sklizeň, posklizňová úprava a skladování .....	27
2.5 VYUŽITÍ V DIETĚ A TRADIČNÍM LÉČITELSTVÍ .....	28
<b>3 TRÁVICÍ SOUSTAVA.....</b>	<b>29</b>
3.1 ANATOMIE A FYZIOLOGIE TRÁVICÍ SOUSTAVY .....	30
3.1.1 Dutina ústní .....	30
3.1.2 Žaludek.....	30
3.1.3 Tenké střevo .....	31
3.1.4 Tlusté střevo .....	31
3.1.5 Slinivka břišní .....	32
3.1.6 Játra .....	32
3.2 TRÁVENÍ A VSTŘEBÁVÁNÍ .....	33
3.2.1 Trávení a vstřebávání sacharidů .....	33
3.2.2 Trávení a vstřebávání lipidů .....	34
3.2.3 Trávení a vstřebávání proteinů .....	36
3.2.4 Vstřebávání vody.....	36
<b>4 STANOVENÍ STRAVITELNOSTI.....</b>	<b>38</b>

4.1	STRAVITELNOST DUSÍKATÝCH LÁTEK A ŠKROBU .....	38
4.2	STANOVENÍ STRAVITELNOSTI POMOCÍ INKUBÁTORU DAISY.....	39
4.3	STANOVENÍ STRAVITELNOSTI METODOU NIRS .....	40
4.4	STANOVENÍ STRAVITELNOSTI KLASICKOU METODOU .....	40
4.5	STANOVENÍ STRAVITELNOSTI INDIKÁTOROVOU METODOU.....	41
4.6	STANOVENÍ STRAVITELNOSTI METODOU <i>IN SITU</i> .....	41
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>42</b>
<b>5</b>	<b>CÍL PRÁCE .....</b>	<b>43</b>
<b>6</b>	<b>METODIKA PRÁCE.....</b>	<b>44</b>
6.1	CHARAKTERISTIKA VZORKŮ .....	44
6.1.1	Pěstování jakonu v polních podmínkách.....	45
6.2	CHEMICKÁ ANALYSA.....	45
6.2.1	Stanovení vlhkosti.....	45
6.2.2	Stanovení popela .....	46
6.3	STANOVENÍ STRAVITELNOSTI .....	47
6.3.1	Hydrolysa <i>pepsinem</i> .....	48
6.3.2	Hydrolysa <i>pankreatinem</i> .....	48
6.3.3	Kombinovaná hydrolysa <i>pepsinem a pankreatinem</i> .....	48
6.3.4	Výpočet stravitelnosti.....	49
<b>7</b>	<b>VÝSLEDKY A DISKUSE .....</b>	<b>51</b>
7.1	VÝSLEDKY STANOVENÍ VLHKOSTI A POPELA .....	51
7.2	STANOVENÍ STRAVITELNOSTI .....	52
7.2.1	Hydrolysa <i>pepsinem</i> .....	52
7.2.2	Hydrolysa <i>pankreatinem</i> .....	54
7.2.3	Kombinovaná hydrolysa <i>pepsinem a pankreatinem</i> .....	55
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>60</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>62</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>69</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>70</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>72</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>73</b>

## ÚVOD

Jihoamerický jakon představuje tradiční plodinu původního obyvatelstva v Peru používanou v místním léčení. Plodí velké množství jedlých, šťavnatých hlíz jemné konzistence, které chutnají po ovoci a jejichž velkým přínosem je nejen to, že mohou zpestřit náš jídelníček, ale především velmi cenné se stávají hlavně z hlediska zdraví. Hlízy jakonu by se mohly stát díky své nízké nutriční hodnotě, obsahu inulinu a lehce stravitelných látek významnou potravinou pro diabetiky.

Jakon, na rozdíl od většiny hlíznatých a kořenových plodin, které ukládají sacharidy ve formě škrobu, kumuluje sacharidy ve formě fruktooligosacharidů inulinového typu. Ty nejsou metabolisovány v lidském trávicím traktu a tudíž jejich konzumace nezvyšuje hladinu glukosy v krvi. Proto je jakon považován za potravinu vhodnou k přípravě diabetické diety, ale také k úpravě vysoké hladiny nežádoucího cholesterolu. Kořenové hlízy, které mají nízkou energetickou hodnotu (619 až 637 kJ·kg<sup>-1</sup> čerstvé hmoty), jsou také ideální potravina při redukční dietě a také dietě při chronických onemocněních jater.

Většinu biomasy kořenů tvoří voda a to více než 70 % čerstvé hmoty, až 80 % sušiny tvoří sacharidy, zvláště fruktany a téměř 4 % tvoří bílkoviny. Oligosacharidy a fruktany aktivují bifidobakterie a potlačují hnilobné procesy ve střevech, nápravou střevní mikroflóry dochází ke snížení triacylglycerolů, mastných kyselin v krvi a úpravě krevního tlaku. Konzumace jakonu nabízí prevenci v léčbě zácpy a dalších civilizačních chorob. Jakon má také vlastnosti vhodné pro léčbu ledvin a pro omlazení pokožky, rovněž působí jako prevence vzniku rakoviny tlustého střeva.

Kořenové hlízy jakonu se tradičně jedí loupané a syrové, mají sladkou chuť a jsou obzvláště chutné v ovocných salátech. Hlízy je také možné konzumovat vařené, dušené či smažené. Z jakonu je zpracováván nerafinovaný jakonový sirup, který má medovou konzistenci a je prodáván jako dietetické sladidlo.

V České republice bylo úspěšně započato s pěstováním jakonu v roce 1994 a v současné době je tato plodina pěstována v souladu s pravidly ekologického zemědělství. Rozšíření distribuce výrobků z jakonu by mohlo významně obohatit trh s bioprodukty.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**



## 1 ANDSKÉ PLODINY

Do andských plodin jsou začleněny následující čeledi: *Asteraceae*, *Basellaceae*, *Brassicaceae*, *Leguminosae*, *Nyctaginaceae*, *Oxalidaceae*, *Solanaceae*, *Tropaeolaceae* a *Umbelliferae* [1].

Pěstováním a konzumací andských plodin by se mohla rozšířit škála plodin, která je dnes hojně zastoupena rodem *Solanum* sp. Andské plodiny představují obrovské a dosud nevyužité zdroje škrobu, aminokyselin a ostatních nutričních faktorů a také i přírodních pesticidů (Tab. 1). Jsou také ceněny jako významný zdroj antimikrobiálních proteinů a sekundárních metabolitů. Velká adaptabilita těchto plodin umožňuje jejich pěstování i mimo původní území. Příkladem je plodina *Oxalis tuberosa*, která je již pěstována na území Austrálie, Nového Zélandu a v současné době také v Evropě a Austrálii. Stále však mnohé plodiny pocházející z oblasti And nejsou v Evropě téměř známy, přitom řada z nich po staletí pomáhala tamní populaci přežít v náročných klimatických podmínkách [1 – 3].

Tab. 1 Nutriční hodnoty plodin (ppm v sušině) [4]

Nutriční parametr	Mashua	Oca	Ulluco	Brambory
K. askorbová	670–4800	370–2284	230–1750	170–990
Vápník	70–500	40–247	30–365	34–2550
Sacharidy	59–786	138–852	118–912	171–862
Tuk	2–43	6–37	2–15	1–9
Vláknina	6–57	5–49	3–44	3–27
Železo	2–85	8–49	7–58	5–128
Fosfor	13–115	340–2099	340–2775	320–4200
Protein	220–3000	7–62	10–73	10–127
Kcal	—	630–3890	500–3725	780–3755

### 1.1 Mashua (*Tropaeolum tuberosum*, *Tropeolaceae*)

Mashua je trvalá bylina a blízká příbuzná zahradní řeřichy (Obr. 1). Způsobem svého růstu se řadí mezi popínavé rostliny, kdy porůstá plochy o průměru více než 1 m. Průměrná výška je okolo 0,5 m. Tato rostlina vytváří tenké listy. Hlízy se odlišují v barvě a tvaru. Barva slupky hlíz může být bílá, žlutá, občas purpurová nebo červená. Mashua se rozmnožuje vegetativně a produkuje velké množství životaschopných semen [1].

Ačkoli se mashua pěstuje ve výškách 2400 až 4300 m n. m, nejvyšších výnosů se dosahuje ve výšce 3000 m n. m. a to 30 000 kg·ha<sup>-1</sup>. Mashua se většinou pěstuje jako jednoletá rostlina, jelikož vytváří hlízy jedenkrát do roka a její životní cyklus trvá zhruba 5 až 6 měsíců, což je relativně krátká doba ve srovnání s jinými okopaninami. K dobrému růstu jí svědčí roční úhrn srážek mezi 700 až 1600 mm a půda by měla mít pH od 5,3 do 7,5 [1, 5, 6].



Obr. 1 *Tropaeolum tuberosum* [7]

Mashua je pěstována v Argentině, Bolívii, Kolumbii, Ekvádoru, Peru, Venezuele a nedávno byla rozšířena i na Nový Zéland. Domestikovaná mashua vytváří více než 400 různých morfortypů [6, 8].

Mashua je andskými obyvateli používána k potravinářským účelům i jako léčivá plodina. Všechny části rostliny mohou být konzumovány, včetně hlíz, listů a květů, ale hlízy jsou využívány nejvíce, pro svou chuť a nutriční hodnotu [1].

## 1.2 Oka (*Oxalis tuberosa*, *Oxalidaceae*)

Oka (Oca) patří po bramborách k nejběžnějším plodinám pěstovaných v oblasti And (Obr. 2). Dorůstá výšky 20 až 30 cm, hlízy jsou válcovité až vejčité. Velikost hlíz se pohybuje od 7 do 11 cm. Barva slupky hlíz je bílá, zelená, růžová, červená, fialová nebo černá [1].

Oka je pěstována na území s nadmořskou výškou 2800 až 4000 m a se srážkami od 570 do 2500 mm. Roste v půdě o pH 5,3 až 7,8 a při teplotách pod 5 °C. Tato rostlina je pěstována zejména na území Ekvádoru, Bolívie a Peru, ale také byla nalezena v oblastech Chile, Argentiny, Columbie a Venezuely. V současné době je rozšiřována i na území Nového Zélandu, Austrálie, Mexika, Francie a Velké Británie [1, 9].

Oka je dobrým zdrojem sacharidů (hlavně škrobu), vápníku, železa a tuků. Množství jednotlivých prvků je závislé na genotypu. Například obsah bílkovin se pohybuje od 1 do 9 % v sušině dle genotypu [1, 10].

Oka je pěstována především jako kořenová zelenina, někdy se konzumují ale i její lístky a mladé výhonky. Do Evropy byla dovezena poprvé v roce 1830 jako konkurent brambor [11].



Obr. 2 *Oxalis tuberosa* [12]

### 1.3 Maka (*Lepidium meyenii*, *Brassicaceae*)

Maka (Maca) je rozšířena po celé Jižní Americe, především v Peru, a je pěstována jako škrobnatá plodina (Obr. 3). Nadzemní část tvoří růžici 12 až 20 listů, hlavní stonek je redukován, spodní část se rozšiřuje ve skladovací orgán podobný tuřínu. Hlíza má různé odstíny od nažloutlé až po hnědočervenou, je 10 až 14 cm dlouhá a 3 až 5 cm široká, tvrdé konzistence [1, 13].

Maka je jednoletá rostlina, schopná za vhodných klimatických podmínek dokončit během jediného roku celý svůj vegetační cyklus a vyprodukovat semena, což je jediný možný způsob jejího rozmnožování. Semena vyklíčí za 5 až 7 dní při 25 °C a vhodné vláze. Pěstována je hlavně v nadmořských výškách od 3500 až 4500 m [1, 14].

Pěstovaná maka je také jediným druhem tohoto rodu, který produkuje hlíznaté kořeny. Je to rostlina s neutrální reakcí na délku dne, lze ji úspěšně pěstovat i mimo přirozená stanoviště [1].

Sušené hlízy obsahují sacharidy, bílkoviny, tuky a vlákninu. Jsou také bohaté na škrob, glykosidy, alkaloidy a třísloviny. Celkový obsah bílkovin se může pohybovat v rozmezí 10 až 14 %, v závislosti na genotypu a úrodnosti půdy [13].

Maka se jí syrová nebo se volně suší na slunci. Sušená si zachovává své vlastnosti po mnoho let. Usušené hlízy se poté vaří ve vodě nebo mléce [15].



Obr. 3 *Lepidium meyenii* [16]

#### 1.4 Ulluco (*Ullucus tuberosus*, *Basellaceae*)

Ulluco je jednoletá vzpřímená bylina dosahující výšky 50 cm. Tato plodina vytváří sukulentní listy. Hlízy bývají tenké, podlouhlé nebo zakulacené s tenkou slupkou a mají nenápadná očka. Barva hlíz bývá bílá, růžová, oranžová, purpurová či červená (Obr. 4). Ulluco je okopanina původem z kolumbijských, peruánských a bolivijských And. Na základě vzhledu hlíz bylo popsáno okolo 70 různých morfortypů [1].

Ulluco se pěstuje v nadmořských výškách od 3000 do 3800 m. Může být pěstována v chudých půdách, ty musí být ale lehké. Je pH rezistentní, i když nejlépe se jí daří v pH o rozmezí 5,5 až 6,5. Tato plodina je také rezistentní vůči suchu. Patří mezi krátkodenní a srážky se pohybují v rozmezí 800 až 1400 mm ročně [17].

Hlízy jsou významným zdrojem bílkovin, sacharidů a vitamínu C. Jelikož hlízy podléhají rychlé zkáze, obyvatelé je suší nebo zmrazují. Rozmnožuje se malými hlízkami, plátky hlíz, či očky. Tato plodina je prakticky neznámá [1, 17].



Obr. 4 *Ullucus tuberosus* [18]

#### 1.5 Achira (*Canna edulis*, *Cannaceae*)

Achira (Obr. 5) patří mezi jednoděložné trvalky rostoucí v mírných a tropických oblastech. Může vyrůst až do výšky 2,5 m a vytvářet oddenky až 60 cm dlouhé. Tato rostlina je pěstována v oblasti And, v Mexiku a západní Indii. Roste v nadmořských výškách 1000 až 2000 m [1].



Oddenky jsou využívány především pro své bohaté množství sacharidů, z toho škrob tvoří až 80 % a glukosa a sacharosa až 14 %. Mouka a škrob z této plodiny jsou v Asii využívány na výrobu nudlí [1].



Obr. 5 *Canna edulis* [19]

### 1.6 Mauka (*Mirabilis expansa*, *Nyctaginaceae*)

Mauka je nízká trvalka nepřesahující výšku 1 m. Produkuje jedlé kořeny vhodné ke skladování (Obr. 6). Tato plodina je poměrně odolná vůči chorobám hlíz. Hlízy jsou válcovité a listy vejčité s červenými okraji. Barva hlíz je ovlivněna odrůdou a stářím, obvyklé je zbarvení do bílé, žluté a lososové [1, 20].

Pěstování této rostliny bylo omezeno na malé oblasti v Peru, Ekvádoru a Bolívii. Nejvhodnější podmínky pro produkci jsou v nadmořských výškách od 2200 do 3500 m a při teplotách od 4 do 29 °C [1].



Obr. 6 *Mirabilis expansa* [21]

## 2 JAKON (*SMALLANTHUS SONCHIFOLIUS*)

Jakon (*Smallanthus sonchifolius*) dříve *Polymnia sonchifolia* nebo *Polymnia edulis* je rostlina z čeledi hvězdnicovitých (*Asteraceae*), (Obr. 7) [22].

Španělský název pro *Smallanthus sonchifolius* „yacón“ pochází z kečuánského jazyka (místní jazyk v Bolívii, Peru a Ekvádoru), kde slovo „yaku“ znamená „voda“, „vodnatý, mdlý“. Český název je jakon, anglický „yacon“, francouzský „poir de terre“, italský „polimnia“ a německý „Erdbirne“ [22].



Obr. 7 *Smallanthus sonchifolius* – rostlina [23]

### 2.1 Historie a rozšíření

Jakon pochází z jižní Ameriky. První písemné zmínky o jakonu pochází z roku 1615 od Felípeho Guaman Poma de Ayala a z roku 1653 od kronikáře Padre Bernabé Cobo popisujícího použití a schopnost jakonu odolat několik dnů transportu přes moře [24].

V Andách se jakon pěstuje v nadmořských výškách od 880 do 3300 m. Je rozšířen od Venezuely až po západní Argentinu (Obr. 8). V 80. letech byla plodina přenesena na Nový Zéland a odtud do Japonska. I když nyní roste v mnoha zemích, jako je Brazílie nebo Thajsko, Peru je největším světovým producentem. Pěstování bylo také úspěšné



v Itálii, Francii a Německu. Zejména v Itálii byl jakon používán k výrobě alkoholu a inulinu, ale během druhé světové války se produkce velmi snížila [24].

Do České republiky byl jakon poprvé dovezen v roce 1993 ve formě kaudexů pocházejících z Nového Zélandu a teprve v roce 1995 byla ověřena možnost jejich pěstování [24].



Obr. 8 Mapa původního výskytu jakonu [25]

## 2.2 Botanická charakteristika

Jakon je vytrvalá bylina, která náleží do čeledi *Asteraceae*. V našich klimatických podmínkách se pěstuje jako jednoletá. Rostlina dosahuje výšky až 2 m, je celá chlupatá, světle nebo tmavě zelená, často nafialovělá [26].

### 2.2.1 Podzemní část rostliny – zásobní orgány

Jakon má dva druhy kořenů: *absorpční* (či vláknité) a *zásobní*. Prvně zmíněné vyrůstají z báze stonku a slouží k příjmu vody a živin z půdy. Zásobní, ztlustlé kořenové hlízy (Obr. 9), se tvoří na bázi stonkových hlíz, a to 90 až 120 dní po výsadbě (v podmínkách ČR se začínají tvořit v průměru po 65 dnech od výsadby). Tvar zásobních kořenů jakonu může být větvenovitý, protáhle cylindrický či kulovitý. Převládající zbarvení pokožky je charakteristickým genetickým rysem vlastním pro jednotlivé klony a může nabývat tmavě žluté, krémové, fialové, nachové či růžové barvy. Rovněž barva dužniny kořenových hlíz je důležitým kvalitativním znakem a může být buď žlutá, bílá nebo fialová [22].



Obr. 9 *Smallanthus sonchifolius* – hlízy [27]

### 2.2.2 Nadzemní část rostliny – listy a stonek

Stonky se skládají z nadzemní a podzemní části. Stonek pod zemí vytváří stonkové hlízy, známé jako *kaudexy*, které mají nepravidelný, velice rozvětvený tvar, s četnými očky na povrchu. Představují rozmnožovací části rostliny (v přírodě i pro zemědělskou praxi slouží k vegetativnímu rozmnožování) a po vyrašení se mění v hlavní stonek mladých rostlin. V opačném směru, tedy geocentricky, ze stonkových hlíz vyrůstají *kořenové hlízy*. Barva stonkových hlíz může být od bílé po krémovou až purpurovou a společně s tvarem je charakteristickým rysem klonu. Hmotnost stonkové hlízy pod jednou rostlinou může dosahovat 0,5 až 4,5 kg [22, 28].

Stonky jsou na průřezu válcovité, jejich povrch je světle či tmavě zelený, někdy rovněž purpurový, v závislosti na klonu (Obr. 10). Stonky jsou pokryty *trichomy*. V oblastech původu bývají rostliny vysoké až 3 m, v ČR dorůstají v průměru 1,45 m. Stonky se hojně rozrůstají, větvení v našich podmínkách začíná po 60 až 70 dnech od výsadby. Postranní větve často převyšují hlavní stonek [22].



Obr. 10 *Smallanthus sonchifolius*  
– stonek [29]

Jakon má vstřícně postavené listy, které mohou být šípovitého či trojúhelníkovitého tvaru. Okraje u obou typů jsou laločnaté nebo zubaté. Po obou stranách řapíku jsou vytvořena křídla, která na bázi mírně objímají stonek. Zbarvení lící strany listů je světle nebo tmavě zelené a je charakteristickým rysem jednotlivých klonů. Rubová strana listů bývá světlejší a je hustě pokryta trichomy. Z jedné rostliny je možno v našich podmínkách získat 0,65 až 0,85 kg čerstvých listů. Do fáze kvetení se na rostlině vytvoří 13 až 16 párů listů, po odkvetu rostlina produkuje již jen malé listy [22].

### 2.2.3 Květy a plod

Květenství jakonu je vrcholičnaté a je tvořeno jednou až pěti osami, které se dělí na tři větve zakončené jedním květenstvím – úborem. Ten má na bázi 5 až 7 zelených ostře

špičatých trojúhelníkových listenů, dlouhých asi 15 až 20 mm. Úbor je tvořen dvěma druhy květů: 14 až 16 jazykovitých žlutých až oranžových květů je umístěno na okraji květenství a tvoří nejpatrnější část úboru. Trubkovité květy, kterých je přibližně 80 až 90 ks, se nacházejí ve středu květenství a jsou dlouhé 8 mm. Mají žlutou nebo oranžovou korunu a lehce vyčnívající pestík, který již ztratil svoji funkci. Trubkovité květy mají 5 tyčinek s volnými nitkami. Prašníky jsou skloněné k blizně. Jsou černé barvy s jemnými žlutavými pruhy. Pylové zrno je kulovité a ostnitě, někdy také tříkolové. Je zářivě žluté barvy, na povrchu lepkavé a jeho průměr se pohybuje okolo 27  $\mu\text{m}$ . Průměr celého úboru může dosahovat až 30 mm. Samičí květy se otevírají také dříve než květy samčí a většinou také odkvetou dříve než poslední samčí [22].



Obr. 11 *Smallanthus sonchifolius* – květ [30]

Plodem jakonu je nepukavá nažka trapezoidního tvaru barvy kávové, tmavě hnědé až černé. Vytváří se z jazykovitých květů a při dozrání se od lůžka odděluje. Oplodí je po dozrání suché a tenké, na vnější straně lze nalézt podlouhlé vroubkování, které tvoří paralelní brázdy. Nažka měří v průměru okolo 3,7 mm a na délku a 2,2 mm na šířku. Hmotnost sta nažek činí od 0,6 do 12 g. Zásobní látky v semeni jsou shromážděny v dělohách, které tvoří hlavní část semene. U rostlin pěstovaných v České republice však přítomnost děloh v semeni nebyla zaznamenána vůbec [22].

Obr. 12 *Smallanthus sonchifolius* – plod [31]

### 2.3 Chemické složení

Většina biomasy hlíz je tvořena vodou, která tvoří více jak 70 % hmoty čerstvé hlízy. Vzhledem k vysokému obsahu vody je energetický obsah hlíz poměrně nízký. Hlízy obsahují pouze 0,3 až 3,7 % bílkovin (Tab. 2), avšak 70 až 80 % sušiny je tvořena sacharidy, především fruktooligosacharidy [32].

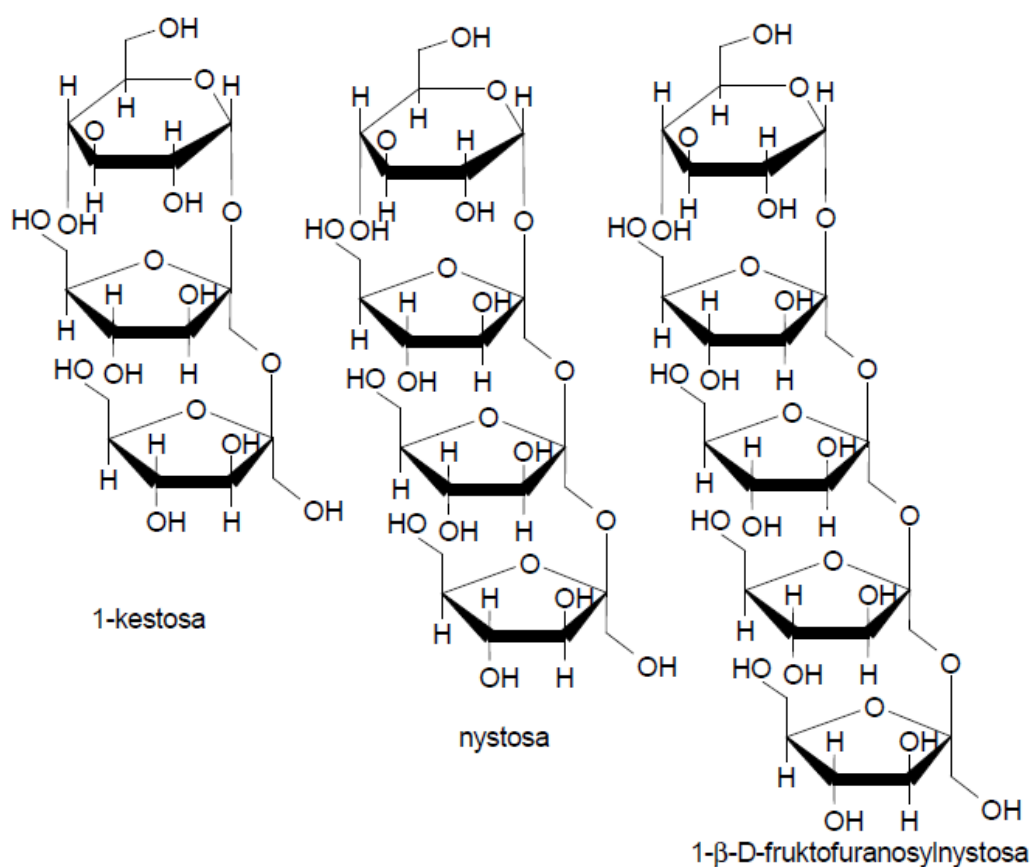
Tab. 2 Chemické složení hlíz jakonu v % [32]

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

nd – zdroj [32] údaje neuvádí

Podzemní zásobní orgány jakonu akumulují více jak 60 % (vztaženo na sušinu) fruktanů  $\beta$  (2 $\rightarrow$ 1) inulinového typu, zvláště pak oligomery (GF<sub>2</sub> až GF<sub>16</sub>). Mezi hlavní oligosacharidy patří ketosa a nystosa (Obr. 13). Při použití enzymatické a C-13-NMR analýsy bylo zjištěno že, fruktooligosacharidy jsou převážně tvořeny oligosacharidy od

trisacharidů do dekasacharidů s koncovou sacharosou (fruktooligosacharidy inulinového typu). Fruktany jakonu jsou nízkomolekulární. Jakon obsahuje významná množství fruktosy (3 až 22 % sušiny kořenů) a glukosy (2 až 5 % sušiny kořenů). Vypočtená energetická hodnota jakonu je velmi nízká (619 až 637 kJ·kg<sup>-1</sup> čerstvé hmoty). Jakon má podobné vlastnosti jako dietetická vláknina. Vysoký obsah sušiny a fruktanů byl nalezen u dodekaploidních linií ve srovnání s oktoploidními [32 – 37].



Obr. 13 Chemická struktura hlavních tří fruktooligosacharidů (GF<sub>2</sub> – GF<sub>4</sub>) [34]

Cisneros-Zevallos *et al.* [33] vyhodnotili tři generační linie jakonu z oblasti Huanco (Peru) vzhledem k jejich obsahu sacharidů a stabilitě při skladování po 0, 15, 30, 45 a 90 dní při teplotě 4 °C a pokojové teplotě (25 °C). Získané výsledky naznačují vysokou variabilitu v obsahu fruktooligosacharidů (21 až 708 g·kg<sup>-1</sup> sušiny) a reciprokový vztah mezi obsahem fruktooligosacharidů a redukujících cukrů. Zjistili pokles o 46,5; 32,8 a 21,6 % původního obsahu při 25 °C po 15 dnech skladování a o 73,3; 56,5 a 76,8 % po 90 dnech

skladování při 25 °C a současně nárůst obsahu redukujících sacharidů (průměrně 42 %). Obsah fruktooligosacharidů se také snižoval při 4 °C, avšak v menší míře než při teplotě 25 °C (1,65; 2,94 a 3,6 % po 15 dnech skladování a 27, 17 a 21 % po 90 dnech skladování).

Obsah jednotlivých sacharidů v jakonových hlízách je uveden v Tab. 2. U sledování aktivity enzymů sacharosa 1-fruktosyltransferasy, fruktan 1-fruktosyltransferasy a fruktan 1-exohydrolasy v rhizoforech a hlízách jakonu v průběhu celého růstového cyklu v polních podmínkách byly nalezeny vyšší hodnoty na počátku tuberizace (rostliny staré 3 měsíce) a ve fázi kvetení (7 měsíců staré rostliny). Výsledky prokázaly skutečnost, že syntetické reakce převládaly v rhizoforech ve srovnání s hlízami, kde naopak převládaly hydrolysuující pochody [35].

Tab. 3 Obsah sacharidů v hlízách jakonu [15]

Sacharid	Obsah (mg·g <sup>-1</sup> suš.)
Fruktosa	350,1 ± 42,0
Glukosa	158,3 ± 28,6
Sacharosa	74,5 ± 19,0
GF2	60,1 ± 12,6
GF3	47,4 ± 8,2
GF4	33,6 ± 9,3
GF5	20,6 ± 5,2
GF6	15,8 ± 4,0
GF7	12,7 ± 4,0
GF8	9,6 ± 7,2
GF9	6,6 ± 2,3
Inulin	13,5 ± 0,4

Pozn. GF – oligomery fruktooligosacharidů  
inulinového typu

Hlízy jakonu obsahují také polyfenoly (v průměru 2030 mg·kg<sup>-1</sup>), mezi nimi převažuje chlorogenová kyselina (asi 48,5 mg·kg<sup>-1</sup>). Z aminokyselin byl vysoký obsah nalezen u tryptofanu (asi 14,6 mg·kg<sup>-1</sup>) [15].

Hlavní antioxidační látkou hlíz byla detekovaná kyselina chlorogenová (Obr. 14). Při srovnání oxidační účinnosti roztoků enzymů vyizolovaných z brambor, žampionů, lilku a jakonu bylo zjištěno, že jakon vykazoval značné oxidační účinky na bifenol A, který byl





že tyto diterpeny hrají důležitou fyziologickou roli v obranném mechanismu exudátů glandulárních trichomů. Kromě toho byly dále vyizolovány z listů jakonu extrakcí 70% methanolem pomocí HPLC ve frakci rozpustné v ethylacetátu melampolid s protiplísňovými účinky - sonchifolin a rovněž další tři známé melampolidy - polymatin B, uvedalin a enhydrin. Tyto látky jsou seskviterpenické laktony nazývané melampolidy s fungicidními účinky. *Ent*-kaurenová kyselina je jedním z metabolických intermediátů v biosyntese fytohormonů gibberelinů a je také obsažena v propolisu divokých brazilských včel [33, 15, 34].

## 2.4 Pěstování a výnosy

Podle Institutu tropického a subtropického zemědělství v Praze lze jakon pěstovat i v našich klimatických podmínkách, kde se však tato vytrvalá bylina stává jednoletou [39].

### 2.4.1 Požadavky na prostředí

Jakon patří mezi rostliny málo náročné na půdu. Pro pěstování je nejvhodnější středně těžká až lehčí půda s pH 5,5 až 8. Ideální je obdobné zařazení jako u brambor, tj. po organickém hnojení pozemku. Zatímco k vyšším teplotám je jakon tolerantní v širokém rozsahu, teploty pod 0 °C nadzemní část jakonu poškozují a ničí. Podzemní části bývají poškozeny až v době, kdy k nim mráz pronikne. Jakon je schopen růstu ve všech pěstitelských oblastech. K dosažení kvalitního výnosu však vyžaduje dostatek slunečního svitu a rovnoměrnou zásobu vody v průběhu vegetace [39, 40].

### 2.4.2 Rozmnožování, výsadba a vegetační doba

Rostlina se rozmnožuje pouze vegetativně. K vegetativnímu rozmnožování slouží kaudexy a jeho výhodou je možnost vhodně selektovat genotypy s největšími výnosy a nejlepšími vlastnostmi z hlediska pěstování [15].

Pro výsadbu se používají celé stonkové hlízy (kaudexy), pokud jsou menší. V případě, že hlíza nese velký počet oček, může se řezem rozdělit na menší části. Tato technika má malý množitelský koeficient, z jedné stonkové hlízy lze získat 1 až 5 kusů, každý se čtyřmi pupeny [22].

Velkou výhodou při pěstování jakonu je skutečnost, že není třeba každým rokem znovu nakupovat sadbu, neboť se na konci vegetace sklízí na konzum pouze kořenové hlízy a stonkové poslouží v příštím roce jako sadbový materiál [22].

Délka vegetační doby je v ČR ovlivněna mrazy. Výsadba se realizuje po ukončení jarních mrazíků (květen). Rovněž sklizeň je nutno provést před prvním poklesem teplot pod 0 °C (říjen), a to i přesto, že rostliny nedokončí celý vegetační cyklus. Zatímco se v našich podmínkách délka vegetační doby pohybuje v průměru okolo 165 dnů, v oblasti původu se jakon sklízí až tehdy, když stonky začínají usychat, k čemuž dochází zpravidla po 7 měsících od výsadby. V nejvyšších andských oblastech může vegetační doba trvat celý rok [22].

### 2.4.3 Sklizeň, posklizňová úprava a skladování

Sklizeň je zapotřebí oddálit co nejvíce, nadzemní biomasa a kořenové hlízy však nesmějí být poškozeny prvními podzimními mrazíky. Před sklizní se nejprve odstraní nadzemní část z důvodu lepší manipulace s kořenovou částí rostliny a ulehčení ruční sklizně. Byla rovněž vyzkoušena mechanická sklizeň pomocí seřízeného vyorávače, nicméně docházelo k velkému poškození křehkých hlíz [22].

Po sklizni podzemní části je třeba ručně oddělit od sebe kořenové a stonkové hlízy. Všechny řezné plochy u obou typů hlíz se musí nechat zaschnout. Odstraní se špatné, deformované či poškozené kořenové hlízy. Konzumní hlízy se uloží do beden a skladují se v chladné temné místnosti při teplotě okolo 10 °C, aby se zabránilo ztrátám vody a jejich scvrkávání. Při vyšší vzdušné vlhkosti a teplotě se urychluje proces hnití. Pokud se pro skladování kořenových hlíz využívají papírové pytle, výsledky jsou mnohem lepší. Při využití tohoto systému hlízy téměř neztrácejí vodu a mohou být bez větších problémů skladovány po více než 100 dnů. Z hlediska dlouhodobého skladování (4 až 5 měsíců) jsou nejvhodnější hlízy, které mají kulatý tvar s úzkým nasazením na stonkovou hlízu a oblé vrcholy. V průběhu skladování se kontrolují a odstraňují poškozené nebo hniající kusy. Během skladování se zvětšuje sladkost a vůně kořenových hlíz [22].

Stonkové hlízy se ukládají do přepravek a přihrnují zeminou. Skladovány jsou při stejné teplotě jako kořenové hlízy.

## 2.5 Využití v dietě a tradičním léčení

Na místních trzích v Andách je jakon klasifikován jako ovoce a prodáván společně s jablky, avokády, ananasy a nikoli společně s brambory či kořenovou zeleninou. Jeho hlízy mají příjemně nasládlou chuť, jsou křupavé a většinou se vystavují expozici na slunci, kdy dochází ke zvýšení cukernatosti. Konzumují se po oloupaní většinou v ovocných salátech v kombinaci např. s banány a pomeranči. Mohou se jíst dušené, kdy si do jisté míry zachovávají svou křehkost. Z hlíz lze vymačkat osvěžující džus či vyrobit koncentrát vhodný jako sladidlo pro diabetiky. Je vhodné je i vařit, smažit či jinak upravovat. Jako zeleninu lze použít i stonek mladých rostlin. Hlavní stonek se používá podobně jako celer. V Japonsku se hlízy jakonu zpracovávají do džusů, pečiva nebo dření. Také jako fermentované formy a lyofilizované prášky. Potraviny z jakonu jsou vhodné pro přípravu diabetických pokrmů, redukčních diet a diet pro pacienty s chronickými jaterními nemocemi. V Brazílii popisují léčivý účinek listům jakonu, ze kterých je připravován čaj. V Japonsku se listy a stonky míchají s čajovými lístky. Hlízy jakonu je možné využít jako krmivo pro hospodářská zvířata, lze využít i nadzemních částí, zejména pro vyšší obsah proteinů [15].

### 3 TRÁVICÍ SOUSTAVA

Pro udržení životních funkcí je nezbytný příjem potravy ze zevního prostředí, který slouží jako zdroj vody, minerálních látek, živin a vitaminů. Trávicí systém, který příjem potravy zajišťuje, je ale na straně druhé také místem, kam jsou některé produkty metabolismu odstraňovány [41].

Všechny orgány podílející se na mechanickém i chemickém zpracování potravy a na jejím následném vstřebávání tvoří trávicí neboli gastrointestinální trakt (GIT). Potrava musí projít jednotlivými jeho prostory, které jsou členěny do tří úseků. Horní úsek GIT je tvořen ústy, jícnem a žaludkem, kde se potrava mechanicky rozmělnuje a některé části jsou zde tráveny účinkem enzymů trávicích šťáv (sliny či žaludeční šťáva). Sousto je postupně změněno na tráveninu – chymus, který se dostává do tenkého střeva reprezentujícího střední úsek GIT. Tenké střevo hraje v procesech trávení a vstřebávání zásadní úlohu, nicméně jeho funkce by nebyla možná bez sekretu jater a pankreatu, jež jsou spolu se slinnými žlázami označovány jako akcesorní (přídavné) orgány trávicí trubice. Většina látek potřebných pro organismus se resorbuje právě v tenkém střevě a zbývající chymus přestupuje do tlustého střeva představujícího dolní úsek GIT, kde se obsah zahušťuje a je vystaven působení bakterií. Tak se postupně trávenina proměňuje ve stolici, která je vyloučena po vybavení defekačního reflexu [41].

Gastrointestinální systém má tyto hlavní funkce:

- trávení – mechanické a chemické zpracování potravy a s tím související sekrece trávicích šťáv;
- vstřebávání (resorpce, absorpce) – přestup látek stěnou GIT;
- posun a mísení tráveniny s trávicími šťávami – tzv. motilita;
- skladování;
- ochrana – vlastní imunitní systém;
- sekrece endokrinně aktivních látek.

Činnost GIT je řízena nervově (vlastní nervový systém trávicího traktu a autonomní nervový systém), humorálně (hormony produkované převážně trávicím traktem) a přímým mechanickým a chemickým působením obsahu [41].

### 3.1 Anatomie a fyziologie trávicí soustavy

Trávicí soustava je rozdělena na tyto části: dutinu ústní s přídatnými slinnými žlázami, hltan, jícen, žaludek, tenké střevo se svými oddíly dvanáctníkem, lačníkem a kyčelníkem a střevo tlusté s jeho částmi. Funkčně jsou s trávicí soustavou spjaty dvě žlázy – slinivka břišní a játra. Trávicí trakt je svalová trubice, která vychází z úst, pokračuje jícnem, prochází žaludkem a střevy a končí řití. Každý trubicový orgán trávicí soustavy má stěnu, která se skládá ze čtyř vrstev. Jsou to sliznice, vazivo podslizniční, vrstva svalová a vrstva povrchová [41].

#### 3.1.1 Dutina ústní

V ústní dutině se potrava rozmělnjuje a mísí se slinami, což umožňuje její polknutí. Sliny obsahují enzymy (*amylasa*, *ptyalin*), které zahajují trávení sacharidů. Dalšími enzymy ve slinách jsou *lipasy* ze žlázek na bázi jazyka, které začínají katalyzovat hydrolysu tuků. Dále obsahují mucin, vodu – asi 99 %, soli a další látky. Hodnota pH slin je 5,8 – 7,8. Sliny jsou produktem párových slinných žláz a jsou tvořeny neustále v množství 1 až 2 litry denně [42].

Nejdůležitějším orgánem dutiny ústní je jazyk, který je hlavním sídlem receptorů chutí, má důležitou úlohu při žvýkání a polykání. Povrch jazyka tvoří sliznice s četnými výběžky, které se označují jako papily [42].

#### 3.1.2 Žaludek

Rozmělněná potrava je přiváděna jícnem do žaludku, který má několik částí – česlo, klenbu, tělo, vrátník. Žaludek je vakovitý orgán, který pojme 1 až 2 litry potravy. Na přítomnost a zejména pak na složení potravy reaguje žaludeční sliznice vylučováním žaludeční šťávy. Ta je tvořena vodou, kyselinou chlorovodíkovou, pepsinogeny, vnitřním faktorem a ochrannou látkou mucinem. Žaludeční sliznice produkuje podle složení a množství potravy 1,5 až 3 litry žaludeční šťávy. Její pH je 1 až 2. Vlivem kyseliny chlorovodíkové se potrava okyselí a stane se snáze přístupnou účinkům enzymů štěpících bílkoviny. HCl dále aktivuje neaktivní *pepsinogen* na *pepsin*. Trávení tuků a sacharidů je v žaludku minimální [42].

Po určité době klidu přibližně 20 minut až 1 hodina nastupuje žaludeční peristaltika. Vlivem pohybu žaludku se tato trávenina mísí se žaludeční šťávou a mění

se tak na kyselou tráveninu. Žaludeční peristaltika je řízena prostřednictvím lokálních hormonů podle charakteru potravy [42].

Podle charakteru se potrava zdržuje v žaludku různě dlouhou dobu: smíšená kolem 3 až 4 hodin, potrava s převahou sacharidů 2 až 3 hodiny a potrava bohatá na tuky až 7 hodin [42].

### 3.1.3 Tenké střevo

Dvanácterník (*duodenum*) je první část tenkého střeva. V této asi 15 cm dlouhé trubici dochází především k odstranění vysoké kyselosti tráveniny. Do dvanácterníku ústí vývod žlučníku a slinivky břišní. Sekret pankreatu obsahuje nejen enzymy, nýbrž i hydrogenuhličitan sodný. Ten mění kyselé pH tráveniny na slabě zásaditou. *Pankreas* produkuje i enzymy štěpící bílkoviny, tuky a sacharidy. Žluč, vylučována játry a uložená v zásobě ve žlučníku, vytváří z tuků emulsi [43, 44].

Podstatná část tenkého střeva lačník (*jejunum*) a kyčelník (*ileum*) je trubice dlouhá v průměru asi 4 až 7 m. Hlavní úkol tenkého střeva je vstřebávání živin, rozštěpených účinkem enzymů [43].

Záhyby, klky tenkého střeva a kartáčový lem způsobují, že sliznice tenkého střeva má veliký povrch, přibližně 250 m<sup>2</sup>. U každého klku jsou neznatelné prohlubeniny, označované jako Lieberkühnovy krypty, které zajišťují tvorbu střevní šťávy [43].

### 3.1.4 Tlusté střevo

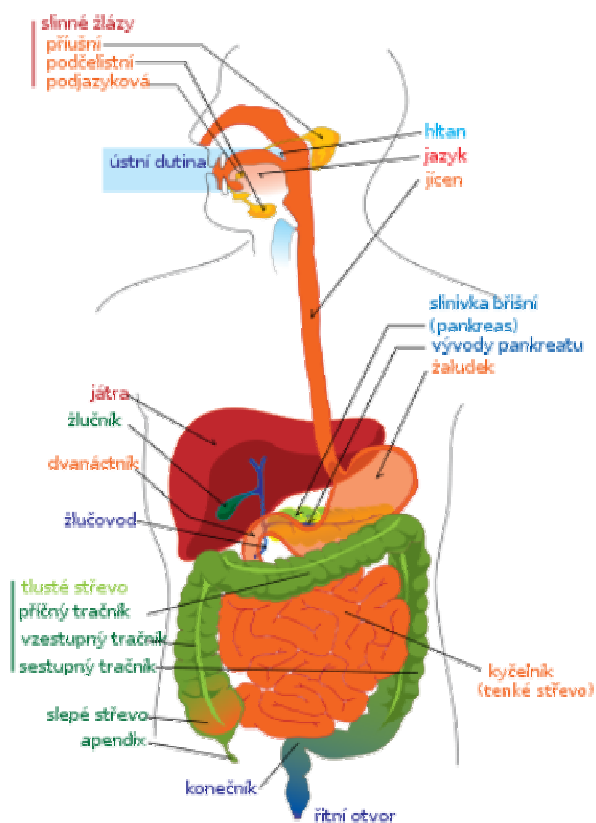
Za tenkým střevem pokračuje tlusté střevo, jehož nejdelší úsek tvoří tračník (*kolon*), dále slepé střevo a konečník. Tenké střevo ústí do střeva tlustého chlopní. Jedná se o asi 1,3 m dlouhou trubici, charakterizovanou hlubokými vychlípeninami, klky zcela chybí. Tračník je rozdělen do několika částí – vzestupný, příčný, sestupný a esovitá klička. Plní funkci reservoáru střevního obsahu, vstřebávají se zde ionty a voda. V tlustém střevě probíhá intenzivní bakteriální činnost, zejména kvašení a hnilobné procesy. Trávenina se v tlustém střevě zdrží až 30 hodin [43, 44].

### 3.1.5 Slinivka břišní

Slinivka břišní (*pankreas*) je exogenní a endogenní žláza, která produkuje přibližně 1 až 2 litry pankreatické šťávy a také enzymy, jako *trypsin*, *chymotrypsin*, *karboxypeptidasa*,  *$\alpha$ -amylasa*, *pankreatická lipasa* a *cholesterolesterasa*. Slinivka je rovněž producentem hormonů (např. inzulínu a glukagonu) [43].

### 3.1.6 Játra

Játra jsou největší žlázou v těle, která je uložena v pravém podžebří, chráněna hrudním košem a volnými žebry. Přes játra odtéká veškerá krev odváděná ze střev a jako první přicházejí do styku s látkami přijatými z potravy. Jaterní buňky mají obrovskou regenerační schopnost, jsou však vystaveny účinku odpadních produktů metabolismu těla. Produkují žluč, která se shromažďuje a zakoncentrovává ve žlučníku [43, 44].



Obr. 16 Trávicí soustava [45]



## 3.2 Trávení a vstřebávání

Vstřebávání živin se neděje stejným způsobem. U některých látek probíhá způsobem velmi podobným filtraci nebo difuzi, což patří mezi pasivní formy transportu. Takto se vstřebávají pouze ionty a malé hydrofilní molekuly. Tato forma nevyžaduje energii a působí pouze po koncentračním gradientu [43].

Častěji však probíhá vstřebávání procesem aktivního transportu, kdy jsou živiny transportovány přes střevní stěnu, za současné spotřeby energie. Nejrozšířenějším typem aktivního transportu je  $Na^+ - K^+ - ATP$ asová pumpa [43].

### 3.2.1 Trávení a vstřebávání sacharidů

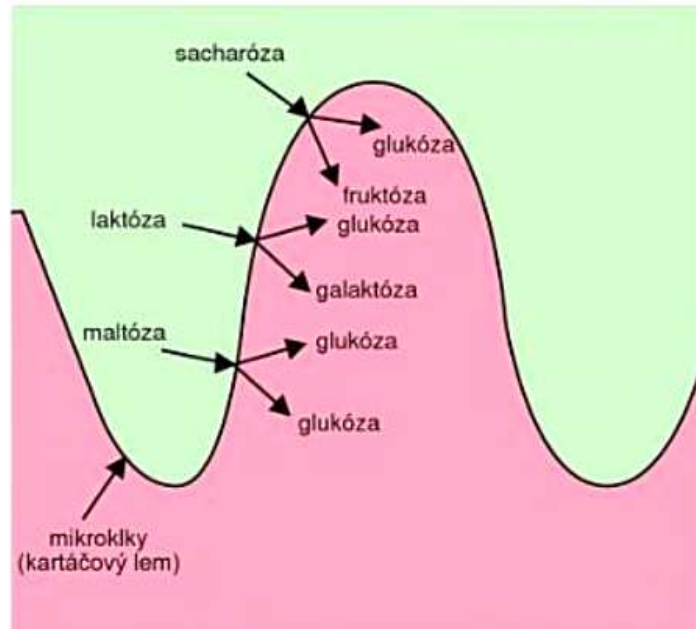
Sacharidy jsou v potravě přijímány ve formě polysacharidů (polymery glukosy), disacharidů a monosacharidů. Hlavním polysacharidem je rostlinný škrob – amylopektin a amylosa, které tvoří přibližně polovinu všech přijatých cukrů. Molekuly glukosy jsou v nich uspořádány v mírně rozvětvených či rovných řetězcích, jež jsou vázány 1,4- $\alpha$ -glykosidovými vazbami. Mezi disacharidy zastoupené v potravě patří sacharosa a laktosa, mezi monosacharidy glukosa a fruktosa [41].

Nestravitelné rostlinné polysacharidy (celulosa, hemicelulosa, pektin) nemají pro člověka nutriční význam, ale jsou součástí vlákniny v potravě. Vláknina má zásadní význam v regulaci střevních funkcí [41].

Trávení sacharidů začíná v dutině ústní působením enzymu slinných žláz – *ptyalinu* (slinná  $\alpha$ -*amylasa*), jehož aktivita je utlumena v kyselém žaludečním obsahu. Nejdůležitější fáze trávení sacharidů se odehrává v tenkém střevě. Zde do *duodena* ústí vývod slinivky břišní, která produkuje většinu trávicích enzymů. Součástí pankreatické šťávy je opět  $\alpha$ -*amylasa*. Hydrolysou 1,4- $\alpha$ -glykosidových vazeb vznikají maltosa, maltotriosa a  $\alpha$ -limitní dextrin. Za fyziologických okolností se *amylasa* produkuje pouze do pankreatické šťávy a odtéká z pankreatu do střeva [41].

Proces trávení dále pokračuje na kartáčovém lemu buněk střevní sliznice, zejména v *jejunu* a *ileu*. Součástí kartáčového lemu jsou enzymy *glykosidasy*, specializované na štěpení oligo- a disacharidů. Nejdůležitější jsou *maltasa*, *sacharasa* v komplexu s *isomaltasou*, *laktasa* a *glukoamylasa*. Tyto enzymy nejsou striktně specifické, kromě preferovaného substrátu mohou štěpit i další strukturně příbuzné oligosacharidy. Čiností

těchto enzymů vznikají volné monosacharidy (glukosa, fruktosa, galaktosa), které se vstřebávají do enterocytů, a dále putují cestou *vena portae* do jater [41].

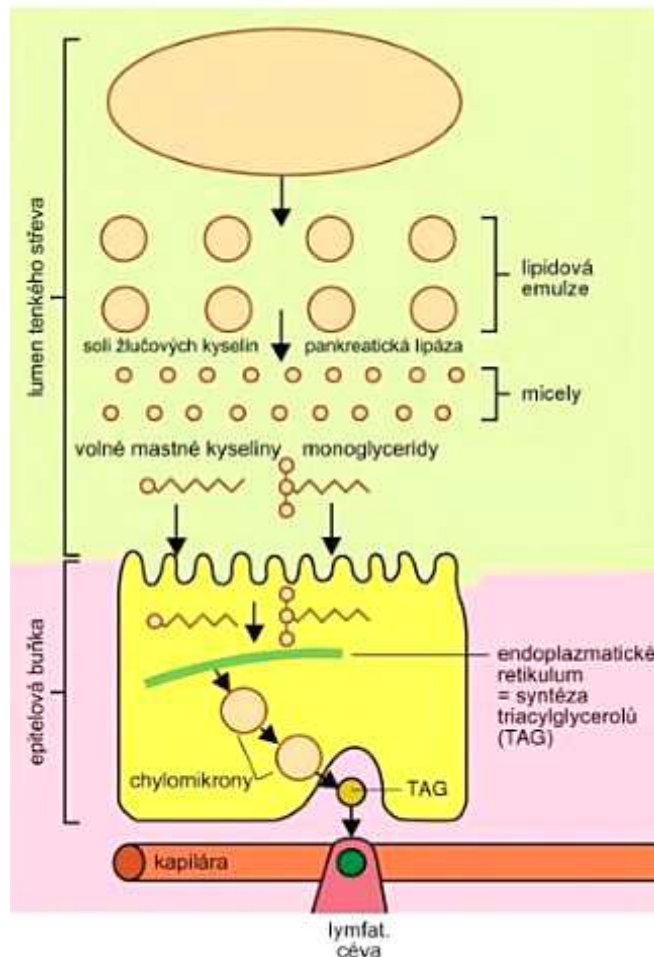


Obr. 17 Štěpení disacharidů v kartáčovém lemu [41]

### 3.2.2 Trávení a vstřebávání lipidů

Lipidy jsou v potravě přijímány ve formě triacylglycerolů (až 90 %), dále pak fosfolipidů a esterů cholesterolu. Triacylglyceroly jsou štěpeny *lipasami*, jež jsou vylučovány Exnerovými žlázami kořene jazyka (jazyková *lipasa*), žaludečními žlázami (žaludeční *lipasa*) a buňkami pankreatu (pankreatická *lipasa*). Asi 10 až 30 % triacylglycerolů je tráveno již v žaludku, kde kyselé pH představuje optimum pro žaludeční *lipasy*. 70 až 90 % je štěpeno pankreatickou *lipasou* v pH neutrálním prostředí *duodena* a horního *jejuna*. Pro optimální činnost *lipas* je nezbytná emulgace tuků, jež nabízí enzymům větší povrch ke štěpení. V žaludku jsou tuky emulgovány mechanicky a v tenkém střevě zajišťují funkci emulgátoru soli žlučových kyselin a lecitin, jež se do *duodena* dostávají žlučí. Lipolytický účinek pankreatické šťávy navazuje na kapičky tuku, a výsledkem trávení triacylglycerolů je směs mono- a diacylglycerolů s mastnými kyselinami a glycerolem. Obdobně se na štěpení dalších lipidů (fosfolipidů, esterů cholesterolu) podílejí i ostatní enzymy pankreatické šťávy. Vzniklé produkty trávení obohacují původní kapénky emulze a přeměňují je na micely [41].

Micely se dostávají mezi mikroklyky a jejich obsah se rozptýlí v pomalu se pohybující tekutině při jejich povrchu. Komponenty lipidů zde dosahují poměrně vysoké koncentrace a vzhledem ke svým hydrofobním vlastnostem difundují přes luminální membránu enterocytů. Shromažďují se ve vehikulech hladkého endoplasmatického retikula, kde se z nich znovu tvoří molekuly lipidů. Takto vznikající tukové kapénky opouštějí buňku exocytosou do basolaterálního prostoru. Protože jsou příliš velké, aby prošly bazální membránou do krevních kapilár, vstupují do lymfatických kapilár a s lymfou se dostávají do krve. Většina tuků se vstřebává již v *duodenu* a v *jejunu*. Portálním oběhem se dostávají do jater a spolu s nově tvořenými žlučovými kyselinami jsou znovu vyloučeny do žluče [41].



Obr. 18 Trávení a vstřebávání lipidů [45]

### 3.2.3 Trávení a vstřebávání proteinů

Trávení proteinů je zprostředkováno enzymy *peptidasami* a *proteasami*, které hydrolyticky štěpí peptidové vazby v peptidech a proteinech. Produktem jsou krátké peptidy a jednotlivé aminokyseliny. *Peptidasy* lze rozdělit na *exopeptidasy* (*amino-* a *karboxypeptidasy*) a *endopeptidasy* (*trypsin*, *chymotrypsin*, *pepsin*) [41].

Trávení proteinů přijatých potravou začíná v žaludku. HCl přítomná v žaludeční šťávě denaturuje proteiny, které jsou posléze štěpeny *pepsinem*. *Pepsin* je v buňkách žaludeční stěny syntetisován jako *pepsinogen*, který je aktivován v kyselém prostředí (hodnota pH 1,3 až 3) na *pepsin*. Specifika *pepsinu* je zaměřena na peptidové vazby situovanými za aromatickými aminokyselinami fenylalaninem a tyroxinem. Sekrece HCl je řízena hormonem gastrinem. Trávenina postupuje dále do *duodena*, kde je sekretována pankreatická šťáva obsahující velké množství *peptidas*. *Trypsin* je v buňkách *pankreatu* syntetisován jako *trypsinogen*. Aktivace na aktivní *trypsin* probíhá za katalysy enzymem *enteropeptidasou* až v *duodenu*. *Trypsin* hydrolyticky štěpí v proteinech peptidové vazby za argininem a lysinem. Dalším z enzymů je *chymotrypsin*, který je taktéž syntetisován ve formě neaktivního prekurzoru *chymotrypsinogenu*. *Chymotrypsin* katalyzuje štěpení peptidových vazeb za aminokyselinami fenylalaninem a tyroxinem. V pankreatické šťávě jsou dále přítomny enzymy *elastasa* a *karboxypeptidasa A* a *B*. Finální fáze trávení bílkovin probíhá na kartáčovém lemu enterocytů v tenkém střevě. Enzymy *aminopeptidasy* a *dipeptidasy* dokončují štěpení peptidů na jednotlivé aminokyseliny [41].

Aminokyseliny se vstřebávají do enterocytů přes cytoplasmatickou membránu. Zde se nachází řada specifických přenašečů např. pro kyselá, bazická, aromatická aminokyseliny. Většina aminokyselin přechází do portální krve a dostává se do jater. Průchod játry mění spektrum aminokyselin, neboť mnoho z nich podléhá různým metabolickým pochodům [41].

### 3.2.4 Vstřebávání vody

Denně lidské tělo přijímá v průměru 1,5 l vody. Kromě toho jsou do dutiny trávicího ústrojí uvolňovány sliny, žaludeční šťávy, pankreatická šťáva a střevní šťáva v množství asi 7 l za den. Asi 98 % této tekutiny se zpětně vstřebává, takže denní ztráta stolicí je jen asi 200 ml tekutin. Resorpce vody probíhá především v *jejunu*, *ileu* a z menší

části v *kolonu*. Pohyb vody je podmíněn osmoticky. Jsou-li vstřebávány osmoticky aktivní částice, voda je následuje. Pokud jsou naopak takové látky vylučovány do buněčné dutiny nebo jsou-li s potravou přijaty nevstřebatelné látky, voda s nimi proniká do buněčné dutiny [46].

## 4 STANOVENÍ STRAVITELNOSTI

Stravitelností se míní ta část snědené potravy, resp. živin, kterou tělo dokáže využít, tj. kterou umí rozložit a vstřebat. Stravitelnost je možné stanovit metodou *in vivo* nebo metodou *in vitro*. Metoda *in vivo* je založena na stanovení stravitelnosti jako množství spotřebovaného dusíku organismem vzhledem k množství dusíkatých látek přijatých organismem v potravě a dusíkatých látek vyloučených organismem. Metoda *in vitro* je experimentální metoda, kterou jsou nasimulovány podmínky metody *in vivo* v laboratorním prostředí. U této metody jsou napodobovány podmínky trávení např. bílkovin v organismu, resp. žaludku, kdy bílkoviny v potravě jsou v kyselém prostředí rozloženy proteolytickým enzymem [47, 48].

### 4.1 Stravitelnost dusíkatých látek a škrobu

Při zhodnocení kvality přijímaných proteinů v potravě je důležité definovat výživovou hodnotu, která je více méně dána zastoupením aminokyselin a jejich využitelností. Kvalitu proteinů lze hodnotit například podle čisté využitelnosti proteinů, popř. čisté výživové hodnoty proteinu. Hodnota proteinu závisí na obsahu esenciálních aminokyselin a může se vypočítat na základě jejího složení například pomocí tzv. aminokyselinového skóre [49, 50].

V dnešní době se vychází z toho, že neesenciální aminokyseliny jsou alespoň částečně nahraditelné. Toto tvrzení ale nemusí být pravidlem, proto by mělo být přihlíženo i k obsahu neesenciálních aminokyselin. Aminokyselinové složení proteinů je sice považováno za důležitý determinant sloužící k určení kvality proteinu, avšak pro zjištění využitelnosti aminokyselin v organismu je nutno stanovit i jejich stravitelnost [51].

Stravitelnost proteinů je, mimo jiné, dána jejich strukturou. Rozpustnost proteinů je jedna z vlastností, která determinuje míru jejich stravitelnosti. I když proteiny globulárního typu dávají předpoklad vyšší stravitelnosti oproti fibrilárním, existují i mezi nimi rozdíly, a to v závislosti na materiálu, ve kterém se nacházejí. Proteiny se v potravinách obvykle vyskytují i s dalšími látkami (například s lipidy, kovy, nukleovými kyselinami či sacharidy) s nimiž vytvářejí komplexy, které mohou mít při trávení odlišné chování než by měl samotný protein. Taktéž i potravní vláknina nebo fytáty mohou mít vliv na digesci proteinu [52 – 54].

Stravitelnost škrobů je závislá především na fyzikálně-chemických vlastnostech daného škrobu, ale i na potravině samotné. Díky novým analytickým metodám lze škroby dělit (podle stravitelnosti stanovené metodou *in vitro*) na tři základní kategorie: rychle stravitelné, pomalu stravitelné a na rezistentní škroby. Jako rezistentní škrob je označován takový škrob, který nepodléhá trávení v tenkém střevě, není zde resorbován, dostává se do tlustého střeva, kde je fermentován mikroflórou. Produktem je relativně značné množství mastných kyselin s krátkým řetězcem, tím působí ochranně na epitel tlustého střeva [55, 56].

#### 4.2 Stanovení stravitelnosti pomocí Inkubátoru Daisy

ANKOM Daisy<sup>II</sup> Inkubátor (Obr. 16) je výkonné zařízení, které umožňuje provádění studií stravitelnosti organické hmoty *in vitro*. Dokáže simulovat procesy, které probíhají v žaludku při trávení potravin. Výrobce je společnost ANKOM Technology New York a dodavatelem na český a slovenský trh pak společnost O. K. SERVIS BioPro, s.r.o [57].



Obr. 19 Daisy inkubátor [58]

Daisy<sup>II</sup> Inkubátor může provádět až sto testů současně. Výhodou je použití pouze dvou, maximálně čtyř nádob na technologické roztoky, které dokáží nahradit sto zkumavek

používaných při klasickém provádění testů. Vzorky jsou navažovány do filtračních sáčků, které jsou poté zataveny na svářečce fólií a vloženy do inkubačních nádob s technologickým roztokem. Stanovení je charakterizováno tzv. dávkovým zpracováním všech vzorků současně a odstraněním filtračního kroku. Tím je celý proces stanovení výrazně zjednodušen. Řízená komora Daisy<sup>II</sup> zajišťuje konstantní teplotu a prohřátí inkubačních nádob, většinou na teplotu 39,5 °C, včetně promíchávání. Přístroj je na takové technologické úrovni, že dokáže eliminovat většinu případných nepříznivých vlivů obsluhy. Výsledky jsou tak plně reprodukovatelné i při jejím střídání [57, 59, 60].

### 4.3 Stanovení stravitelnosti metodou NIRS

Princip fungování NIRS (Near Infra Red Spectroscopy) analýsy je v tom, že vyšetřovaný vzorek se prosvítí krátkými vlnami červeného záření a určitá část vln tohoto záření se odrazí od vyšetřovaného vzorku zpět a vytvoří určité spektrum vln infračerveného záření typické pro daný vyšetřovaný vzorek. Toto spektrum se nám zaznamená v přístroji NIRS analyzátoru a počítačový software potom porovná získané spektrum záření se spektrem (kalibrací) uloženým v paměti NIRS analyzátoru, a vybere z paměti nejpodobnější (nejlépe identické spektrum) se spektrem získaným prosvícením vyšetřovaného vzorku. Poté nastává poslední fáze vyšetření, a to převod spektra typického pro daný vzorek z křivek záření do jednotlivých čísel analýsy (sušina, dusíkaté látky, vláknina, lipidy, aminokyseliny, energetická hodnota aj.). Celý proces trvá 2 až 3 minuty a právě rychlost stanovení a levnost jsou nejdůležitějšími důvody, proč jsou do pozadí odsouvány klasické chemické analytické metody [61].

### 4.4 Stanovení stravitelnosti klasickou metodou

Klasická metoda patří mezi metody *in vivo* a slouží ke stanovení stravitelnosti organických živin z krmiva u zvířat. Obecně u metod *in vivo* platí, že čím víc zvířat je k pokusu využito, tím přesnější a věrohodnější jsou výsledky [62].

V bilančním období se denně zaznamenává spotřeba krmiv a evidují se případné nedožerky či krmivo vyházené z krmítka. Dále se kvantitativně shromažďují výkaly a odebírají se z nich vzorky pro analýsy. Vzorky pro analýsu by měly být čerstvé nebo je potřeba je zmrazit či jinak konzervovat, aby ztráty živin během uchovávání vzorků byly co nejnižší [62].



#### 4.5 Stanovení stravitelnosti indikátorovou metodou

Indikátorová metoda také patří mezi metody *in vivo* a umožňuje stanovení koeficientů stravitelnosti bez nutnosti přesného měření spotřeby krmiva a množství vyloučených výkalů. Využití indikátorů navíc umožňuje stanovení rychlosti degradace a pasáže jednotlivých frakcí krmiv v trávicím traktu pokusných zvířat [63].

Indikátor je látka nestravitelná v trávicím traktu zvířat, je tedy veškerý vyloučen ve výkalech. Využívají se buď indikátory přirozeně přítomné v krmivu (např. lignin) anebo záměrně přidané, tzv. externí indikátory (např. oxid titaničitý, oxid chromitý). Na základě rozdílu koncentrace indikátoru v krmivu a ve výkalech lze spočítat poměr mezi množstvím krmiv přijatých zvířetem a množstvím výkalů, tedy jaké množství výkalů se vytvořilo z hmotnostní jednotky krmiva [62, 63].

#### 4.6 Stanovení stravitelnosti metodou *in situ*

Metoda *in situ* umožňuje stanovení stravitelnosti v jednotlivých úsecích trávicího traktu, např. v batoru. Tato metoda využívá pokusných zvířat, jimž je chirurgicky zavedena batorová kanyla, která umožňuje trvalé spojení batoru s povrchem těla. Přes kanylu se do batoru zavedou põesní sáčky se vzorky krmiv a po určité době se v něm inkubují. Nejčastěji se využívají nylonové sáčky. Standardní množství vzorku pro *in situ* je 5 g na jeden sáček. Po inkubaci se sáčky vyperou, zváží a zjistí se úbytek živin [62, 64].

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 5 CÍL PRÁCE

Hlavním cílem práce bylo stanovit stravitelnost sušiny a organické hmoty ve vybraných genotypech jakonu metodou *in vitro*, s použitím inkubátoru Daisy po enzymové hydrolyse *pepsinem*, *pankreatinem* a kombinací *pepsin-pankreatin*. Úkolem bylo zjistit vliv genotypů a daných enzymů na hodnotu stravitelnosti jak sušiny, tak organické hmoty. K tomuto účelu bylo dále nutno stanovit obsah sušiny a popela.

## 6 METODIKA PRÁCE

### 6.1 Charakteristika vzorků

Rostlinný materiál byl získán od Institutu tropů a subtropů (Česká zemědělská univerzita v Praze) v roce 2011 [65]. Plodiny byly pěstovány na pokusném poli ITS ČZU v Praze. Primární centrum původu jsou ve všech případech Andy. Sběr materiálu započal v roce 1993 a kolekce jakonu je neustále doplňována. V práci bylo použito celkem dvacet pět genotypů jakonu (Tab. 4), ty byly zdokumentovány a ve formě fotografií zařazeny do přílohy (P I).

Tab. 4 Kódy a charakteristiky zpracovaných genotypů jakonu [65]

Kód vzorku	Původ	Barva dužniny	Barva pokožky kořenových hlíz	Hmotnost stonkových hlíz (kg)
PER 5	Peru	žlutavá	krémová	0,73±0,58
PER 10	Peru	žlutavá	krémová	0,76±0,57
PER 15/20	Peru	bílá	purpurová	1,53±0,27
PER 25	Peru	bílá	purpurová	0,62±0,48
PER 30	Peru	bílá	purpurová	1,06±0,51
PER 40	Peru	bílá	purpurová	1,21±0,39
PER 45	Peru	žlutavá	krémová	1,01±0,32
PER 50	Peru	bílá	purpurová	0,83±0,22
PER 55	Peru	žlutá	krémová	0,92±0,24
PER 60	Peru	žlutavá	krémová	0,62±0,21
PER 65	Peru	žlutavá	krémová	1,06±0,23
PER 70	Peru	bílá	purpurová	1,36±0,31
PER 75	Peru	bílá	krémová	1,51±0,40
PER 90	Peru	žlutavá	krémová	0,87±0,16
NZL I	Ekvádor	žlutá	krémová	0,99±0,31
NZL II	Ekvádor	bílá	purpurová	1,87±0,48
BOL	Bolívie	bílá	purpurová	1,59±0,45
DEU	Ekvádor	bílá	krémová	1,74±0,11
ECU	Ekvádor	bílá	purpurová	1,67±0,52
YANA 40	Bolívie	žlutá	krémová	0,40±0,08
PV 60	Ekvádor	žlutá	krémová	0,97±0,22
POLY 3	Ekvádor	žlutá	krémová	1,47±0,35
BELGIE MORADO	Bolívie	žlutavá	krémová	1,03±0,27
LOCOTAL MORADO	Bolívie	purpurová	purpurová	0,88±0,18
LOCOTAL ŽLUTÝ	Bolívie	žlutá	krémová	0,54±0,13

Přehled krajových genotypů jakonu udržovaných na ITS ČZU v Praze k roku 2004:

- **Nový Zéland** (stonkové hlízy zakoupeny v Aucklandu, do ČR introdukován v roce 1993; značení 'NZL I' a 'NZL II').
- **Německo** (genetický materiál získán ve formě mladých rostlin z botanické zahrady Stückerborstel, v ČR pěstován od roku 1994; značení 'DEU').
- **Ekvádor** (genetický materiál introdukován do ČR v roce 1994; značení 'ECU').
- **Bolívie** (stonkové hlízy odebrány přímo na přirozeném stanovišti v oblasti San Pedro, sever kraje Potosí, v ČR se pěstuje od roku 1995; značení 'BOL').

### 6.1.1 Pěstování jakonu v polních podmínkách

Pokusná pole ITS ČZU v Praze se nacházejí v nadmořské výšce 286 m n. m. (souřadnice 50°05' s. š., 14°27' v. d.). Průměrná denní teplota v průběhu vegetace byla 15 °C, úhrn srážek 322,3 mm a trvání slunečního svitu 1189,7 h. Půda byla hnojena kompostem (30 t/ha) sedm měsíců před výsadbou. Průměrná délka vegetace činila 171 dnů [65].

Polyploidní rostliny a kontrolní genotyp ('NZL I') byly v polních podmínkách pěstovány v letech 2006, 2007 a 2008. Sadbový materiál (v roce 2006 rostlinky ze skleníku, v letech 2007 a 2008 části stonkových hlíz) byl na pole vysazen počátkem května do hrůbků ve sponu 0,70 x 0,70 m. V průběhu vegetace bylo prováděno 2x plečkování (první měsíc od výsadby a druhé dva měsíce po výsadbě) za účelem odplevelení porostu a nahrnutí hrůbků. Porost jakonu byl průběžně rovnoměrně zavlažován [65].

Sklizeň byla prováděna před příchodem podzimních mrazíků (počátek října) a stonkové hlízy byly přes zimu uskladněny v rašelině ve skleníku (průměrné zimní teploty pod 10°C) [65].

## 6.2 Chemická analýza

### 6.2.1 Stanovení vlhkosti

Do předem zvážené plastové misky bylo vloženo 190 g, s přesností na 10 mg, nastrohaného a promíchaného vzorku daného genotypu. Poté byla miska se vzorkem zvážena a dána do sušárny (Venticell, BMT) předeřháté na teplotu 65 °C po dobu, kdy výsledná vlhkost byla asi 10%. Poté byly misky vyndány a nechány zhruba 1 hodinu volně

vychladnout. Předsušený vzorek byl podrcen tak, aby prošel oky v sítu o velikosti 1 mm. Podrcené vzorky byly dále použity k dosušení a stanovení konečné vlhkosti [66].

Do vysušené předem zvážené hliníkové misky s víčkem byly naváženy 3 – 4 g, s přesností na 1 mg, podrceného předsušeného vzorku. Následně byla miska vložena do sušárny při 103 °C. Vzorek byl sušen do konstantní hmotnosti, kdy rozdíl mezi dvěma váženími nebyl více než 0,1 % vlhkosti. Po vychladnutí byla miska opět zvážena [66].

Obsah vlhkosti a sušiny byl vypočten podle vztahů (6.1 a 6.2)

$$X_p = \left[ \frac{(m_2 - m_0) \times m_1}{m_2} + m - m_1 \right] \times \frac{100}{m} = 100 \times \left( 1 - \frac{m_1 \times m_0}{m \times m_2} \right) \quad (6.1)$$

$$S = 100 - X_p \quad (6.2)$$

kde:  $X_p$  ... obsah vlhkosti s předsoušením (%)

$S$  ..... obsah sušiny (%)

$m$  .... počáteční hmotnost zkoušeného vzorku (g)

$m_1$  ... hmotnost zkoušeného vzorku po předsoušení (g)

$m_2$  ... hmotnost zkoušeného vzorku po rozmělnění (g)

$m_0$  ... hmotnost sušeného zkoušeného vzorku (g)

Výsledkem stanovení byl aritmetický průměr výsledků tří souběžně provedených stanovení.

### 6.2.2 Stanovení popela

Do předem vyžíhaného a zváženého porcelánového kelímku byly naváženy 2 – 3 g vzorku s přesností na 1 mg. Poté byl kelímek vložen do elektrické muflové pece (018 LP, Elektrické pece Svoboda) a spalován po dobu 5,5 hodin při teplotě 550 °C. Po dokonalém spálení byl kelímek vyndán z pece a vložen do exsikátoru, kde byl ponechán zhruba 45 minut. Po vychladnutí byl zvážen na analytických vahách (Explorer Pro model EP 214 CM, Ohaus) [66].

Obsah popela v sušeném vzorku byl vypočten podle vztahu (6.3)

$$P = \frac{m_1 - m_2}{m_0} \times 100 \quad (6.3)$$

kde: P .... obsah popela v sušeném vzorku (%)

$m_0$  ... hmotnost navážky sušeného vzorku (g)

$m_1$  ... hmotnost kelímku se vzorkem po spálení (g)

$m_2$  ... hmotnost prázdného vyžíhaného kelímku (g)

Obsah popela v čerstvé hmotě byl vypočten podle vztahu (6.4)

$$P_h = \frac{m_1 - m_2}{m} \times 100 \quad (6.4)$$

kde:  $P_h$  ... obsah popela v čerstvé hmotě (%)

$m_1$  ... hmotnost kelímku se vzorkem po spálení (g)

$m_2$  ... hmotnost prázdného vyžíhaného kelímku (g)

$m$  .... hmotnost navážky sušeného vzorku přepočtené na čerstvou hmotu (g)

Výsledkem stanovení byl aritmetický průměr výsledků tří souběžně provedených stanovení.

### 6.3 Stanovení stravitelnosti

Principem stanovení stravitelnosti sušiny a organické hmoty *in vitro* byla enzymatická hydrolysa vzorků *pepsinem* a *pankreatinem* s použitím přístroje ANKOM Daisy<sup>II</sup> Inkubator. Použitím této metody byly simulovány podmínky působení trávicích enzymů na potraviny v lidském těle. Pro stanovení stravitelnosti byla použita prováděcí metodika: Stanovení stravitelnosti sušiny a organické hmoty *pepsin-celulázovou* metodou užitím Daisy inkubátoru [67].

### 6.3.1 Hydrolysa *pepsinem*

Do filtračních sáčků (F 57, ANKOM Technology), které byly předem vyprány v acetonu, vysušeny a zváženy, bylo naváženo 0,25 g sušeného vzorku. Sáčky byly zataveny (impulsní svářečka, Penta) a spolu se zataveným prázdným sáčkem, který sloužil pro výpočet korekce, byly umístěny do inkubačních lahví. Do každé láhve bylo přidáno 1,7 l 0,1 M HCl, která byla předem vytemperována na 40 °C. Do každé inkubační láhve byly přidány 3 g *pepsinu* (Merk KgaA). Láhve byly poté vloženy do inkubátoru a inkubovány 24 hodin. Po skočení inkubace byly láhve umístěny na 30 minut do sušárny při teplotě 80 °C za účelem odstranění škrobu. Poté byl roztok z lahví slit a vzorky byly několikrát propláchnuty destilovanou vodou. Přebytečná voda byla ze sáčků odstraněna pomocí filtračního papíru. Sáčky byly vysušeny v sušárně při 103 °C po dobu 24 hodin, umístěny do exsikátoru a zváženy. Poté byly spáleny v muflové peci při 550 °C po dobu 5,5 hodin a po zchladnutí opět zváženy [67].

### 6.3.2 Hydrolysa *pankreatinem*

*Pankreatin* je tvořen třemi enzymy: *proteasou*, *lipasou* (*triglycerolhydrolasa*) a *amylasou* ( $\alpha$ -*glykosidasa*).

Do předem zvážených a v acetonu vypraných filtračních sáčků bylo naváženo 0,25 g vzorku. Jako inkubační roztok byl použit fosfátový pufr o hodnotě pH 7,45. Ten byl připraven smícháním  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  ( $9,078 \text{ g}\cdot\text{l}^{-1}$ ) a  $\text{NaHPO}_4\cdot 12 \text{ H}_2\text{O}$  ( $23,889 \text{ g}\cdot\text{l}^{-1}$ ) od firmy Lachema v poměru 2:8. Do inkubačních lahví se zatavenými sáčky bylo přidáno 1,7 l inkubačního roztoku předem vytemperovaného na 40 °C a 3 g *pankreatinu* (Merk KgaA). Po 24hodinové inkubaci byly sáčky promyty destilovanou vodou a přebytečná voda byla odstraněna filtračním papírem. Nakonec byly sáčky vysušeny v sušárně při 103 °C po dobu 24 hodin, umístěny do exsikátoru a zváženy. Poté byly spáleny v muflové peci při 550 °C po dobu 5,5 hodin a po zchladnutí opět zváženy [67].

### 6.3.3 Kombinovaná hydrolysa *pepsinem* a *pankreatinem*

Stravitelnost byla stanovena také kombinovanou hydrolysou působením dvou enzymů *pepsinu* a *pankreatinu*. Při hydrolyse použitím *pepsinu* bylo postupováno dle kapitoly 6.4.1. Po skončení 24 hodinové inkubace byly vzorky propláchnuty destilovanou vodou a do inkubačních lahví bylo přidáno 1,7 l fosfátového pufru a 3 g *pankreatinu*.



Inkubace probíhala dalších 24 hodin a poté bylo postupováno dle předchozího postupu [67].

### 6.3.4 Výpočet stravitelnosti

Hodnoty stravitelnosti byly pro všechny typy hydrolysy vypočteny dle vztahů (6.5) až (6.8)

*Stravitelnost sušiny (DMD):*

$$DMD = 100 - \frac{100 \times DMR}{m_2 \times DM} \quad (6.5)$$

$$DMR = m_3 - (m_1 \times c_1) \quad (6.6)$$

*Stravitelnost organické hmoty (OMD):*

$$OMD = 100 - \frac{100 \times (DMR - AR)}{m_2 \times DM \times OM} \quad (6.7)$$

$$AR = m_4 - (m_1 \times c_2) \quad (6.8)$$

kde: DMD ... stravitelnost sušiny vzorku (%)

OMD ... stravitelnost organické hmoty vzorku (%)

DMR .... hmotnost vzorku bez sáčku po inkubaci a vysušení (g)

DM ..... obsah sušiny ve vzorku (g)

OM ..... obsah organické hmoty v sušině vzorku (g)

AR ..... hmotnost popela vzorku bez sáčku (g)

$m_1$  ..... hmotnost prázdného sáčku (g)

$m_2$  ..... navážka vzorku (g)

$m_3$  ..... hmotnost vzorku a sáčku po inkubaci a vysušení (g)

$m_4$  ..... hmotnost vzorku a sáčku po inkubaci a spálení (g)

$c_1$  ..... korekce hmotnosti sáčku po inkubaci

$c_2$  ..... korekce hmotnosti sáčku po spálení

Korekce byly vypočteny dle vztahů (6.9) a (6.10)

$$c_1 = \frac{m_3}{m_1} \quad (6.9)$$

$$c_2 = \frac{m_4}{m_1} \quad (6.10)$$

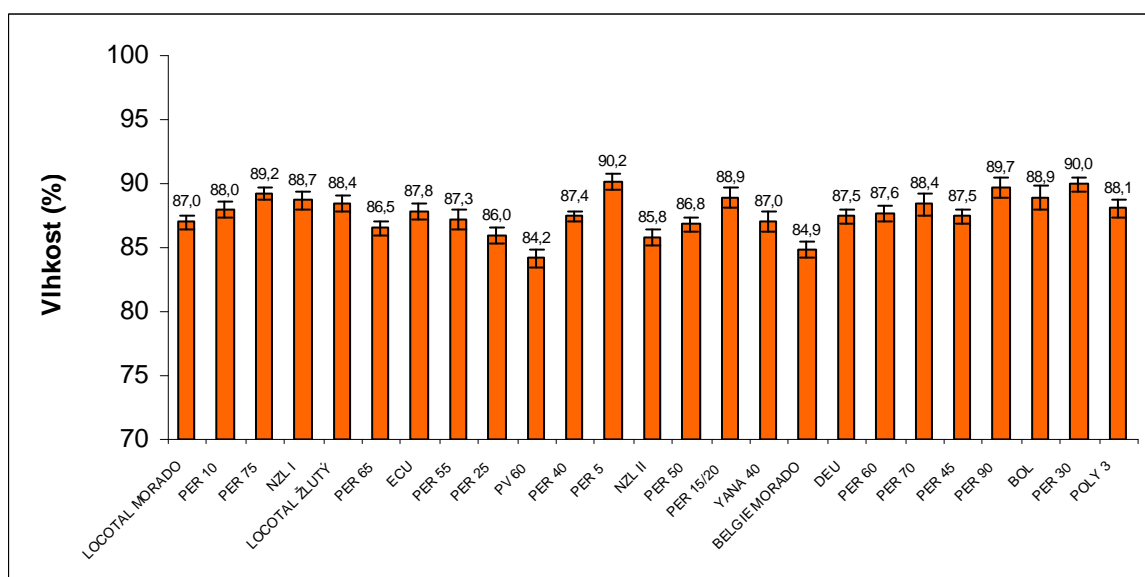
kde:  $m_3$  ... hmotnost prázdného vysušeného sáčku po inkubaci (g)

$m_4$  ... hmotnost popela prázdného sáčku (g)

## 7 VÝSLEDKY A DISKUSE

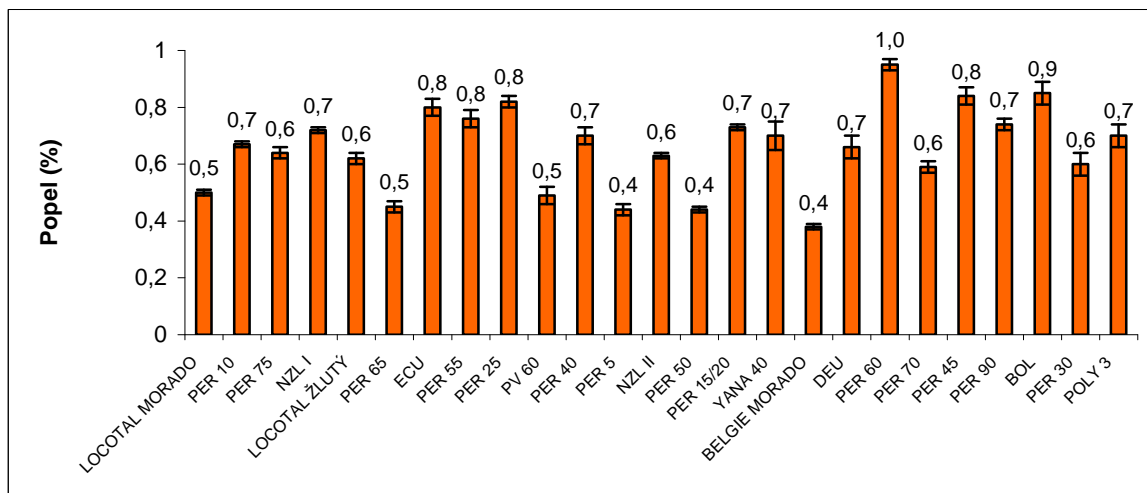
### 7.1 Výsledky stanovení vlhkosti a popela

Stanovení vlhkosti a popela u jednotlivých genotypů jakonu byly provedeny podle metod, které jsou uvedeny v kapitole 6.3. Výsledné hodnoty vlhkosti (popř. sušiny) a popela jsou uvedeny v procentech jako aritmetický průměr se směrodatnou odchylkou v příloze II. Pro přehlednost jsou výsledky uvedeny na obrázcích 20 a 21.



Obr. 20 Vliv genotypu jakonu na obsah vlhkosti (%)

Jakon patří mezi kořenovou zeleninu obsahující velké množství vody a vyznačující se šťavnatou chutí a křehkou konzistencí. Potraviny s vysokou vlhkostí je nutné skladovat v chladném a vlhkém prostředí. Během skladování se hlízy jakonu stávají sladšími a často dochází k jejich praskání, které však nemá vliv na jejich kvalitu. Zjištěné obsahy vlhkostí byly u jednotlivých vzorků v rozmezí 84,2 % až 90,2 %, přičemž nejvyšší obsah vlhkosti byl stanoven u genotypu PER 5 a nejnižší u genotypu PV 60. U jednotlivých vzorků neklesl obsah vody pod 80 %. Výsledná vlhkost zpracovaných hlíz jakonu je srovnatelná s vlhkostí většiny druhů ovoce a zeleniny v čerstvém stavu. Příkladem může být obsah vody u broskve, který činí asi 88,9 % a červeného zelí s 90,4 % vody [68].



Obr. 21 Vliv genotypu jakonu na obsah popela (%)

Jakon obsahuje velké množství minerálních látek, hlavně draslíku, vápníku a fosforu. Obsah popela v čerstvé hmotě se u jednotlivých genotypů pohyboval v rozmezí 0,4 až 1 %. Nejvyšší obsah popelovin byl stanoven u genotypu PER 60 a naopak nejnižší obsah u genotypu BELGIE MORADO. Obsah popela u analysovaných vzorků nepřekročil 1 %.

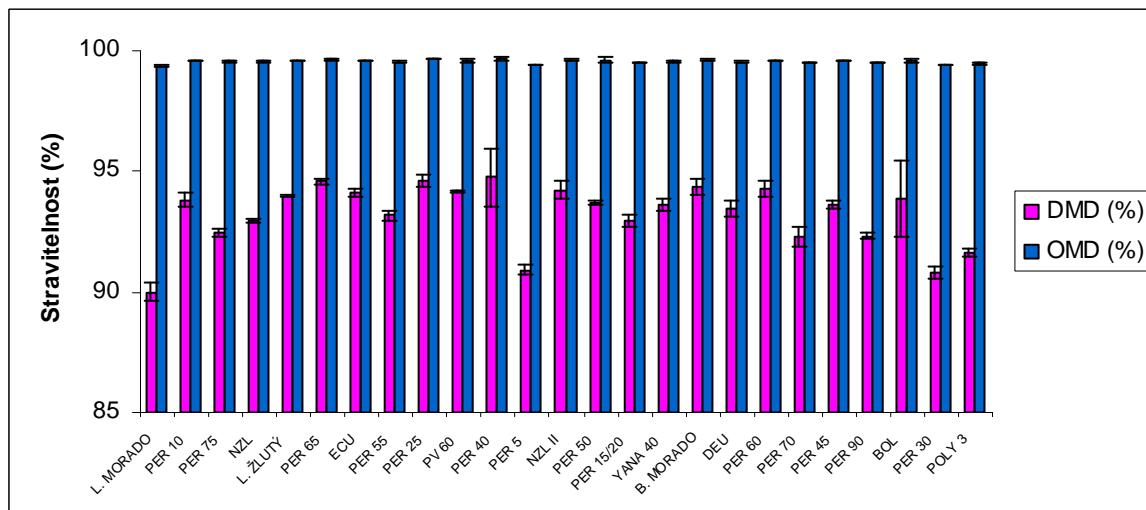
Jakon se sice řadí mezi kořenovou zeleninu, avšak svou sladkou chutí se více podobá ovoci. Při srovnání s jinými druhy ovoce a zeleniny, jako je například kedlubna, u které činí obsah minerálních látek zhruba 1,10 %, celer s obsahem 0,75 % nebo také jablko či ananas, u kterých činí obsah popela shodně 0,2 % je patrné, že hlízy jakonu jsou svým obsahem popelovin srovnatelné spíše se zeleninou [68].

## 7.2 Stanovení stravitelnosti

Stanovení stravitelnosti bylo provedeno pomocí přístroje ANKOM Daisy<sup>II</sup> Inkubator podle metody popsané v kapitole 6.4. Výsledné hodnoty jsou vyjádřeny v procentech jako stravitelnost sušiny (DMD) a stravitelnost organické hmoty (OMD).

### 7.2.1 Hydrolysa pepsinem

Výsledné hodnoty stravitelnosti zjištěné po enzymatické hydrolyse enzymem *pepsinem* jsou uvedeny v příloze III. Přehledné znázornění je uvedeno na obrázku 22.



Obr. 22 Vliv genotypu jakonu na hodnoty stravitelnosti DMD a OMD – hydrolysa pepsinem (%)

Pozn. DMD – stravitelnost sušiny, OMD – stravitelnost organické hmoty

Nejvyšší hodnoty stravitelnosti sušiny i organické hmoty byly zjištěny u genotypů PER 40 a PER 25. Nejnižší hodnoty DMD a OMD byly stanoveny u genotypů LOCOTAL MORADO a PER 30. Hodnoty DMD se pohybovaly v rozmezí 90,0 až 94,8 % a OMD v rozmezí 99,4 až 99,7 %. Největší rozdíl mezi DMD a OMD byl zjištěn u vzorku LOCOTAL MORADO, a to asi 9 %. Naopak nejmenší rozdíl u vzorku PER 40 (asi 5 %). Výsledné hodnoty OMD neklesly pod 99 %. Hodnoty stravitelnosti organické hmoty OMD byly u všech analysovaných vzorků vyšší než hodnoty stravitelnosti sušiny DMD.

Samek [69] uvádí, že hodnoty stravitelnosti DMD u sóji dosahují 79,7 % a OMD asi 85,0 %. Lze tedy konstatovat, že stravitelnost sušiny jakonu se pohybuje zhruba o 10 % výše oproti sóji. V případě stravitelnosti organické hmoty je rozdíl dokonce asi 15%. Jakon je tedy v porovnání se sójou lépe stravitelný.

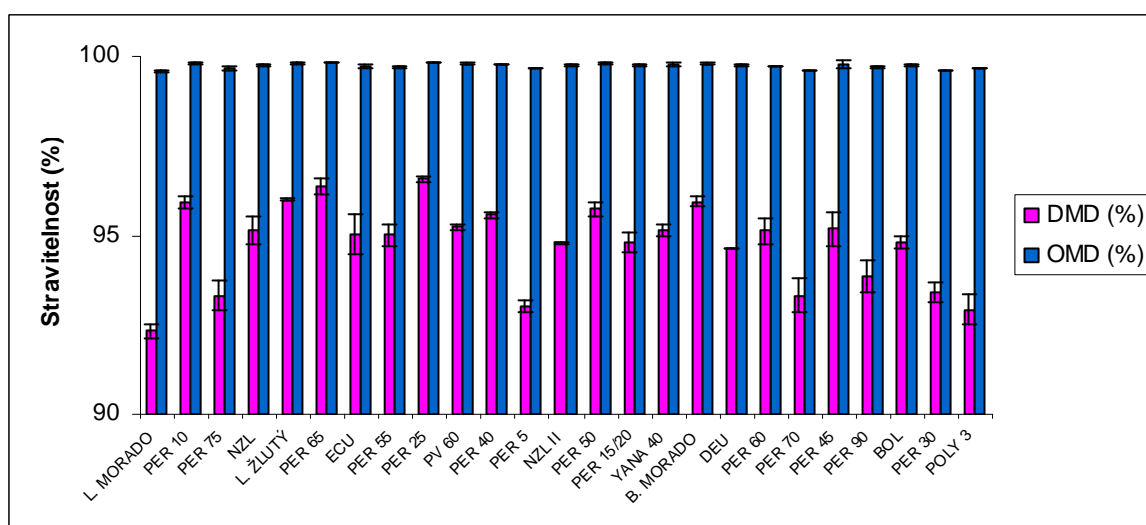
V případě srovnání výsledných hodnot stravitelnosti jakonu s kukuřicí, u které činí hodnoty DMD 60 % a OMD 66 % [59], je tedy patrný zhruba 30% rozdíl a to jak u DMD, tak i u hodnoty OMD.

Mišurcová [70] stanovila stravitelnost sušiny výrobku Spirulina Bio z modrozelené řasy *Spirulina platensis* asi 60,9% a organické hmoty 69,5%. Tyto hodnoty vykazují zhruba 30% rozdíl oproti stravitelnosti DMD a OMD jakonu. Jakon lze tedy pokládat za lépe stravitelný oproti této sladkovodní řase.

V případě hydrolysy vzorků *pepsinem* lze těchto 25 analysovaných genotypů hodnotit jako velmi dobře stravitelné.

### 7.2.2 Hydrolysa *pankreatinem*

Jelikož *pepsin* patří mezi trávicí enzymy rozkládající pouze bílkoviny, byla stravitelnost také stanovena pomocí enzymu *pankreatinu*. Výsledné hodnoty jsou pro přehlednost uvedeny na Obr. 23 a také v příloze III ve formě tabulky.



Obr. 23 Vliv genotypu jakonu na hodnoty stravitelnosti DMD a OMD – hydrolysa *pankreatinem* (%)

Pozn. DMD – stravitelnost sušiny, OMD – stravitelnost organické hmoty

Výsledné hodnoty stravitelnosti sušiny DMD se pohybovaly v rozmezí 92,3 až 96,6 % a stravitelnosti organické hmoty OMD v rozmezí 99,6 až 99,8 %. Nejnižší hodnoty DMD byly zjištěny u genotypů LOCOTAL MORADO a POLY 3 a OMD u genotypů LOCOTAL MORADO a PER 70. Nejvyšší hodnoty stravitelnosti sušiny DMD a organické hmoty OMD byly stanoveny u vzorků genotypů PER 25 a PER 65. Největší rozdíl (asi 7%) mezi DMD a OMD byl i u stanovení stravitelnosti *pankreatinem* zjištěn u vzorku LOCOTAL MORADO a nejmenší rozdíl u vzorku PER 25, a to asi 3 %. Výsledné hodnoty stravitelnosti organické hmoty OMD byly u všech analysovaných vzorků opět vyšší než hodnoty stravitelnosti sušiny DMD. Také u této analýzy se výsledné hodnoty OMD nepohybovaly pod hranicí 99 %.

I v případě výsledných hodnot DMD sóji (83,5 %) při hydrolyse *pankreatinem* je rozdíl asi 10%, hodnoty OMD sóji (88,3 %) jsou asi o 11 % menší než u jakonu. Z toho vyplývá, že jakon je lépe stravitelný i při hydrolyse *pankreatinem* než sója [69].

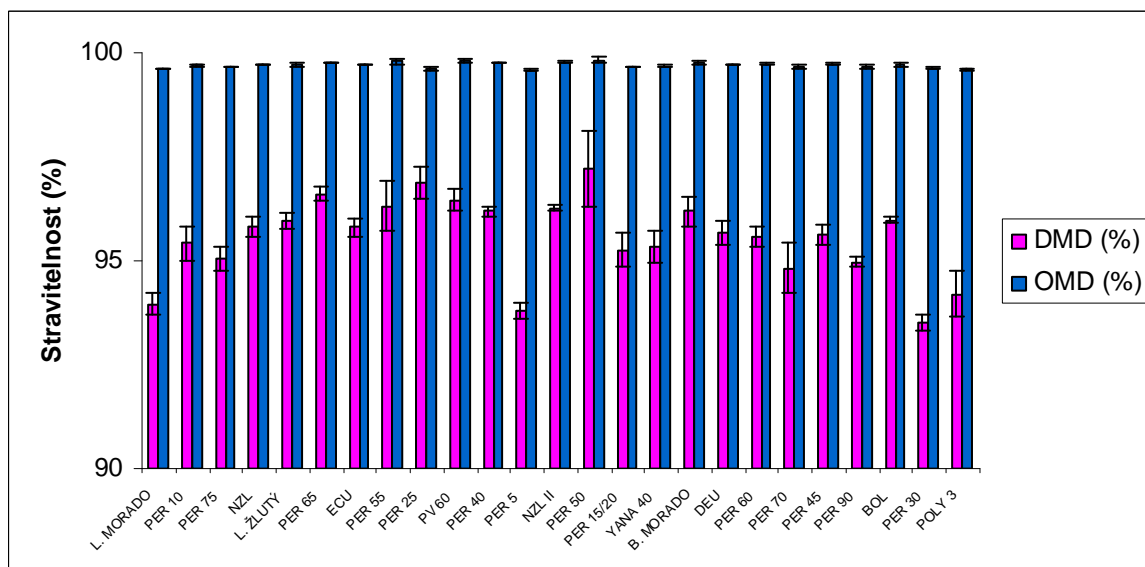
Sengee *et al.* [71] uvádí, že hodnoty stravitelnosti jablek (odrůda Jadernička) činily v případě DMD 99,3 % a u OMD téměř 100 %. Po porovnání těchto hodnot s hodnotami získanými u jakonu lze konstatovat, že stravitelnost DMD jablek je asi o 5 % nižší u jakonu. Naopak hodnota OMD je velmi blízká hodnotě OMD jablek. Lepší stravitelnost sušiny, v případě enzymu *pankreatinu*, tedy vykazuje jablko oproti jakonu.

Skýpalová [72] stanovila stravitelnost sušiny syrové rýže Parboiled rozemleté na mouku asi 95,6%, stravitelnost organické hmoty 96,5%. Tyto hodnoty jsou velice blízké hodnotám stravitelnosti jakonu, pouze u hodnoty OMD je nepatrný rozdíl 2 %. Stravitelnost jakonu je v tomto případě srovnatelná se stravitelností rýže.

I v případě stanovení stravitelnosti *pankreatinem* lze zpracované vzorky hodnotit jako velmi dobře stravitelné.

### 7.2.3 Kombinovaná hydrolysa *pepsinem* a *pankreatinem*

Stanovení stravitelnosti bylo provedeno i kombinovanou hydrolysou s použitím *pepsinu* a *pankreatinu*. Hodnoty stravitelnosti jsou uvedeny ve formě tabulky (P III) a také na Obr. 24.



Obr. 24 Vliv genotypu jakonu na hodnoty stravitelnosti DMD a OMD – kombinovaná hydrolysa pepsinem a pankreatinem (%)

Pozn. DMD – stravitelnost sušiny, OMD – stravitelnost organické hmoty

Stanovené hodnoty stravitelnosti sušiny DMD se nacházely v rozmezí 93,5 až 97,2 % a stravitelnosti organické hmoty OMD v rozmezí 99,6 až 99,8 %. Nejnížší hodnoty DMD byly zjištěny u genotypů PER 30 a PER 5 a OMD u genotypů PER 5, LOCOTAL MORADO, PER 25 a POLY 3. Nejvyšší hodnoty stravitelnosti sušiny DMD byly stanoveny u genotypů PER 50 a PER 25 a stravitelnosti organické hmoty OMD u genotypů PER 50, PER 55 a PV 60. Největší rozdíl mezi DMD a OMD byl u kombinované hydrolysy zjištěn u vzorku PER 30 asi 6 %, nejmenší rozdíl u vzorku PER 50 asi 3 %. Výsledné hodnoty stravitelnosti organické hmoty OMD byly u všech analysovaných vzorků opět vyšší než hodnoty stravitelnosti sušiny DMD. I v tomto případě se výsledné hodnoty OMD nepohybovaly pod hranicí 99 %.

Samek [69] prezentuje hodnoty stravitelnosti po hydrolyse *pepsinem* a *pankreatinem* u sóji následující: DMD činila asi 81,4 % a OMD asi 87,4 %. Po porovnání těchto hodnot s výsledky získanými po hydrolyse jakonu, lze nalézt rozdíl v obou případech o cca 13 % vyšší oproti sóji. Stravitelnost sóji je i v případě kombinované hydrolysy menší než jakonu.

Jakon zatím není v České republice příliš známý, proto porovnání s pšenicí [59], která patří mezi naše nejrozšířenější pěstované plodiny, bude jistě zajímavé. Při porovnání



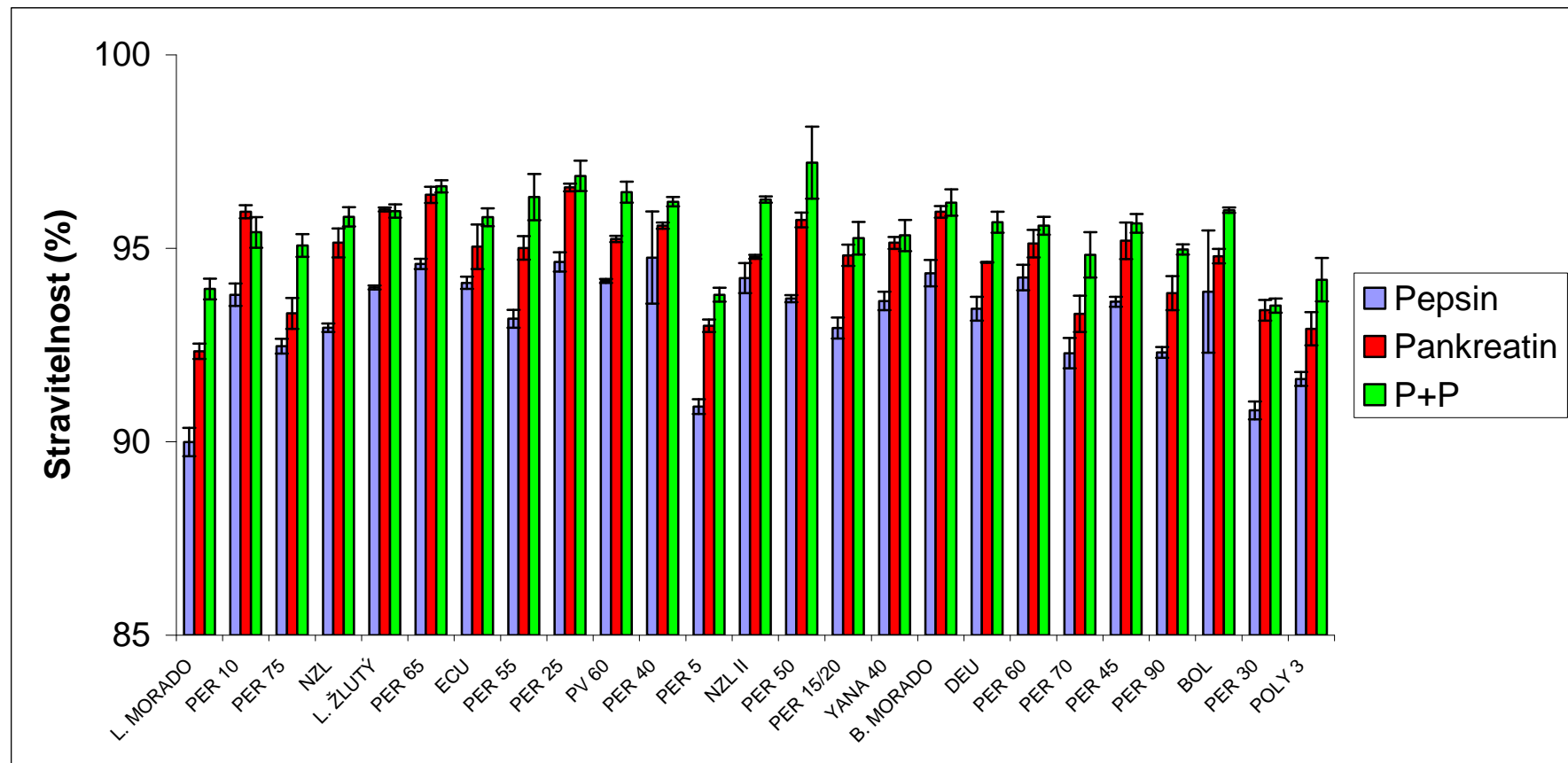
stravitelnosti pšenice a jakonu lze konstatovat, že u jakonu je vyšší v případě DMD o více jak 5 %, v případě OMD téměř o 10 %. Z těchto poznatků lze vyvodit, že stravitelnost jakonu je vyšší jak pšenice.

U stanovení stravitelnosti pomocí kombinované hydrolysy enzymy *pepsinem* a *pankreatinem* byly dle výsledných hodnot vzorky ohodnoceny jako velmi dobře stravitelné.

Na Obr. 25 a 26 jsou znázorněny hodnoty DMD a OMD ve zkoumaných vzorcích genotypů jakonu při různých způsobech hydrolysy s použitím enzymů *pepsinu*, *pankreatinu* a kombinované hydrolysy těchto dvou enzymů. Ze zjištěných výsledků vyplývá, že hodnoty DMD a OMD analysovaných vzorků závisí na použitém enzymu.

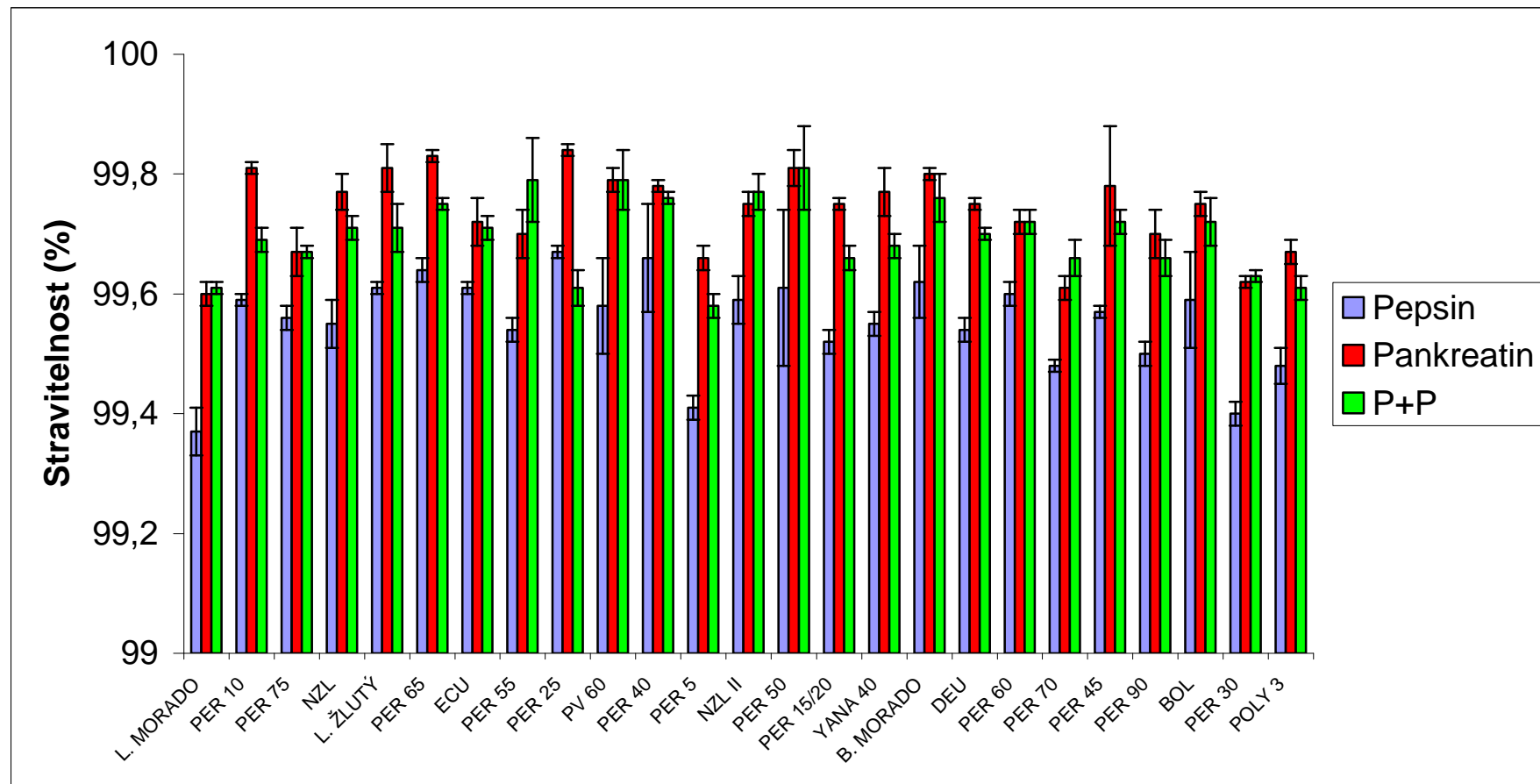
Při srovnání různého způsobu hydrolysy u jakonu lze na základě zjištěných hodnot konstatovat následující skutečnosti. U hodnot DMD bylo zjištěno, že pouze u vzorku PER 10 bylo dosaženo nejvyšší hodnoty při hydrolyse *pankreatinem*. U zbylých vzorků bylo dosaženo nejvyšší hodnoty po kombinované hydrolyse *pepsinem* a *pankreatinem*. Nejnižší hodnoty DMD byly zjištěny u všech genotypů jakonu při hydrolyse *pepsinem*. Nejvyšších hodnot OMD při hydrolyse *pankreatinem* bylo zaznamenáno u šestnácti vzorků. U genotypů PER 75, PV 60, PER 50 a PER 60 byly hodnoty OMD po stanovení *pepsinem* srovnatelné s hodnotami kombinované hydrolysy. Nejnižších hodnot stravitelnosti organické hmoty bylo opět docíleno u enzymu *pepsinu*. Výjimku tvořil pouze vzorek PER 25, u něhož byla zjištěna nejnižší hodnota OMD po kombinované hydrolyse *pepsinem* a *pankreatinem*.

Je třeba připomenout, že metody *in vitro*, které jsou finančně i časově méně náročné než metody *in vivo*, mohou být v laboratorních podmínkách přesné, avšak využití jejich poznatků v lidské výživě může mít značná omezení.



Obr. 25 Hodnoty DMD genotypů jakonu při různém způsobu hydrolysy (%)

Pozn. P+P – pepsin a pankreatin



Obr. 26 Hodnoty OMD genotypů jakonu při různém způsobu hydrolysy (%)

Pozn. P+P – pepsin a pankreatin

## ZÁVĚR

Kromě brambor a kukuřice nejsou ostatní plodiny pocházející z oblasti And v Evropě téměř známy. V Andách se pěstují převážně hlíznaté a kořenové plodiny, kdy některé jsou využívány díky svým pozitivním vlastnostem na lidský organismus v lékařství. Jakon byl po druhé světové válce oblíben a pěstován hlavně v západní Evropě (Itálie, Německo), do České republiky byl dovezen až v roce 1993, a možnost jeho pěstování byla otevřena poprvé v roce 1995.

Vzhledem k tomu, že jakon lze pěstovat v klimatických podmínkách ČR, předpokládá se, že by se potravní doplňky z této plodiny mohly využívat k prevenci a podpůrné léčbě onemocnění jako je *Diabetes mellitus*, kardiovaskulární onemocnění či v redukční dietě při snižování nadváhy.

Jakon konzumují kromě diabetiků i lidé trpící zažívacími problémy, neboť obsahuje nevstřebatelné sacharidy, které nejsou štěpeny a vstřebány v tenkém střevu. Dále jsou hlízy cenné pro svou nízkou nutriční hodnotu, vysoké množství lehce stravitelných látek, významný obsah inulinu a velkého množství minerálních látek.

Cílem této práce bylo stanovit u dvaceti pěti vzorků genotypů jakonu jejich sušinu, obsah popela a stravitelnost organické hmoty a sušiny *in vitro* pomocí *pepsinu*, *pankreatinu* a jejich kombinace.

Při stanovení sušiny bylo zjištěno, že nejvyšší obsah vykazoval genotyp PER 5 a nejnižší PV 60. Nejvyšší obsah popelovin byl stanoven u genotypu PER 60 a nejnižší u genotypu BELGIE MORADO. Celkový obsah popela nepřekročil u žádného vzorku 1 %.

Ze získaných výsledků vyplývá, že stravitelnosti organické hmoty byly ve všech případech vyšší než stravitelnosti sušiny. Nejvyšší hodnoty stravitelnosti sušiny a organické hmoty při analýze pomocí enzymu *pepsinu* byly zjištěny u genotypů PER 40 a PER 25. Nejnižší hodnoty DMD a OMD byly stanoveny u genotypů LOCOTAL MORADO a PER 30. Nejvyšší hodnoty stravitelnosti sušiny a organické hmoty při stanovení *pankreatinem* byly určeny u vzorků genotypů PER 25 a PER 65. Nejnižší hodnoty DMD byly zjištěny u genotypů LOCOTAL MORADO a POLY 3 a OMD u genotypů LOCOTAL MORADO a PER 70. Nejvyšší hodnoty stravitelnosti sušiny v případě kombinace obou enzymů byly stanoveny u genotypů PER 50 a PER 25 a stravitelnosti organické hmoty u genotypů PER 50, LOCOTAL MORADO, PER 55 a PV 60. Nejnižší hodnoty DMD byly zjištěny

u genotypů PER 30 a PER 5 a OMD u genotypů PER 5, LOCOTAL MORADO, PER 25 a POLY 3. Výsledné hodnoty OMD nebyly u žádného vzorku nižší než 99 %. Průměrné hodnoty DMD při stanovení *pepsinem* byly asi o 2 % nižší oproti stanovení *pankreatinem*, u kombinované hydrolysy činil rozdíl cca 3 %. Rozdíly u výsledných hodnot OMD byly v porovnání u všech tří stanovení nepatrné. Nejvyšších hodnot stravitelnosti sušiny bylo dosaženo po kombinované hydrolyse *pepsinem* a *pankreatinem*. Nejnižší hodnoty DMD byly zjištěny u všech genotypů jakonu při hydrolyse *pepsinem*. U šestnácti vzorků byly zaznamenány nejvyšší hodnoty organické hmoty po hydrolyse *pankreatinem*. Nejnižší hodnoty OMD byly opět zjištěny po použití enzymu *pepsinu*.

Po porovnání jakonu s vybranými potravinami lze konstatovat, že jakon vykazuje lepší stravitelnost oproti výše srovnávaným surovinám.

Ze stanovených výsledků je možné tvrdit, že hlízy jakonu jsou pro lidský organismus velmi dobře stravitelné.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] FLORES, H. E., WALKER, T. S., BAIS, H. P., VIVANCO, J. M. Andean Root and Tuber Crops: Underground Rainbows. *HortScience*, 2003, s. 161 – 167.
- [2] FLORES, H. E., FLORES, T. Biochemistry of plant storage. *Recent Advances in Phytochemistry*, 1997, s. 113 – 132.
- [3] National Research Council, 1989, Lost Crops of the Incas: Little-Known Plants of the Andes with Promise for Worldwide Cultivation. *National Academy Press*, Washington, D. C. s. 1 – 123.
- [4] *Agricultural Research Service*. Dr. Duke's phytochemical and ethnobotanical database [online]. [cit. 2011-10-19]. Dostupný z WWW: <http://www.ars-grin.gov/duke>.
- [5] HIND, N . Tropaeolaceae: 688, 689. *Tropaeolum tuberosum*. *Curtis's Botanical Magazine* . 2010, 27, s. 301 – 313.
- [6] CADIMS, X. *El isaño (Tropaeolum tuberosum R&P) : avances en la investigación de un cultivo subutilizado*. Cochabamba : Fundación PROINPA [u.a.], 2003. 49 p.
- [7] VAN HOUTTE, L. *Flore des serres et des jardins de l'Europe*. Brussels : Gand, 1849. 310 p.
- [8] CAMOS, D. *et al.* Antioxidant capacity and secondary metabolites in four species of Andean tuber crops: native potato (*Solanum* sp.), mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón), Oca (*Oxalis tuberosa* Molina) and ulluco (*Ullucus tuberosus* Caldas) . *Journal of the Science of Food and Agriculture* . 2006, 86, s.
- [9] Biogeography of the *Oxalis tuberosa* alliance, *The Botanical Review*, 2002, 68, s. 128 – 152.
- [10] MALICE, M. *et al.* A preliminary study of the genetic diversity of Bolivian oca (*Oxalis tuberosa* Mol.) varieties maintained in situ and ex situ through the utilization of ISSR molecular markers. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 2007, 54, s. 685 – 690.
- [11] KING, S. R., GERSHOFF, S. N. Nutritional evaluation of three underexploited andean tubers: *Oxalis tuberosa* (Oxalidaceae), *Ullucus tuberosus* (Basellaceae), and

- Tropaeolum tuberosum (Tropaeolaceae). *Economic Botany*, 1987 41, s. 503 – 511.
- 41.
- [12] UBC Botanical Garden and Centre for Plant Research [online]. 2008 [cit. 2011-10-19]. Botany Photo of the Day . Dostupné z WWW: <[http://www.botanicalgarden.ubc.ca/potd/2008/05/oxalis\\_tuberosa.php](http://www.botanicalgarden.ubc.ca/potd/2008/05/oxalis_tuberosa.php)>.
- [13] PINO-FIGUEROA, A. Neuroprotective effects of *Lepidium meyenii* (Maca). *Wiley InterScience Journals*. 2010, 1199, s. 77 – 85.
- [14] RUIZ-LUNA, A. C. *et al.* *Lepidium meyenii* (Maca) increases litter size in normal adult female mice. *Reproductive Biology and Endocrinology*, 2005, 3, s. 16.
- [15] VALENTOVÁ, K., FRČEK, J., ULRICHOVÁ, J. JAKON (*Smallanthus sonchifolius*) A MAKA (*Lepidium meyenii*), Tradiční andské plodiny jako nové funkční potraviny na evropském trhu. *Chemické Listy*. 2001, č. 95, s. 594 – 601.
- [16] *Biorenesance.cz* [online]. 2009 [cit. 2011-10-21]. Maca organic. Dostupné z WWW: <<http://www.biorenesance.cz/biorenesance/eshop/97-1-MAKA-HORSKA-MACA/0/5/1475-MACA-ORGANIC-250G-SANTA-NATURA>>.
- [17] PARRA-QUIJANO, M. *et al.* Diversity of *Ullucus tuberosus* (Basellaceae) in the Colombian Andes and notes on ulluco domestication based on morphological and molecular data. 2011. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 2011. DOI 10.1007/s10722-011-9667-8
- [18] HUNT, E. *Flickr from Yahoo* [online]. 2011 [cit. 2011-10-21]. *Ullucus tuberosus*. Dostupné z WWW: <<http://www.flickr.com/photos/ericinsf/137199899/>>.
- [19] *Zoom's Edible Plants* [online]. 2010 [cit. 2011-10-21]. Achira and Arracacha. Dostupné z WWW: <<http://zoom50.wordpress.com/2010/11/29/lost-crops-of-the-incas/>>.
- [20] VIVANCO, J. M., FLORES, H. E. . Biosynthesis of ribosome-inactivating proteins from callus and cell suspension cultures of *Mirabilis expansa* (Ruiz & Pavon). *Plant Cell Reports*, 1999, 19, s. 1033 – 1039.
- [21] *Homegrown Goodness* [online]. 2009 [cit. 2011-10-21]. Mauka (*Mirabilis expansa*). Dostupné z WWW:

- <<http://alanbishop.proboards.com/index.cgi?board=others&action=display&thread=2074>>.
- [22] FERNÁNDEZ, E. *et al.* *Netradiční plodiny pro diabetiky*. Praha : Grada Publishing a.s., 2010. 80 s.
- [23] *Yacon* [online]. 2010 [cit. 2011-10-22]. Grow what you can. Dostupné z WWW: <<http://www.growwhatyoucan.co.uk/yacon/yacon.html>>.
- [24] Yacon, a new source of prebiotic oligosaccharides with a history of safe use. *Trends in Food Science & Technology*. 2011, 22, s. 40 – 46.
- [25] HERNÁNDEZ, J. E., LEÓN, J. *Neglected crops 1492 from a different perspective*. Spain : Botanical Garden of Cordoba , 1992. Plant genetic resources of the new world, s. 1 – 39. ISBN 92-5-103217-3.
- [26] *Subtropické zahradnictví Kruh* [online]. 2008 [cit. 2011-10-22]. Návody na pěstování. Dostupné z WWW: <[http://www.zahradnictvikruh.cz/upload\\_files/zahradnictvi-kruh-navody-na-pestovani.pdf](http://www.zahradnictvikruh.cz/upload_files/zahradnictvi-kruh-navody-na-pestovani.pdf)>.
- [27] *Our Happy Acres* [online]. 2009 [cit. 2011-10-22]. I Dig Yacon. Dostupné z WWW: <<http://www.ourhappyacres.com/2009/11/i-dig-yacon/>>.
- [28] VOLKOVÁ, J. Jakon - nová kořenová zelenina. *Farmář*. 1999, č. 4, s. 21.
- [29] *Picasa* [online]. 2011 [cit. 2011-10-22]. Yacon. Dostupné z WWW: <<http://picasaweb.google.com/orrflo/Yacon#5539863359749222210>>.
- [30] *StuartXchange* [online]. 2008 [cit. 2011-10-22]. Yacon. Dostupné z WWW: <<http://www.stuartxchange.org/Yacon.html>>.
- [31] *Root Crop Research and Ruminations* [online]. 2010 [cit. 2011-10-22]. You Can With a Yacon. Dostupné z WWW: <<http://radix4roots.blogspot.com/2010/02/you-can-with-yacon.html>>.
- [32] GOTO, K. *et al.* Isolation and structural analysis of oligosaccharides from yacon (*Polymnia sonchifolia*). *Bioscience Biotechnology Biochemistry*. 1995.



- [33] LACHMAN, J., FERNÁNDEZ C. E., ORSÁK M. Chemické složení a využití jakonu. [Smallanthus sonchifolius (POEPP.ET ENDL.) H. ROBINSON]. In *I. mezinárodní seminář "Andské plodiny" v České republice. 12. května 2003.* Praha: KTSP ITSZ ČZU, 2003, s. 55 – 65. ISBN 80-213-1040-5
- [34] VIEHMANNOVÁ, I. *et al.* Obsah fruktooligosacharidů v produktech organicky pěstovaného jakonu. *Sborník z konference "Ekologické zemědělství 2007"*. 2007, s. 204 – 205.
- [35] ITAYA, N. M., DE CARVALHO, M. A. M., FIGUEIREDO-RIBEIRO, R. D. L. Fructosyl transferase and hydrolase activities in rhizophores and tuberous roots upon growth of *Polymnia sonchifolia* (Asteraceae). *Physiology Plant.* 2002, č. 116.
- [36] FUKAI, K. *et al.* Seasonal fluctuations in fructans content and related activities in yacon (*Polymnia sonchifolia*). *Soil Science Plant Nutrition.* 1997.
- [37] HERMANN, M., FREIRE, I., PAZOS, C. Compositional diversity of the yacon storage root. *CIP Program Report 1997-1998.* 1998.
- [38] YOSHIDA, M. *et al.* Oxygenation of bisphenol A to quinones by polyphenol oxidase in vegetables. *J. Agricultural. Food Chemistry.* 2002.
- [39] Growth Characteristics of Yacon according to Growing Days. *Agriculture and Life Sciences Research.* 2001, 32, s. 26.
- [40] FRČEK, J., VEJVODOVÁ, K. Jakon : Nové ovoce i zelenina pro diabetiky. *Zahradkář.* 1996, č. 6, s. 46 – 47.
- [41] KITTNAR, O. *et al.* *Lékařská fyziologie.* Praha : Grada Publishing a.s., 2011. 790 s. ISBN 8024730685.
- [42] LANGMEIER, M. *et al.* *Základy lékařské fyziologie.* Praha: Grada Publishing a.s., 2009, 320 s. ISBN 8024725266.
- [43] ČERMÁK, B. *Výživa člověka.* České Budějovice : Jihočeská univerzita, 2002. 224 s. ISBN 8070405767.
- [44] MERKUNOVÁ, A., OREL, M. *Anatomie a fyziologie člověka.* Praha : Grada Publishing a.s., 2008. 302 s. ISBN 978-80-247-1521-6.

- [45] *Fyziologie výživy* [online]. 2011 [cit. 2011-11-30]. Trávicí soustava člověka. Dostupné z WWW: <<http://vladahadrava.xf.cz/fiziologie.html>>.
- [46] GANONG, W. F. *Přehled lékařské fyziologie*. Praha: Galén, 2005, 890 s. ISBN 8072623117.
- [47] DAVÍDEK, J., VELÍŠEK, J. *Analýza potravin*. Praha : Ediční středisko VŠCHT, 1992. 122 s. ISBN 8070801638.
- [48] HOMOLKA, P., PLUHAŘOVÁ, H., HLADKÁ, V. Nová metoda v provozu: Nové možnosti stanovení stravitelnosti krmiv. *Zemědělec*. 1995, 5, s. 10.
- [49] SARWAR, G., MCDONOUGH, F. E. Evaluation of protein digestibility corrected amino acids score method for assessing protein quality of foods. *Journal Association of Official Analytical Chemists*, 1990, 73, s. 347 – 356.
- [50] FAO. *Recent developments in protein quality evaluation* [online]. Food, Nutrition and Agriculture, 2/3 - Nutrient Requirements. c1991. [cit. 2010- 29-07]. Dostupné z: <http://www.fao.org/docrep/U5900T/U5900T07.HTM>
- [51] PÁNEK, J., POKORNÝ, J., DOSTÁLOVÁ, J., KOHOUT, P. *Základy výživy*. 1. vyd. Praha: Svoboda servis. 2002. 68 s. ISBN 80-86320-23-5.
- [52] KIES, C. Bioavailability: A factor in Protein Quality. *Journal of Food Chemistry*, 1981, 29, s. 440–447.
- [53] WROLSTAD, R. E., DECKER, E. A., SCHWARTZ, S. J., SPORNS, P. *Handbook of Food Analytical Chemistry, Water, Proteins, Enzymes, Lipids, and Carbohydrates*. Handbook of Food Analytical Chemistry. [online]. Wiley-IEEE, 2005, c2010. [cit. 2010-30-07]. Dostupné z: <http://www .books.google.cz>. ISBN 0-471-72187-5.
- [54] WHO. *Protein digestibility and absorption: Effects of fibre, and the extent of individual variation* [online]. Report of a Joint WHO/FAO/UNU Expert Consultation on Energy and Proteins requirements. c1981. [cit. 2010-02-08]. Dostupné z: <http://www.fao.org/DOCREP/MEETING/004/M2836E/M2836E00.HTM>.

- [55] KINGMAN, S. M., ENGLYST, H. N. The influence of food preparation methods on the in-vitro digestibility of starch in potatoes. *Food Chemistry*, 1994, 49, s. 181 – 186.
- [56] BIRD, A. R., BROWN, I. L., TOPPING, D. L. Starches, resistant starches, the gut microflora and human health. *Molecular Biology*, 2000, s. 25 – 37.
- [57] Effect of bag type on the apparent digestibility of feeds in ANKOM Daisy II incubators. *Animal Feed Science and Technology*. 2005, 119, s. 333 – 344.
- [58] ANKOM Technology [online]. 2010 [cit. 2011-11-29]. Daisy Incubator. Dostupné z WWW: <<http://www.ankom.com/product/daisy-ii-incubator,-120v-domestic.aspx>>.
- [59] MACHALA, P. *Vliv obsahu vlákniny na stravitelnost cereálií a pseudosereálií*. Zlín, 2009. 75 s. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně.
- [60] EARING, J. E. *et al.* Comparison of in vitro digestibility estimates using the DaisyII incubator with in vivo digestibility estimates in horses . *Journal of Animal Science*. 2010, 88, s. 3954 – 63.
- [61] SIESLER, H. W. *et al.* *Near-Infrared Spectroscopy: Principles, Instruments, Applications*. Germany : Wiley-VCH, 2002. 361 s. ISBN 3527301496.
- [62] ZELENKA, J. Stanovení stravitelnosti živin. *Výživa a krmení hospodářských zvířat*. Praha: Profi Press, 2006.
- [63] ZELENKA, J. Přednášky. In Syllabus. *Výživa a krmení přežvýkavců*. MZLU, 2006.
- [64] TŘINÁCTÝ, J. *et al.* Comparison of apparent and true digestibility of nutrients determined in dairy cows either by the nylon capsule or in vivo method. *Czech Journal of Animal Science*. 2005, 50, č. 9, s. 402 – 410.
- [65] *Institut tropů a subtropů* [online]. [cit. 2012-04-21]. Dostupné z: <http://www.its.czu.cz/cs/>
- [66] COMMISSION REGULATION (EC) No 152/2009 of January 17, 2009 laying down the methods of sampling and analysis for the official kontrol feed.
- [67] TŘINÁCTÝ, J. *Prováděcí metodika: Stanovení stravitelnosti sušiny a organické hmoty pepsin-celulázovou metodou užitím Daisy inkubátoru*. 2006

- [68] USDA (2010). *Composition of Foods Raw, Processed, Prepared. USDA National Nutrient Database for Standard Reference. Release 23*. U.S. Department of Agriculture, Beltsville.
- [69] SAMEK, D. *Vliv kuchyňské úpravy na stravitelnost sójových produktů*. Zlín, 2009. 102 s. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně.
- [70] MIŠURCOVÁ, L. *Nové nutriční aspekty a využití mořských a sladkovodních řas ve výživě člověka*. Zlín, 2008. 120 s. Disertační práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně.
- [71] SENGE, Z. *et al.* In Vitro Digestibility of Apples and Quinces.
- [72] SKÝPALOVÁ, J. *Stanovení vybraných chemických parametrů rýže v průběhu skladování a její stravitelnost*. Zlín, 2010. 78 s. Diplomová práce.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

ČR	Česká republika
ČZU	Česká zemědělská univerzita
DMD	stravitelnost sušiny
GF	fruktan inulinového typu
GIT	gastrointestinální trakt
ITT	Institut tropů a subtropů
ks	kus
n. m.	nadmořská výška
NIRS	Near Infra Red Spectroscopy
NMR	nukleární magnetická rezonance
OMD	stravitelnost organické hmoty
P+P	<i>pepsin a pankreatin</i>

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obr. 1 <i>Tropaeolum tuberosum</i> .....	12
Obr. 2 <i>Oxalis tuberosa</i> .....	13
Obr. 3 <i>Lepidium meyenii</i> .....	14
Obr. 4 <i>Ullucus tuberosus</i> .....	15
Obr. 5 <i>Canna edulis</i> .....	16
Obr. 6 <i>Mirabilis expansa</i> .....	16
Obr. 7 <i>Smallanthus sonchifolius</i> – rostlina .....	17
Obr. 8 Mapa původního výskytu jakonu .....	18
Obr. 9 <i>Smallanthus sonchifolius</i> – hlízy .....	19
Obr. 10 <i>Smallanthus sonchifolius</i> .....	20
Obr. 11 <i>Smallanthus sonchifolius</i> – květ .....	21
Obr. 12 <i>Smallanthus sonchifolius</i> – plod .....	22
Obr. 13 Chemická struktura hlavních tří fruktooligosacharidů (GF <sub>2</sub> – GF <sub>4</sub> ) .....	23
Obr. 14 Chlorogenová kyselina .....	25
Obr. 15 Protiplísňové fytoalexiny obsažené v jakonových hlízách .....	25
Obr. 16 Trávicí soustava .....	32
Obr. 18 Trávení a vstřebávání lipidů .....	35
Obr. 19 Daisy inkubátor .....	39
Obr. 20 Vliv genotypu jakonu na obsah vlhkosti (%).....	51
Obr. 21 Vliv genotypu jakonu na obsah popela (%).....	52
Obr. 22 Vliv genotypu jakonu na hodnoty stravitelnosti DMD a OMD - hydrolysa <i>pepsinem</i> (%) .....	53
Obr. 23 Vliv genotypu jakonu na hodnoty stravitelnosti DMD a OMD - hydrolysa <i>pankreatinem</i> (%).....	54

---

Obr. 24 Vliv genotypu jakonu na hodnoty stravitelnosti DMD a OMD – kombinovaná hydrolysa <i>pepsinem</i> a <i>pankreatinem</i> (%) .....	56
Obr. 25 Hodnoty DMD genotypů jakonu při různém způsobu hydrolysy (%) .....	58
Obr. 26 Hodnoty OMD genotypů jakonu při různém způsobu hydrolysy (%) .....	59

**SEZNAM TABULEK**

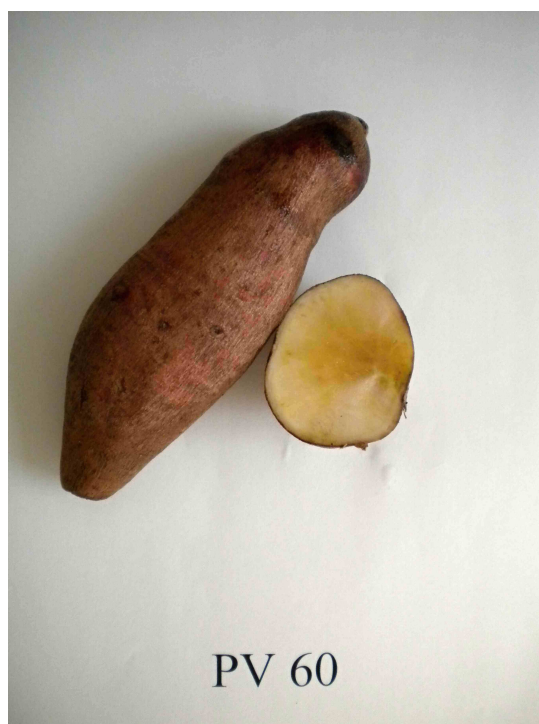
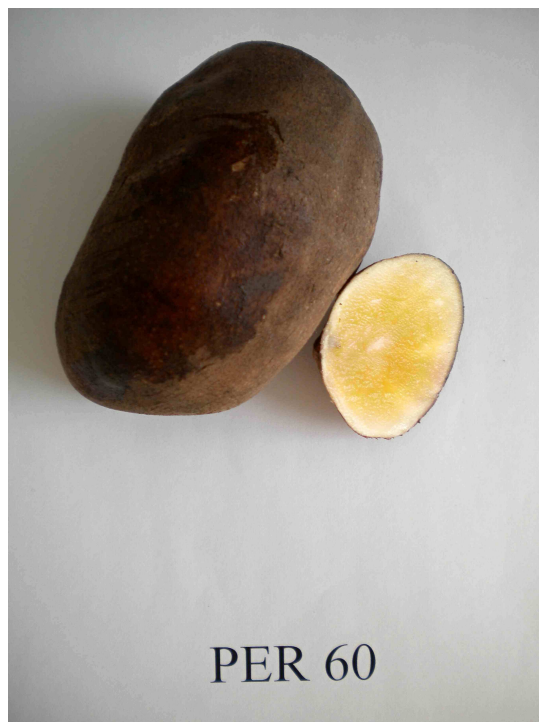
Tab. 1 Nutriční hodnoty plodin (ppm v sušině).....	11
Tab. 2 Chemické složení hlíz jakonu (v %) .....	22
Tab. 3 Obsah sacharidů v hlízách jakonu .....	24
Tab. 4 Kódy a charakteristiky zpracovaných genotypů jakonu .....	44
Tab. 5 Obsah vlhkosti, sušiny a popela v hlízách jakonu (v %) .....	81
Tab. 6 Hodnoty stravitelnosti hydrolysy <i>pepsinem</i> (v %) .....	82
Tab. 7 Hodnoty stravitelnosti hydrolysy <i>pankreatinem</i> (v %) .....	83
Tab. 8 Hodnoty stravitelnosti kombinované hydrolysy (v %) .....	84

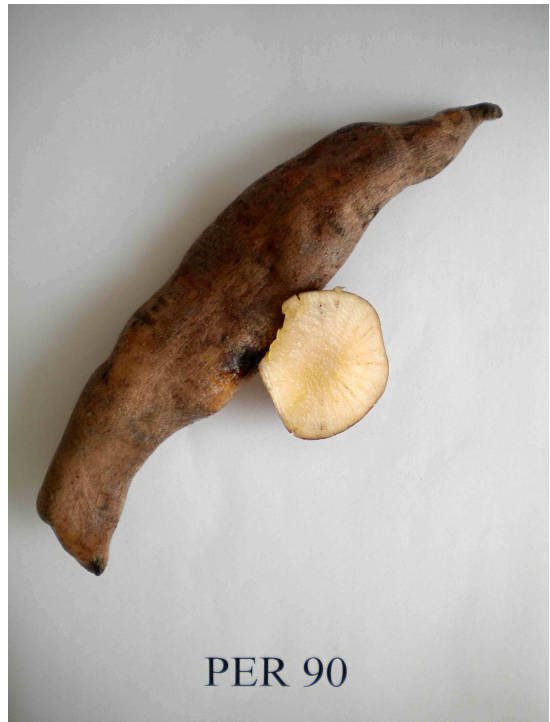
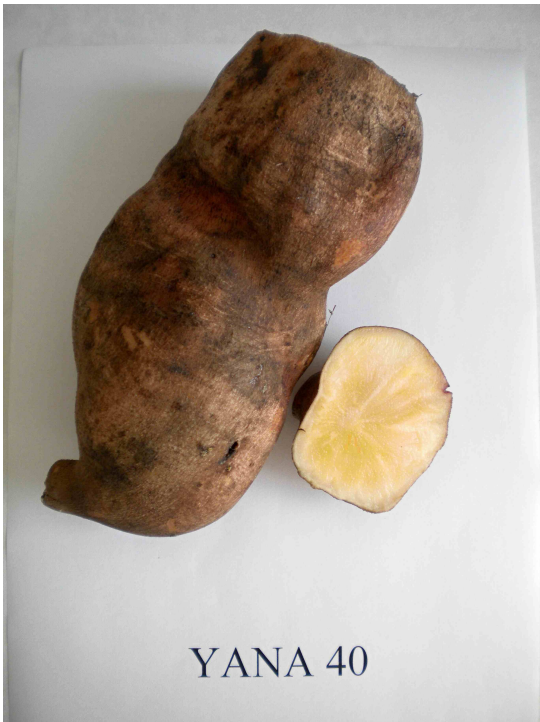
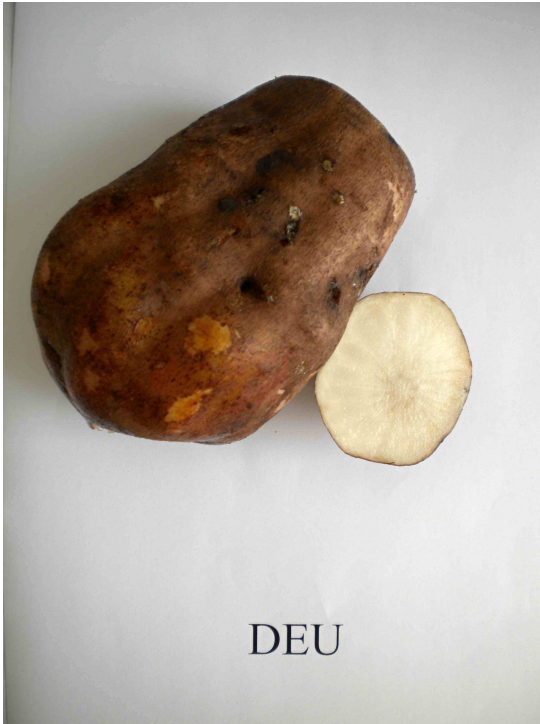


## SEZNAM PŘÍLOH

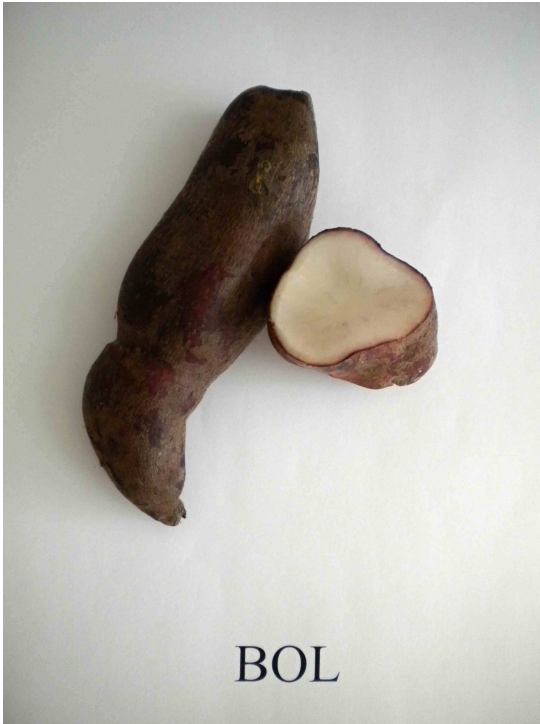
- P I Fotografie analysovaných genotypů jakonu
- P II Tabulka hodnot vlhkosti, sušiny a popela
- P III Tabulky hodnot stravitelnosti

**PŘÍLOHA P I: FOTOGRAFIE ANALYZOVANÝCH VZORKŮ  
JAKONU**





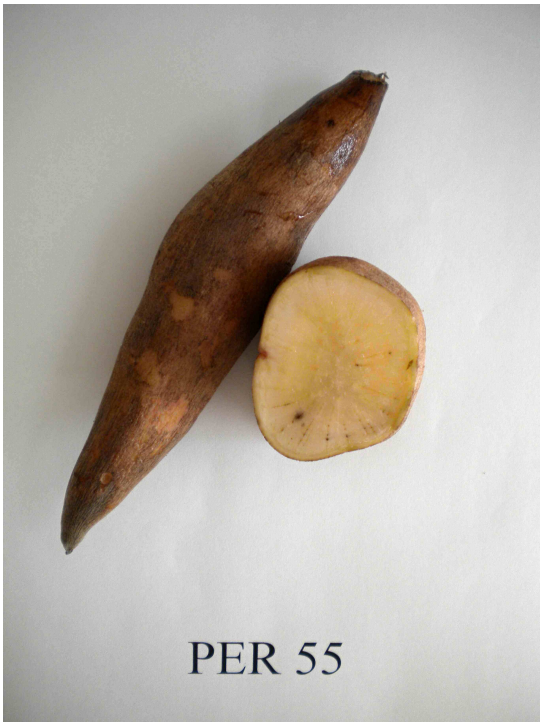




BOL



PER 5



PER 55



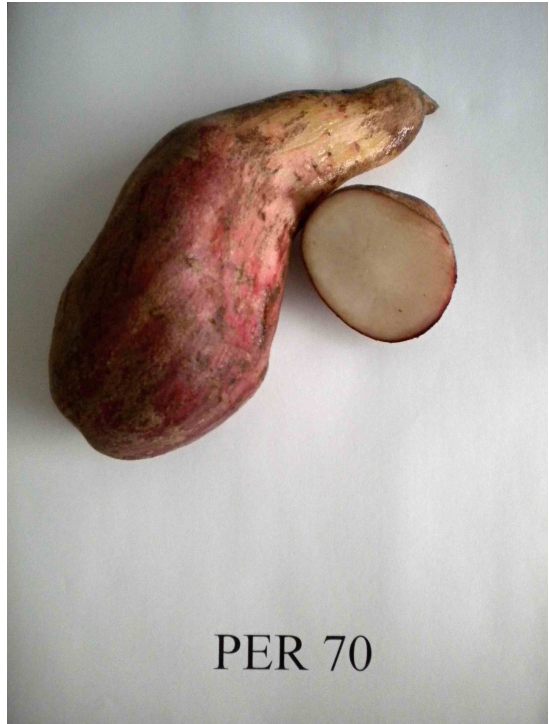
PER 30







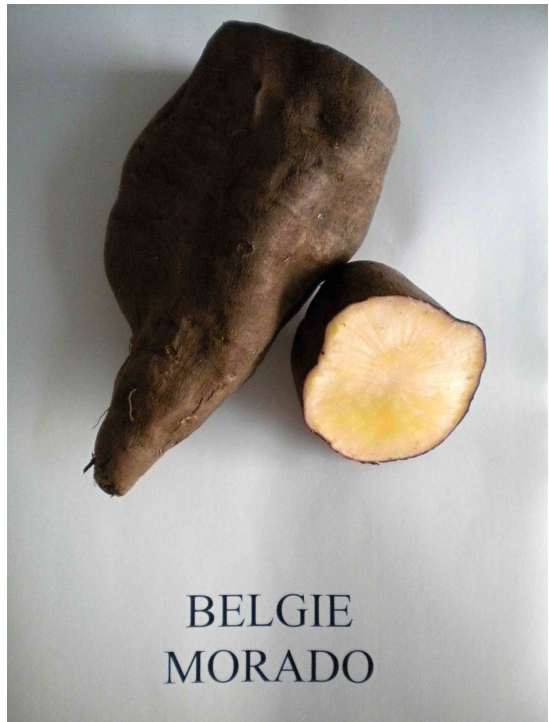
ECU



PER 70



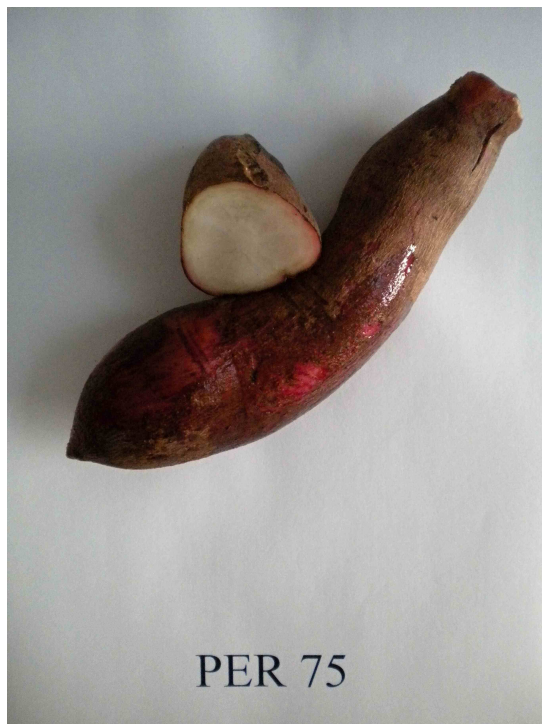
PER 65



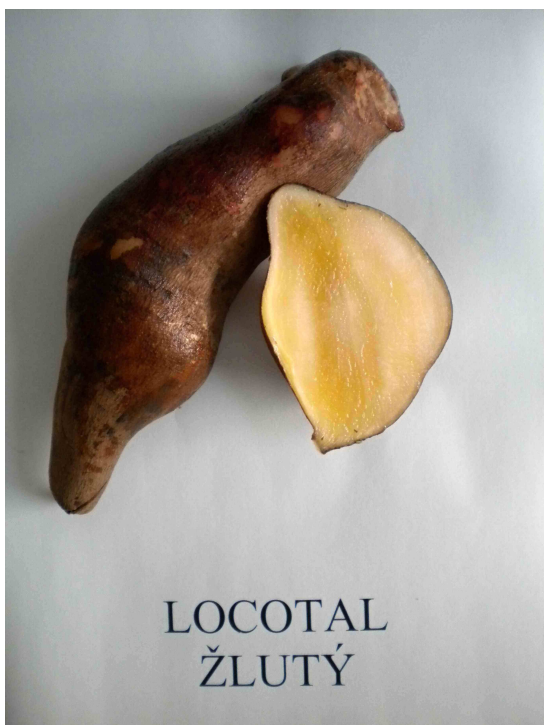
BELGIE  
MORADO



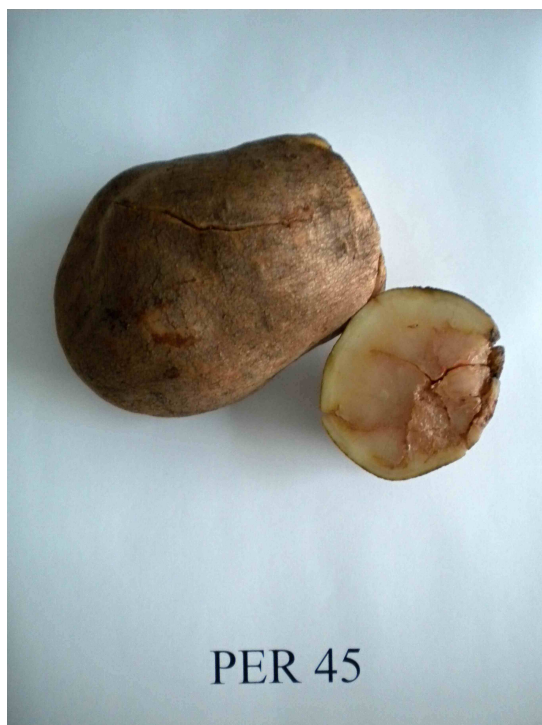
NZL



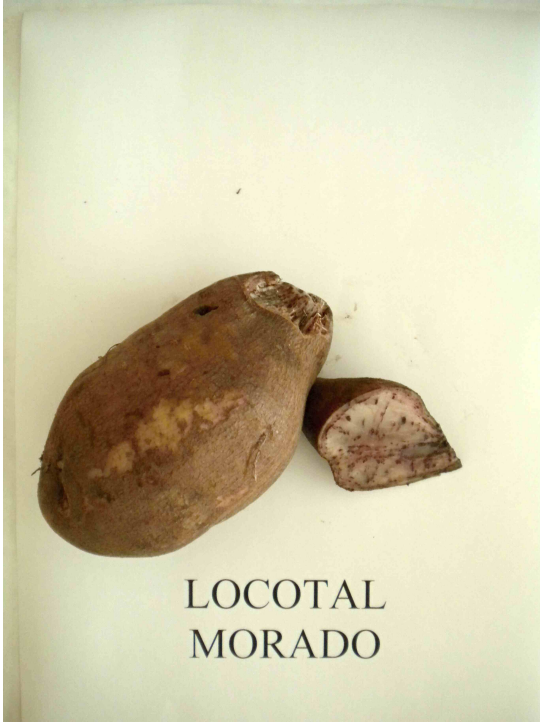
PER 75



LOCOTAL  
ŽLUTÝ



PER 45



LOCOTAL  
MORADO



## Příloha P II: TABULKA HODNOT VLHKOSTI, SUŠINY A POPELA

Tab. 5 Obsah vlhkosti, sušiny a popela v hlízách jakonu (v %)

<b>Genotyp</b>	<b>Vlhkost</b>	<b>Sušina</b>	<b>Popel</b>
<b>LOCOTAL MORADO</b>	86,97 ± 0,56	13,03 ± 0,56	0,50 ± 0,01
<b>PER 10</b>	88,00 ± 0,67	12,00 ± 0,67	0,67 ± 0,01
<b>PER 75</b>	89,23 ± 0,48	10,77 ± 0,48	0,64 ± 0,02
<b>NZL I</b>	88,69 ± 0,65	11,31 ± 0,65	0,72 ± 0,01
<b>LOCOTAL ŽLUTÝ</b>	88,37 ± 0,63	11,63 ± 0,63	0,62 ± 0,02
<b>PER 65</b>	86,50 ± 0,57	13,50 ± 0,57	0,45 ± 0,02
<b>ECU</b>	87,77 ± 0,59	12,23 ± 0,59	0,80 ± 0,03
<b>PER 55</b>	87,25 ± 0,78	12,75 ± 0,78	0,76 ± 0,03
<b>PER 25</b>	86,00 ± 0,62	14,00 ± 0,62	0,82 ± 0,02
<b>PV 60</b>	84,19 ± 0,71	15,81 ± 0,71	0,49 ± 0,03
<b>PER 40</b>	87,43 ± 0,43	12,57 ± 0,43	0,70 ± 0,03
<b>PER 5</b>	90,15 ± 0,67	9,85 ± 0,67	0,44 ± 0,02
<b>NZL II</b>	85,76 ± 0,64	14,24 ± 0,64	0,63 ± 0,01
<b>PER 50</b>	86,82 ± 0,59	13,18 ± 0,59	0,44 ± 0,01
<b>PER 15/20</b>	88,91 ± 0,80	11,09 ± 0,80	0,73 ± 0,01
<b>YANA 40</b>	86,98 ± 0,76	13,02 ± 0,76	0,70 ± 0,05
<b>BELGIE MORADO</b>	84,89 ± 0,60	15,11 ± 0,60	0,38 ± 0,01
<b>DEU</b>	87,47 ± 0,53	12,53 ± 0,53	0,66 ± 0,04
<b>PER 60</b>	87,64 ± 0,65	12,36 ± 0,65	0,95 ± 0,02
<b>PER 70</b>	88,36 ± 0,79	11,64 ± 0,79	0,59 ± 0,02
<b>PER 45</b>	87,46 ± 0,58	12,54 ± 0,58	0,84 ± 0,03
<b>PER 90</b>	89,73 ± 0,78	10,27 ± 0,78	0,74 ± 0,02
<b>BOL</b>	88,90 ± 0,87	11,10 ± 0,87	0,85 ± 0,04
<b>PER 30</b>	89,98 ± 0,56	10,02 ± 0,56	0,60 ± 0,04
<b>POLY 3</b>	88,05 ± 0,64	11,95 ± 0,64	0,70 ± 0,04

Pozn.: výsledky jsou uvedeny jako průměr ± směrodatná odchylka

## Příloha P III: TABULKY HODNOT STRAVITELNOSTI

Tab. 6 Hodnoty stravitelnosti hydrolysy *pepsinem* (v %)

<b>Genotyp</b>	<b>DMD</b>	<b>OMD</b>
<b>LOCOTAL MORADO</b>	89,99 ± 0,37	99,37 ± 0,04
<b>PER 10</b>	93,80 ± 0,29	99,59 ± 0,01
<b>PER 75</b>	92,47 ± 0,19	99,56 ± 0,02
<b>NZL</b>	92,95 ± 0,11	99,55 ± 0,04
<b>LOCOTAL ŽLUTÝ</b>	93,99 ± 0,05	99,61 ± 0,01
<b>PER 65</b>	94,60 ± 0,13	99,64 ± 0,02
<b>ECU</b>	94,11 ± 0,16	99,61 ± 0,01
<b>PER 55</b>	93,18 ± 0,23	99,54 ± 0,02
<b>PER 25</b>	94,65 ± 0,25	99,67 ± 0,01
<b>PV 60</b>	94,16 ± 0,05	99,58 ± 0,08
<b>PER 40</b>	94,76 ± 1,19	99,66 ± 0,09
<b>PER 5</b>	90,91 ± 0,19	99,41 ± 0,02
<b>NZL II</b>	94,23 ± 0,39	99,59 ± 0,04
<b>PER 50</b>	93,70 ± 0,09	99,61 ± 0,13
<b>PER 15/20</b>	92,94 ± 0,27	99,52 ± 0,02
<b>YANA 40</b>	93,64 ± 0,24	99,55 ± 0,02
<b>BELGIE MORADO</b>	94,36 ± 0,34	99,62 ± 0,06
<b>DEU</b>	93,44 ± 0,31	99,54 ± 0,02
<b>PER 60</b>	94,25 ± 0,33	99,60 ± 0,02
<b>PER 70</b>	92,29 ± 0,39	99,48 ± 0,01
<b>PER 45</b>	93,62 ± 0,13	99,57 ± 0,01
<b>PER 90</b>	92,31 ± 0,14	99,50 ± 0,02
<b>BOL</b>	93,88 ± 1,58	99,59 ± 0,08
<b>PER 30</b>	90,81 ± 0,23	99,40 ± 0,02
<b>POLY 3</b>	91,62 ± 0,18	99,48 ± 0,03

Pozn.: výsledky jsou uvedeny jako průměr ± směrodatná odchylka

Tab. 7 Hodnoty stravitelnosti hydrolysy *pankreatinem* (v %)

<b>Genotyp</b>	<b>DMD</b>	<b>OMD</b>
<b>LOCOTAL MORADO</b>	92,34 ± 0,20	99,60 ± 0,02
<b>PER 10</b>	95,94 ± 0,17	99,81 ± 0,01
<b>PER 75</b>	93,32 ± 0,40	99,67 ± 0,04
<b>NZL</b>	95,14 ± 0,37	99,77 ± 0,03
<b>LOCOTAL ŽLUTÝ</b>	96,00 ± 0,05	99,81 ± 0,04
<b>PER 65</b>	96,38 ± 0,21	99,83 ± 0,01
<b>ECU</b>	95,04 ± 0,57	99,72 ± 0,04
<b>PER 55</b>	95,01 ± 0,30	99,70 ± 0,04
<b>PER 25</b>	96,57 ± 0,10	99,84 ± 0,01
<b>PV 60</b>	95,24 ± 0,08	99,79 ± 0,02
<b>PER 40</b>	95,58 ± 0,08	99,78 ± 0,01
<b>PER 5</b>	93,00 ± 0,16	99,66 ± 0,02
<b>NZL II</b>	94,78 ± 0,05	99,75 ± 0,02
<b>PER 50</b>	95,73 ± 0,19	99,81 ± 0,03
<b>PER 15/20</b>	94,82 ± 0,27	99,75 ± 0,01
<b>YANA 40</b>	95,14 ± 0,15	99,77 ± 0,04
<b>BELGIE MORADO</b>	95,94 ± 0,15	99,80 ± 0,01
<b>DEU</b>	94,64 ± 0,01	99,75 ± 0,01
<b>PER 60</b>	95,12 ± 0,35	99,72 ± 0,02
<b>PER 70</b>	93,31 ± 0,47	99,61 ± 0,02
<b>PER 45</b>	95,19 ± 0,47	99,78 ± 0,10
<b>PER 90</b>	93,84 ± 0,44	99,70 ± 0,04
<b>BOL</b>	94,80 ± 0,19	99,75 ± 0,02
<b>PER 30</b>	93,40 ± 0,27	99,62 ± 0,01
<b>POLY 3</b>	92,92 ± 0,43	99,67 ± 0,02

Pozn.: výsledky jsou uvedeny jako průměr ± směrodatná odchylka

Tab. 8 Hodnoty stravitelnosti kombinované hydrolysy (v %)

<b>Genotyp</b>	<b>DMD</b>	<b>OMD</b>
<b>LOCOTAL MORADO</b>	93,95 ± 0,27	99,61 ± 0,01
<b>PER 10</b>	95,41 ± 0,39	99,69 ± 0,02
<b>PER 75</b>	95,07 ± 0,29	99,67 ± 0,01
<b>NZL</b>	95,81 ± 0,25	99,71 ± 0,02
<b>LOCOTAL ŽLUTÝ</b>	95,96 ± 0,17	99,71 ± 0,04
<b>PER 65</b>	96,60 ± 0,16	99,75 ± 0,01
<b>ECU</b>	95,80 ± 0,23	99,71 ± 0,02
<b>PER 55</b>	96,32 ± 0,60	99,79 ± 0,07
<b>PER 25</b>	96,87 ± 0,39	99,61 ± 0,03
<b>PV 60</b>	96,45 ± 0,27	99,79 ± 0,05
<b>PER 40</b>	96,20 ± 0,12	99,76 ± 0,01
<b>PER 5</b>	93,80 ± 0,18	99,58 ± 0,02
<b>NZL II</b>	96,26 ± 0,08	99,77 ± 0,03
<b>PER 50</b>	97,21 ± 0,93	99,81 ± 0,07
<b>PER 15/20</b>	95,26 ± 0,42	99,66 ± 0,02
<b>YANA 40</b>	95,33 ± 0,40	99,68 ± 0,02
<b>BELGIE MORADO</b>	96,18 ± 0,34	99,76 ± 0,04
<b>DEU</b>	95,67 ± 0,27	99,70 ± 0,01
<b>PER 60</b>	95,58 ± 0,23	99,72 ± 0,02
<b>PER 70</b>	94,83 ± 0,58	99,66 ± 0,03
<b>PER 45</b>	95,64 ± 0,24	99,72 ± 0,02
<b>PER 90</b>	94,97 ± 0,13	99,66 ± 0,03
<b>BOL</b>	95,98 ± 0,07	99,72 ± 0,04
<b>PER 30</b>	93,52 ± 0,18	99,63 ± 0,01
<b>POLY 3</b>	94,19 ± 0,56	99,61 ± 0,02

Pozn.: výsledky jsou uvedeny jako průměr ± směrodatná odchylka