

Vliv klíčení a vaření na stravitelnost a obsah vlákniny v čočce

Bc. Irena Zamcová

Diplomová práce
2014



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav analýzy a chemie potravin

akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Irena Zamcová**
Osobní číslo: **T12585**
Studijní program: **N2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie, hygiena a ekonomika výroby potravin**
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Vliv klíčení a vaření na stravitelnost a obsah vlákniny v čočce.**

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

1. Luštění, jejich chemické složení, zpracování a význam ve výživě
2. Čočka, charakteristika vybraných druhů, chemické složení
3. Vlákna a její druhy, význam vlákniny ve výživě
4. Trávicí soustava, trávení základních živin, účinky trávicích enzymů

II. Praktická část

1. Stanovení sušiny a popela u vybraných druhů čočky v syrovém, vařeném a naklíčeném stavu
 2. Stanovení hrubé a neutrálně detergentní vlákniny u vybraných druhů čočky v syrovém, vařeném a naklíčeném stavu
 3. Stanovení stravitelnosti u vybraných druhů čočky v syrovém, vařeném a naklíčeném stavu
 4. Statistické vyhodnocení a diskuze výsledků
-

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

1. VELÍŠEK, Jan a Karel CEJPEK. Biosynthesis of Food Components. Tábor: OSSIS, 2008. ISBN 978-80-86659-12-1.
2. SOUČEK, M., J. VORLÍČEK, J. ŠPINAR, P. SVAČINA a kol. Vnitřní lékařství. 1. vyd., Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-2110-1.
3. CHLOUPEK, O., PROCHÁZKOVÁ, B., HRUDOVÁ, E. Pěstování a kvalita rostlin. MZLU v Brně: 2005. ISBN 80-7157-897-5.
4. YU, Liangli, Rong TSAO a Fereidoon SHAHIDI. Cereals and pulses: nutraceutical properties and health benefits. Ames, Iowa: Wiley-Blackwell, 2012. ISBN 978-1-118-22941-5.
5. CANDELA, M., I. ASTIARASAN a J. BELLO. Cooking and Warm-Holding: Effect on General Composition and Amino Acids of Kidney Beans (*Phaseolus vulgaris*), Chickpeas (*Cicer arietinum*) and Lentils (*Lens culinaris*). *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 1997, roč. 45, č. 12, s. 4763-4767. ISSN 1520-5118.
6. RULZ, R. G., Keith R. P., A. E. ARTHUR, M. E. ROSE, M. J. C. RHODES a R. G. FENWICK. Effect of Soaking and Cooking on the Saponin Content and Composition of Chickpeas (*Cicer artietinum*) and Lentils (*Lens culinaris*). *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 1996, roč. 44, č. 6, s. 1526-1530. ISSN 1520-5118.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Zuzana Bubelová, Ph.D.**
Ústav technologie potravin


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

Termín odevzdání diplomové práce: **2. května 2014**

Ve Zlíně dne 10. února 2014


doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan




Ing. Jiří Mlček, Ph.D.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

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

Ve Zlíně 18. 4. 2014

.....

²⁾ 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.

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

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užíje-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).

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

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

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

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

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá obsahem vlákniny a stravitelností u sedmi vybraných druhů čočky, jak v syrovém stavu, tak u čočky klíčené a vařené. Teoretická část obsahuje obecný popis luštěnin, jejich význam a chemické složení a charakteristiku vybraných druhů čočky. Další kapitola informuje o druzích vlákniny a jejím významu ve výživě. Poslední kapitola je určena popisu trávicí soustavy a metabolismu trávení základních živin a působení trávicích enzymů. Praktická část je zaměřena na stanovení sušiny, popele, hrubé a neutrálně detergentní vlákniny a stravitelnosti u sedmi vybraných druhů čočky. Zatímco obsah sušiny, popele, hrubé i neutrálně-detergentní vlákniny se vlivem vaření i klíčení u všech druhů čočky významně snížil, stravitelnost sušiny i organické hmoty se následkem těchto kulinárních úprav podstatně zvýšila. Srovnáme-li proces vaření a klíčení, pak byly u vařené čočky pozorovány vyšší hodnoty všech sledovaných parametrů s výjimkou popele, jehož obsah byl vyšší u klíčené čočky.

Klíčová slova: čočka, stravitelnost, hrubá vláknina, neutrálně-detergentní vláknina, klíčení, vaření

ABSTRACT

Diploma thesis deals with fibre content and digestibility of seven types of lentils, both raw and sprouted and cooked. Theoretical part of the thesis includes general description of legumes, their importance, chemical composition and characteristics of chosen lentil types. Another chapter describes fibre and its importance in nutrition. Last chapter is devoted to digestive tract, metabolism of basic nutrient digestion and activity of digestive enzymes. Practical part of the thesis is focused on determination of dry matter, ash, crude and neutral-detergent fibre and digestibility in seven types of lentils. While the content of dry matter, ash, crude and neutral-detergent fibre declined due to both cooking and sprouting, digestibility increased owing to these culinary treatments. Results of all parameters were higher in the case of cooked lentil samples compared to sprouted samples with the exception of ash, which was higher in sprouted lentils.

Keywords: lentil, digestibility, crude fibre, neutral-detergent fibre, sprouting, cooking

Touto cestou bych ráda poděkovala vedoucí mé diplomové práce Ing. Zuzaně Bubelové, Ph.D. za vzorné vedení při zpracování práce, za odborné rady, informace a připomínky a především za ochotu a čas, který mě při jejím sestavování věnovala.

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

OBSAH

ÚVOD 10

I TEORETICKÁ ČÁST.....	12
1 LUŠTĚNINY.....	13
1.1 BOTANICKÁ CHARAKTERISTIKA LUSKOVIN	13
1.2 CHEMICKÉ SLOŽENÍ LUŠTĚNIN.....	14
1.3 ZPŮSOB ZPRACOVÁNÍ LUŠTĚNIN.....	15
1.4 ZPŮSOB PŘÍPRAVY LUŠTĚNIN	16
1.4.1 Úprava vařením	16
1.4.2 Úprava klíčením	17
1.5 VÝZNAM LUŠTĚNIN VE VÝŽIVĚ.....	18
1.6 VÝZNAM LUŠTĚNIN V ZEMĚDĚLSTVÍ	18
2 ČOČKA	20
2.1 CHARAKTERISTIKA VYBRANÝCH DRUHŮ ČOČKY	21
2.1.1 Čočka velkozrnná.....	21
2.1.2 Čočka červená neloupaná.....	22
2.1.3 Čočka červená loupaná půlená.....	22
2.1.4 Čočka tmavozelená	23
2.1.5 Čočka Beluga (černá).....	24
2.1.6 Čočka žlutá loupaná půlená	25
2.1.7 Čočka zelená (francouzská)	25
2.2 CHEMICKÉ SLOŽENÍ ČOČKY	26
2.3 VÝZNAM VE VÝŽIVĚ.....	27
3 VLÁKNINA	29
3.1 ZDROJE VLÁKNINY	29
3.2 VÝZNAM VLÁKNINY	30
3.3 DRUHY VLÁKNINY.....	31
3.3.1 Rozpustná vláknina	31
3.3.2 Nerozpustná vláknina.....	31
3.4 ZPŮSOBY STANOVENÍ VLÁKNINY.....	31
3.4.1 Hrubá vláknina	32
3.4.2 Neutrálně-detergentní vláknina.....	32
3.4.3 Acido-detergentní vláknina.....	33
3.4.4 Celková vláknina.....	33
4 STRAVITELNOST	34
4.1 TRÁVICÍ SOUSTAVA.....	34
4.1.1 Dutina ústní	35
4.1.1.1 Jazyk	35
4.1.1.2 Slinné žlázy.....	35
4.1.1.3 Zuby	36
4.1.2 Hltan.....	36
4.1.3 Jícen.....	36
4.1.4 Žaludek.....	37
4.1.4.1 Kyselina chlorovodíková	37

4.1.4.2	Pepsin.....	37
4.1.4.3	Mucin.....	38
4.1.4.4	Pankreatin	38
4.1.5	Tenké střevo	38
4.1.6	Tlusté střevo	39
4.2	TRÁVENÍ ZÁKLADNÍCH ŽIVIN.....	40
4.2.1	Metabolismus a trávení sacharidů.....	40
4.2.2	Metabolismus a trávení lipidů.....	42
4.2.3	Metabolismus a trávení bílkovin.....	42
4.3	ZPŮSOBY STANOVENÍ STRAVITELNOSTI.....	43
II	PRAKTICKÁ ČÁST	44
5	CÍL PRÁCE	45
6	METODIKA	46
6.1	CHARAKTERISTIKA VZORKŮ A ÚPRAVA VZORKŮ ČOČKY PŘED ANALÝZOU.....	46
6.2	CHEMIKÁLIE.....	47
6.3	PŘÍSTROJE A POMŮCKY.....	47
6.4	STANOVENÍ SUŠINY	48
6.5	STANOVENÍ POPELE	49
6.6	STANOVENÍ HRUBÉ VLÁKNINY	50
6.7	STANOVENÍ NEUTRÁLNĚ-DETERGENTNÍ VLÁKNINY.....	52
6.8	STANOVENÍ STRAVITELNOSTI.....	53
6.9	STATISTICKÉ HODNOCENÍ VÝSLEDKŮ	56
7	VÝSLEDKY A DISKUZE	57
7.1	STANOVENÍ SUŠINY A POPELE.....	57
7.2	STANOVENÍ VLÁKNINY	59
7.3	STANOVENÍ STRAVITELNOSTI.....	62
ZÁVĚR	66
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....		68
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....		75
SEZNAM TABULEK.....		77

ÚVOD

Luštěniny jsou zralá, z lusků vyluštěná semena vikvovitých rostlin, jako čočky, hrachu, fazolí či sóje. Jsou známy již z předhistorických dob. Jsou zdrojem obživy více než poloviny světové populace a nepochybně patří mezi hodnotné potraviny zdravého stravování [1].

Luštěniny mají široké spektrum uplatnění. Jejich pěstování má obrovský ekonomický význam, jelikož mají schopnost vázat atmosférický dusík. Pěstují se na semeno a to jak k potravinářským, tak i ke krmným účelům. Rovněž mohou sloužit jako zelené hnojení pro obnovu vyčerpaných půd [2]. Množství osevních ploch u nás je proměnlivé, jelikož velké množství luštěnin dovážíme ze zahraničí, často z jižních zemí Evropy. V ČR je nejpěstovanější luštěninou hrách a to luskový, dřeňový a krmný – zvaný Peluška [3]. V Asii a USA je nejvíce zastoupenou luštěninou sója a fazole, v teplomilných oblastech čočka a cizrna, která pochází z jižní Moravy a která patří k nejkvalitnějším a znovu objeveným luštěninám [4].

Vynikají vysokým obsahem bílkovin, i když obsažené bílkoviny nepatří kvůli limitujícímu množství metioninu a tryptofanu mezi plnohodnotné. Z toho důvodu je potřeba doplňovat pokrmy z luštěnin zdroji živočišných bílkovin či bílkoviny obilovin, aby se celkové množství nezbytných aminokyselin zhodnotilo, jelikož esenciální mastné kyseliny jsou nezbytné k růstu a udržení zdravých svalů, tkání a orgánů [5]. Jsou výborným zdrojem vlákniny, minerálů a vitaminů skupiny B. Rovněž jsou chudé na tuky, s výjimkou sóji, která obsahuje značné množství polynenasycených mastných kyselin [6]. Luštěniny obsahují značné množství sacharidů, z nichž největší podíl zaujímá škrob. Do skupiny sacharidů patří i oligosacharidy, které zapříčiňují nadýmání [7].

Luštěniny obsahují nerozpustnou i rozpustnou vlákninu. Nerozpustná vláknina povzbuzuje střevní motilitu a pomáhá tak správné činnosti trávicí soustavy. Tím snižuje riziko rakoviny tlustého střeva a konečníku a předchází zácpě. Rozpustná vláknina se podílí na snižování hladiny cholesterolu, čímž se snižuje riziko vzniku onemocnění srdce a mozkových příhod [8]. Protože se škroby luštěnin vstřebávají a tráví velmi pomalu, dochází tak k rovnoměrnému uvolňování glukózy do krve. To je obzvláště důležité u osob s diabetem, kterým to pomáhá udržovat stálé hodnoty hladiny cukru [9]. Vzhledem k výživové hodnotě luštěnin bylo prokázáno, že luštěniny působí preventivně nejen při již výše zmíněných nemocech, ale i při obezitě a redukci váhy, osteoporóze či jiných nádorových onemocněních [10, 11].

Využitelnost základních živin ovlivňují lektiny, některé puriny, saponiny, třísloviny, antigenní bílkoviny či inhibitory proteáz, které řadíme mezi antinutriční látky [12]. Přesto i některé antinutriční látky mohou působit pozitivně, jako např. kyselina fytová, která má antioxidační účinky [13, 14]. Vysoké antibakteriální a antimutagenní účinky vykazují i taniny [14].

I z tohoto prokazatelně pozitivního působení na zdraví, by měly být luštěniny častěji konzumovány. V dnešní době můžeme použít značné množství postupů k vhodné přípravě luštěnin, abychom předešli jejich obtížnějšímu trávení a zvýšili tak jejich podíl ve stravě. Mezi tradiční úpravy luštěnin patří nakličování, namáčení a vaření [15]. Nejčastěji se používaly ve formě kaší, pyré, polévek a ve směsích s jinými potravinami. V současnosti existuje značné množství různých výrobků, jejichž složení, stravitelnost, chuť a jednoduchost přípravy umožňuje nenáročnou formou zvýšit podíl luštěnin v naší výživě [16]. Ministerstvo zemědělství považuje za optimální množství 3,4 – 3,7 kg luštěnin na osobu za rok. Dosavadní spotřeba je ale podle Českého statistického úřadu výrazně nižší, činí kolem 2,1 kg [17].

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 LUŠTĚNINY

Luštěniny jsou zralá, suchá semena luskovin z čeledi *Fabaceae*, bobovitých, která je hojně rozšířenou čeledí mezi kvetoucími rostlinami a patří do ní několik tisíc druhů rostlin. Pěstují se buď pro zelené lusky, tzn. jako zelenina nebo pro zralá semena jako luštěniny [1].

Ze všech rostlinných bílkovin obsahují nejvíce bílkovin v semenech, ale jsou cenné i vysokým obsahem sacharidů, některé i obsahem tuku a jiných dieteticky významných složek, vlákniny a minerálních látek. Jsou bohaté i na vitaminy, především vitaminy skupiny B a u nezralých semen najdeme i vitamin C a provitamin A [2].

Luštěniny mají skromné nároky na půdu a klima a proto se pěstují všude na světě. Vhodnější jsou lehčí půdy. Nejsou náročné na hnojení, používáme k nim hnojiva s obsahem vápníku. Tyto rostliny obohacují půdu o dusík, protože žijí v symbióze s bakteriemi majícími schopnost poutat ho ze vzduchu (hlízkové bakterie *Rhizobia* na kořenech) [3]. Z toho důvodu jsou pro jiné zeleniny vhodnými předplodinami. V tropických oblastech roste řada druhů, které by v našich klimatických podmínkách vyžadovaly pěstování ve fóliovnících či sklenících [4].

Mezi nejznámější zástupce luštěnin patří různé druhy fazolí, čočky, hrachu, bob, sója, vikev, cizrna, hrachor, mungo, lupina a vigna [5].

1.1 Botanická charakteristika luskovin

Rostlinu luskovin tvoří kořen, lodyha, listy, květenství, lusk, klíček, slupka a semeno. Jedná se o jednoleté či víceleté byliny a polokeře se stonkem vzpřímeným, poléhavým, popínavým či ovíjivým. Listy mohou být zpeřené či trojčetné, na bázi řapíku s palisty. Z úžlabí listů vyrůstají květy uspořádané v bohatých květenstvích, v párech nebo jednotlivě. Květ luskovin má typickou a jednotnou stavbu – jedná se o květy motýlokvěté. Plodem je nejčastěji lusk, obvykle pukající dvěma chlopněmi [6].

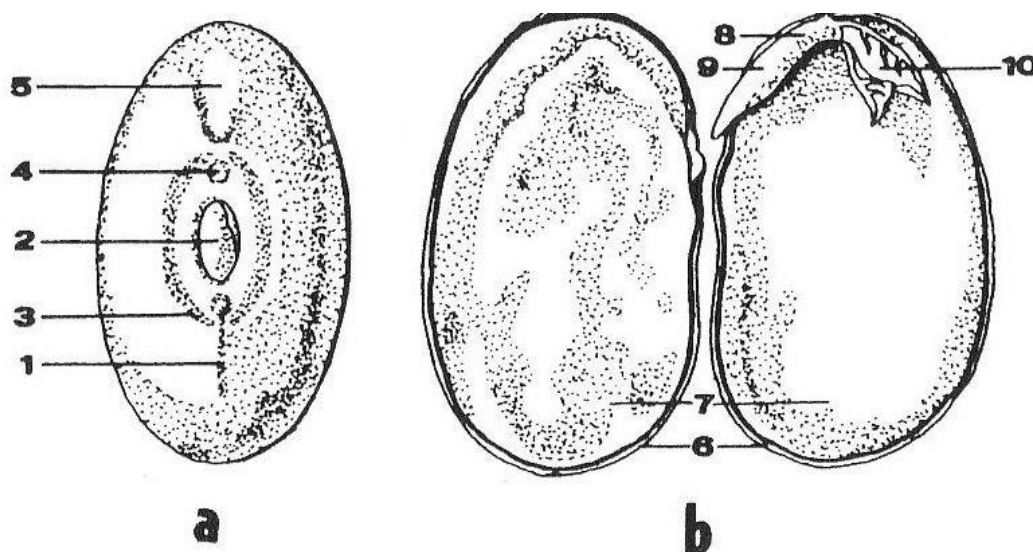
Semena většiny luskovin (viz Obr. 1) mají velmi podobnou anatomickou stavbu. Na povrchu je kožovité osemení, u některých luštěnin následuje endosperm a uvnitř semene je uložen zárodek složený ze dvou děloh (kotyledonů) a klíčku [8].

Osemení je na povrchu kryto tenkou blankou (kutikulou). Pod ní je vrstva vysokých sloupkovitých buněk postavených těsně vedle sebe, tzv. palisádových. Tyto buňky dodávají slupce pevnost a mohou obsahovat barviva, která dodávají semenům barvu. Pod nimi se

nachází vrstva buněk pohárkových. Pohárkové buňky mají oba konce rozšířené, takže mezi jejich středními částmi vznikají mezibuněčné prostory, a tak umožňují pružnost slupky. Pod nimi je tenkostěnný parenchym s cévními svazky, který v hlubších vrstvách přechází v houbovitý parenchym [6, 8].

Endosperm se nachází pod parenchymem a vyskytuje se pouze u bílkovinných luštěnin. Tvoří pouze malou část zrna a může být buď plně vyvinutý, složený z vnějších buněk aleuronových a vnitřních většinou slizových nebo může být zachován jen jeho zbytek [3].

Kotyledony tvoří největší část zrna. Na povrchu mají tenkou pokožku. Podle jejich obsahu se luštěniny dělí na škrobnaté a bílkovinné. U většiny luštěnin (např. hrách, čočka, bob, fazol, vikev) jsou vyplněny škrobovými zrny, která jsou si vzájemně podobná, mají oválný tvar a uprostřed štěrbinu ve tvaru S, často rozvětvenou [8]. Tyto luštěniny se řadí ke škrobnatým. Druhá skupina jsou luštěniny bílkovinné, kam patří zejména sója. Jejich kotyledony jsou vyplněny bílkovinami a škrobových zrn obsahují jen málo [11].



Obr. 1. Složení semene luštěnin: a) pupková část: 1 – šev (*raphe*), 2 – pupek (*hilum*), 3 – chaláza, 4 – mikropyle, 5 – obrys kořínku, b) rozpůlené semeno: 6 – osemení (*testa*), 7 – dělohy (*cotyledones*), 8 – klíček (*embryo*), 9 – kořínek (*radix*), 10 – list [12]

1.2 Chemické složení luštěnin

Chemické složení vybraných luštěnin je uvedeno v Tab. 1. Luštěniny jsou významné vysokým obsahem bílkovin, i když kvůli limitujícímu množství metioninu a tryptofanu nejsou

bílkovinami plnohodnotnými. Bílkoviny luštěnin nemůžou proto zcela nahradit bílkoviny masa a mléka [18]. Z toho důvodu je vhodné doplňovat luštěniny další složkou potravy, např. obilovinami nebo potravinami živočišného původu. Celkové množství bílkovin v luštěninách dosahuje 20 – 30 %, u sóji až 40 %. V bílkovinách jsou zastoupeny i globuliny – legumin, fazeolin, vicinin, konglutin, glycinin [19]. Bílkoviny jsou vázány na slupky a barviva. Jen 1 – 2 % z celkového množství sušiny patří tukům, s výjimkou sóji, která obsahuje až 23 % tuku. Tuky luštěnin jsou velmi hodnotné, protože obsahují až 60 % polynenasycených mastných kyselin [20]. Nejvíce zastoupeným sacharidem luštěnin je škrob, jeho obsah se pohybuje mezi 50 – 60 %. Mezi další sacharidy patří oligosacharidy – rafinóza, verbaskóza a stachyóza [12]. Trávicí ústrojí člověka však nedokáže tyto cukry zpracovat žádnými enzymy, proto se pro lidský organizmus stávají nestravitelnými. K jejich rozkladu dochází až v tlustém střevě působením bakterií, což je příčinou nepříjemného nadýmání [21]. Obsah vlákniny v luštěninách činí 5 – 19 %. V luštěninách najdeme rovněž minerální látky, převážně fosfor, draslík, ale i hořčík, vápník a molybden [22].

Tab. 1: Chemické složení luštěnin v hmot. % [23]

Luštěnina	Bílkoviny	Tuky	Sacharidy	Celulóza	Minerální látky
Hrách	22,0 – 28,0	3,0	52,6	6,4	2,4
Fazole	21,0 – 28,0	2,8	50,0	3,8	3,2
Čočka	25,0 – 30,0	1,1	61,2	4,9	2,8
Sója	33,0 – 40,0	23,0	30,0	4,2	2,7

Většina těchto látek je však v luštěninách vázána do obtížně využitelných komplexů, čímž jsou pro nás hůře využitelné [24]. Z vitaminů jsou zastoupeny provitamin A a vitaminy skupiny B. V klíčcích je přítomen vitamin C, sója obsahuje i vitamin E [25]. Obsah vitaminů prudce stoupá v naklíčených semenech. V luštěninách také najdeme antioxidanty, saponiny a fenoly, jako např. třísloviny [26, 27].

1.3 Způsob zpracování luštěnin

Pro zachování kvality semen, jejich struktury a hladkého povrchu, je potřeba luštěniny ihned po sklizni co nejrychleji usušit. Tím se zachová i chuť luštěnin. Luštěniny se suší

v sušících zařízeních, podle sušícího média přirozenou cestou nebo uměle [28,29]. K sušení se používá studený nebo teplý vzduch, velmi často i kouřové plyny. Podle způsobu odvodu nasyceného sušícího média z prostoru sušárny rozdělujeme sušení na sušení s odváděním vlhkosti atmosférickým vzduchem, odvod vlhkosti za podtlaku vzduchu a odvádění vlhkosti proudícím vzduchem [29, 30]. Sušárny musí být vybaveny teplotními čidly, která snímají teplotu sušícího média a teplotu vzduchu v sušící i chladící sekci. Množství média musí být regulovatelné. Tato zařízení musí být schopna zabezpečit zchlazení semen na teplotu pod 40 °C. Médium používané k ohřívání vzduchu nesmí negativně ovlivňovat jakost semen, zejména zvýšením obsahu nežádoucích aromatických uhlovodíků nad stanovený limit [31]. Po usušení následuje třídění a odstraňování nečistot. U suchých luštěnin následuje balení, u ostatních následují technologické operace jako konzervování, předvaření, fermentace, zpracování na mouku, sterilace apod. Běžné druhy luštěnin jsou pro zákazníky dobře dostupné, méně známé luštěniny najdeme ve specializovaných obchodech se zdravou výživou [32]. Luštěniny uchováváme na suchém a větratelném místě, při teplotách kolem 15 °C, abychom zabránili vzniku plísní, hořkosti a pachovým změnám. Rovněž musíme zabránit napadení škůdci a hlodavci. Luštěniny bychom měli spotřebovat do 6 až 9 měsíců od sklizně [33].

1.4 Způsob přípravy luštěnin

Před vařením i klíčením semena luštěnin vždy přebereme a poškozené a škůdci napadené semena vyřadíme, stejně tak odstraníme případné nečistoty. Zdravá semena propláchneme a namočíme na potřebnou dobu, podle typu luštěniny [28]. Vodu po nabobtnání vždy slijeme, protože se tak zbavíme značného obsahu lektinů, které mohou snížit využitelnost vitaminů, aminokyselin, tuků a glukózy [21]. Namáčením se zlepší stravitelnost luštěnin, jelikož se do vody uvolní oligosacharidy, které způsobují nadýmání. V neposlední řadě namáčením luštěnin zkrátíme dobu varu [34, 35].

1.4.1 Úprava vařením

Před přípravou je nutné luštěniny přebrat, odstranit případné nečistoty a odstranit semena napadená škůdci a několikrát přeprat, abychom je zbavili prachu. Pro rychlejší uvaření luštěniny předem namáčíme, nejlépe přes noc. U čočky je doba namáčení kratší, stačí 1 až 2 hodiny nebo i méně. Loupané druhy nenamáčíme vůbec [36]. Nabobtnané luštěniny scedíme, znovu zalijeme vodou a zcela potopené velmi pomalu vaříme do změknutí. Fazole

podle stáří až 2 hodiny, čočku vaříme zhruba 15 – 20 minut [37]. Loupanou čočku stačí vsypat do pokrmu před jeho dokončením a během pěti minut je měkká. Do vody nikdy nepřidáváme sůl ani sodu, která by značně snížila obsah vitaminů skupiny B a jiných živin [38]. Po uvaření je procedíme, necháme okapat, dochutíme. Aby byly lépe stravitelné, můžeme luštěniny rozmixovat, pasírovat nebo během vaření přidat různé koření [39].

1.4.2 Úprava klíčením

Mezi klady klíčených semen patří vysoký obsah vitamínu C. Klíčky jsou rovněž zdrojem vitaminů skupiny B, obsahují málo kalorií a organizmu dodávají snadno stravitelnou bílkovinu [40]. Ke klíčení se kromě čočky (viz Obr. 2) používají i semena fazolí adzuki, fazolí mungo, cizrny a sóji. Sójové klíčky je třeba před jídlem povařit, jelikož obsahují toxické bílkoviny, které varem inaktivujeme [41]. Na rozdíl od zeleniny, která skladováním postupně ztrácí hodnotné vitaminy, klíčená semena pokračují v růstu a v tvorbě živin [42, 43]. Od počátku klíčení se škroby, tuky a další živiny, připravené vyživovat mladou rostlinku, začínají měnit na vitaminy, enzymy a další formy bílkovin, cukrů a minerálních látek. Obsah vitamínu C se v semeni mnohonásobně zvýší [44].



Obr. 2. Naklíčená čočka [41]

Klíčení výrazně zvyšuje i množství některých vitaminů ze skupiny B obsažených v semeni, zejména tiaminu, kyseliny listové, pyridoxinu a biotinu. Klíčky posilují náš imunitní systém a chrání před nemocemi [45, 46]. Podporují sekreci a peristaltiku střev, snižují obsah cholesterolu v játrech a tuků v krevním séru. Konzumace klíčků přispívá k dlouhověkosti. Během klíčení se spotřebovávají těžko stravitelné cukry, takže klíčky nezpůsobují nadýmání v takovém rozsahu, jako běžně připravené neklíčené luštěniny [47]. Klíčky můžeme jíst samotné nebo je můžeme přidávat do zeleninových salátů, případně je můžeme rozmixovat a přidat jako přísadu do karbanátků. Zbylé klíčky můžeme usušit a přidávat do polé-

vek či jiných pokrmů [48, 49]. Mezi další výhody klíčených semen patří jejich snadná a levná příprava. Semena nejdříve přebereme, poté namočíme přes noc do vlažné vody. Pak je slijeme, propláchneme a rovnoměrně vysypeme do nádoby s navlhčenou buničinou nebo vatou a uložíme na teplém místě. Dvakrát až třikrát denně semena vlhčíme, aby nevyschla. V rozmezí dvou až šesti dnů budou čerstvé, zelené výhonky vhodné ke konzumaci (viz Obr. 3) [50, 51]. Mezi zápory naklíčených semen patří, že výjimečně mohou vyvolat alergickou reakci u osob s diagnózou lupus erythematoses, což je autoimunitní onemocnění, kdy tělo napadá své vlastní orgány a tkáně. Jedná se o zánětlivé onemocnění, postihující jakýkoliv orgán, především kůži, srdce, mozek a ledviny. Až 90 % postižených jsou ženy [52].



Obr. 3. Zelené výhonky naklíčené
čočky [vlastní foto]

1.5 Význam luštěnin ve výživě

Luštěniny jsou dobrým zdrojem neplnhodnotných bílkovin. Jejich množství se pohybuje v rozmezí 22 – 28 % [53]. Významné jsou i obsahem sacharidů, zejména škrobu a vlákniny. Obsahují minerální látky a vitaminy A, B, C, E [54, 55]. Tuk je zastoupen jen v malém množství, obsaženy jsou i nenasycené mastné kyseliny. Významnou vlastností luštěnin je jejich nízký glykemický index, jehož hodnota se pohybuje kolem 20. To znamená, že po konzumaci luštěnin trvá pocit nasycení delší dobu [56]. Luštěniny bychom měli zařazovat do jídelníčku minimálně dvakrát týdně a to nejen jako hlavní jídlo, ale i jako součást zeleninových salátů, polévek, kaší nebo ve formě pomazánek [57].

1.6 Význam luštěnin v zemědělství

Luskoviny příznivě ovlivňují půdní úrodnost. K jejich kladným vlastnostem patří zejména schopnost prostřednictvím symbiózy s hlízkovými bakteriemi poutat vzdušný dusík, jehož

množství pokrývá téměř celou potřebu rostlin a obohacuje půdu i pro následné plodiny. Zlepšuje půdní strukturu prostřednictvím mohutného kořenového systému [58]. Má vhodné složení posklizňových zbytků ($N : C = 1 : 6 - 8$), není třeba aplikovat anorganický dusík k podpoře mineralizace. Pěstují se i k potlačování světlomilných plevelů, protože svým bohatým olistěním zastiňují půdu. Rovněž mají schopnost získávat živiny z hlubších vrstev půdního profilu, které jsou pro jiné rostliny špatně přístupné a jejich částečné uvolňování do půdy [3, 4].

K záporným pěstitelským vlastnostem luštěnin patří jejich velká citlivost k výkyvům počasí, které následně ovlivňuje výnosy v jednotlivých letech. Teplomilné druhy jsou obzvláště citlivé na nízké teploty [6]. Luštěniny nemůžeme pěstovat po sobě na stejném místě. Některé druhy jsou značně poléhavé, čímž se zhoršuje způsob mechanické sklizně, při níž může zároveň dojít k poškození semen. Ke sklizňovým ztrátám vede i pukavost lusků [12].

2 ČOČKA

Čočka kuchyňská (obecná) (*Lens Culinaris*, viz Obr. 4) je stará kulturní rostlina známá ze Středozeří a Blízkého východu již od starověku. Je to jedna z prvních rostlin využívaná v zemědělství už od prehistorických dob. Ve střední Evropě byla známa již v mladší době kamenné. U nás se čočka pěstovala tradičně na jižní Moravě, dokládají to i jména starých kultivarů, jako *Hrotovická* a *Moravská drobnozrnná* [49]. Dnes se pěstuje na většině kontinentů, největší zastoupení má v Indii a na Blízkém východě, kde najdeme desítky kultivarů i plané druhy. Pěstuje se i v Číně, Africe, USA. Mezi největší producenty patří Indie, Pákistán, Etiopie a Rusko [50]. Vyhovuje jí subtropické klima, roste však i v mírnějším pásmu. Snáší i vysychavé a chudé půdy. Je náročnější plodinou než hrách, a proto byla střední Evropa severní hranicí jejího výskytu [51].



Obr. 4. Rostlina čočky jedlé [53]

Jedná se o drobnou jednoletou bylinu, která dorůstá do výšky 40 až 100 cm, celá rostlina je porostlá chloupky. Lodyhy jsou tenké, úzce křídlaté. Listy jsou palistnaté, střídavé, sudozpeřené, s 3 – 7 jařmy, zakončené hrotem, horní listy jsou zakončené úponkou. Lístky jsou kopinaté až čárkovité, 0,8 – 2 cm dlouhé a 0,2 – 0,6 mm široké, na vrcholu tupé či vykrojené, palisty jsou kopinaté [2]. Květenství je chudé, tvořeno 2 – 3květými hrozny, které vyrůstá z paždí listů. Kalich je 8 – 10 mm dlouhý, s dlouhými a štětinovitě tenkými cípy. Koruna je o něco kratší, než kalich, její barva je bílá, světlomodrá nebo fialově žilkovaná. Pavéza je obsrdčitá. Člunek má menší velikost než pavéza. Plody čočky jsou kruhovitě až kosníkovitě lusky, obsahující 1 až 2 semena. Semena jsou okrouhlá a zploštělá, jejich bar-

va může být hnědá, zelená, žlutá, červenohnědá [3]. Z konzumního hlediska je čočka typickou luštěninou pěstovanou pro suchá, zralá semena. Většina současných evropských čoček patří mezi skupinu velkozrnných kultivarů (průměr semene měří 7 až 9 mm), zatímco čočky z Blízkého východu a severní Afriky jsou drobnozrnné (3 až 6 mm) [59]. Více se začala připravovat až od počátku 19. století [60]. Je surovinou jihoasijské kuchyně a může mít všechny možné barvy. V prodeji je čočka zelená, hnědá a různě barevná, dále loupaná a neloupaná [61]. Má lepší stravitelnost než hrách a fazole. Ze zralých semen se nejčastěji připravují polévky a kaše. Na Blízkém východě se semena melou na mouku, která se používá buď samostatně, nebo jako přísada do mouky chlebové. Nezralé lusky se v Indii používají jako zelenina [62, 63].

2.1 Charakteristika vybraných druhů čočky

Čočka je velmi rozšířená užitková rostlina, jejímž pěstováním a šlechtěním jsme získali značné množství odrůd. Liší se velikostí, barvou a částečně složením, dále pak podmínkami pěstování, skladování a formou kuchyňské úpravy [64]. Mezi nejznámější druhy čočky patří čočka velkozrnná, čočka červená, žlutá a tmavozelená [9, 65].

2.1.1 Čočka velkozrnná

Čočka velkozrnná (viz Obr. 5) patří mezi nejstarší pěstované kulturní rostliny. V současnosti je nejrozšířenější v Indii. Její jednotlivé odrůdy se rozlišují podle barvy semen. Pro svá větší zrna je velmi oblíbená. Má vynikající chuť. Při kuchyňské úpravě dobře drží svůj tvar [66].



Obr. 5. Čočka velkozrnná [vlastní foto]

Je vhodná k přípravě polévek, hlavního jídla, salátů i pomazánek. Výborně se hodí ke klíčení. Je bohatá na vitamin B, K a E, betakaroten, biotin, kyselinu listovou, železo, vlákninu, bílkoviny [67]. Z minerálních látek má největší zastoupení železo, hořčík, vápník, měď, draslík, jód, fosfor, selen a zinek. Obsah tuků je nízký [68]. Čočka je dobrým zdrojem energie [69].

2.1.2 Čočka červená neloupaná

Pěstování červené čočky je v dnešní době nejrozšířenější v Asii, částečně i v Evropě. Tato čočka je po odstranění slupky načervenalé barvy. Pro lepší nutriční hodnotu a trvanlivost se doporučuje čočka neloupaná (viz Obr. 6) [57].



Obr. 6. Čočka červená neloupaná
[vlastní foto]

Rychle se rozváří, je proto vhodná do polévek i jako příloha. Při vaření se její barva může změnit do žlutého odstínu [70]. Červená čočka nenadýmá, proto je vhodná i pro kojící ženy a k přikrmování malých dětí, zhruba od 9 měsíce věku ve formě zeleninové kaše [71]. Červená čočka je vhodným doplňkem dietní stravy, jelikož dokáže rychle zasytit. Vysoký obsah vlákniny, jejíž obsah činí 10,8 %, působí proti zácpě a jiným onemocněním střev [56]. Obsahuje značné množství železa, selenu, zinku, fosforu a vitaminu B₆ [60]. Pro vysoký obsah bílkovin a železa je vhodnou potravinou pro vegetariány. Pacienti s cukrovkou ocení schopnost rovnoměrného uvolňování glukózy do krve [64].

2.1.3 Čočka červená loupaná púlená

I tato čočka obsahuje velké množství bílkovin, minerálních látek a vitaminů tak, jako ostatní druhy čočky. Jelikož je bez slupek, nemusí se před vařením namáčet a je stravitel-

nější, než neloupané čočky. Je jasně oranžové barvy a při vaření se barva změní na žlutou až oranžovohnědou [70]. Pro uchování původní barvy se při vaření přidává k čočce kari nebo kurkuma. Vařením se čočka rychle rozpadá, proto najde uplatnění především k výrobě pomazánek, polévek, nákyků a kaší a hodí se i k zahušťování pokrmů místo mouky [72]. Červená čočka loupaná (viz Obr. 7) je nejlépe stravitelná ze všech luštěnin, má větší využitelnost železa, než čočka neloupaná. Vyhovuje proto i jako první zdroj bílkovin u malých dětí. Obsah vlákniny u tohoto druhu čočky činí 3,9 % [73].



Obr. 7. Čočka červená loupaná půlená [vlastní foto]

2.1.4 Čočka tmavozelená

Konzumace tmavozelené čočky (viz Obr. 8) je velmi oblíbená v Indii, ale její obliba stoupá i v Evropě. Při kuchyňské úpravě si zrnka zachovávají barvu i tvar. Je vhodná do polévek, salátů i jako příloha. Její příprava je snadná [69].

Je bohatá na kyselinu listovou a železo a tím přispívá k předcházení chudokrevnosti. Je dobrým zdrojem minerálních látek a vitaminů skupiny B [71]. Vysoký obsah vlákniny podporuje správnou činnost střev. Rovněž prospívá srdci a trávení, udržuje správnou hladinu cukru v krvi, má detoxikační, antioxidační a protirakovinné účinky, tak, jako i ostatní luštěniny [74].



Obr. 8. Čočka tmavozelená [vlastní foto]

2.1.5 Čočka Beluga (černá)

Čočka Beluga je černé barvy a v porovnání s jinými druhy čočky je drobnější (viz Obr. 9). Svůj název obdržela kvůli svému vzhledu, protože uvařená černá čočka je lesklá a vypadá jako stejnojmenný kaviár [75]. Při tepelné úpravě rychle změkne a dobře drží tvar. Protože je drobná, nemusí se předem namáčet a už v průběhu vaření se může solit. Je vhodné ji vařit ve vývaru, a to i při nižší teplotě. Čočka tak dostane jeho chuť, nebude pění a konzistence čočky bude příjemná na skus [15].



Obr. 9. Čočka Beluga [vlastní foto]

Je kořeněná a velmi aromatizovaná, čímž získává stále větší oblibu u konzumentů. Hojně se pěstuje v Rusku, Chile, Španělsku, USA, Kanadě a Argentině [66].

2.1.6 Čočka žlutá loupaná půlená

Čočka žlutá je vyrobená z oloupané čočky velkozrné (viz Obr. 10). Její příprava je velmi rychlá, výborně se hodí do polévek, salátů i jako hlavní příloha [66]. Je vynikajícím zdrojem bílkovin, vlákniny, minerálů a vitaminů. Má antioxidační a protirakovinné účinky [69].



Obr. 10. Čočka žlutá loupaná půlená
[vlastní foto]

2.1.7 Čočka zelená (francouzská)

Francouzská zelená čočka je považována za extra kvalitní. Pěstuje se v oblasti Le Puy, která se nachází v jihovýchodní části Francie. Během tepelné úpravy si zachovává svůj tvar, snadno se nabírá. Vyniká svou nezaměnitelnou kořenitou vůní. Je považována za nejchutnější druh čočky [76].



Obr. 11. Čočka francouzská [vlastní
foto]

Povrch francouzské čočky je zelenohnědý (viz Obr. 11), uvnitř je zrno zbarvené dožluta. Zelená čočka je nazývána kaviárem chudých a to z toho důvodu, že za poměrně nízkou cenu získáme jídlo o vynikající chuti a vůni nasládlých kaštanů [77]. Je vhodná do polévek, salátů, ale zejména jako hlavní jídlo. Obsah vlákniny u francouzské čočky je udáván 8,9 % [75].

2.2 Chemické složení čočky

Semena čočky obsahují přibližně 25 % dusíkatých látek (viz. Tab. 2), 45 % bezdusíkatých látek (BNLV), z nichž většinu tvoří škrob, 4 % hrubé vlákniny, 1,5 % tuku a 2 až 3 % minerálních látek. Obsah antinutričních látek je nízký [72].

Tab. 2: Chemické složení čočky [67]

Bílkoviny [%]	Tuky [%]	Sacharidy [%]	Vláknina [%]	Popel [%]	Voda [%]	Energie [Kcal]
24,7	1,5	61,2	10,4	2,6	10,5	346

Čočka má vysoký obsah bílkovin s velkým podílem esenciálních aminokyselin (viz Tab. 3), tedy těch, které přijímáme z potravy. Limitující aminokyselinou v čočce je metionin a tryptofan [75]. Tuky čočky jsou složeny především z nenasycených mastných kyselin a neobsahují žádný cholesterol. Zejména neloupané druhy čočky obsahují vysoký podíl vlákniny, který se pohybuje v průměru kolem 12 %. U loupané čočky je podíl vlákniny nižší [78].

Tab. 3: Obsah esenciálních aminokyselin v čočce v mg.100 g⁻¹ [68]

Valin	Leucin	Izoleucin	Lyzin	Metionin	Fenylalanin	Tyrozín	Tryptofan
221	1846	1045	1738	194	1265	789	960

Čočka je poměrně dobrým zdrojem vitaminů a minerálních látek. Největší zastoupení má vitamin A a vitaminy skupiny B (viz Tab. 4). Vitamin C se nachází u čočky naklíčené.

Tab. 4: Průměrný obsah vitaminů v čočce v mg.100 g⁻¹ [77]

Tiamin	Riboflavin	Niacin	Pyridoxin	Kys. listová	Kys. pantotenová	Provitamin A
0,5	0,2	2,3	0,5	0,4	1,8	34,9

Minerální látky jsou pro organismus a pro správnou regulaci a kontrolu metabolických pochodů v těle nepostradatelné. Rovněž aktivují funkce hormonů a enzymů, podporují látkovou výměnu a redukuje cholesterol v těle [71]. Jejich nedostatek se může projevit zdravotními potížemi. Získáváme je z přijaté potravy. Čočka patří k dobrým zdrojům řady minerálních látek (viz Tab. 5). Značné zastoupení má fosfor, draslík a hořčík, dále vápník a železo [72].

Tab. 5: Průměrný obsah minerálních látek a stopových prvků v čočce v mg.100 g⁻¹ [72]

Fosfor	Sodík	Hořčík	Vápník	Zinek	Draslík	Železo	Mangan
408,5	16,6	180,7	59,3	3,5	97,5	8,1	1,3

2.3 Význam ve výživě

Čočka je důležitou součástí lidské výživy, hlavně pro svůj obsah bílkovin, kterých má téměř nejvyšší obsah ze všech rostlin. Obsahuje i značné množství minerálních látek a stopových prvků [59]. Kromě nich dále obsahuje sacharidy, vlákninu, enzymy, organické kyseliny, vitaminy, lecitin [67]. Patří mezi výrobky racionální výživy, protože má schopnost rychle zasytit bez nadbytečných kalorií. Konzumace čočky je doporučována těhotným ženám, čímž získají tolik potřebné železo a také vlákninu, která zlepšuje peristaltiku střev [71]. Důležitá je i pro svůj vysoký obsah kyseliny listové, která chrání plod před vývojovými vadami [37]. Vláknina získaná z čočky váže ve střevech žlučové kyseliny a cholesterol. Je proto vhodná i při dietě zaměřené na snížení cholesterolu [44]. Mezi další pozitivní vlastnosti čočky na organismus patří její preventivní působení proti rakovině, působí proti depresím, psychickým poruchám a stresu, zmenšuje menstruační bolesti, odstraňuje chudokrevnost, zásobuje buňky kyslíkem a tím zvyšuje výkonnost, je rychlým zdrojem ener-

gie – odstraňuje únavu, je vhodná pro osoby v rekonvalescenci i pro sportovce, je vhodná i pro diabetiky, protože snižuje hladinu cukru v krvi [58, 59].

3 VLÁKNINA

Vlákninu řadíme mezi nestravitelné – nevyužitelné polysacharidy a najdeme ji ve všech rostlinách a rostlinných výrobcích, například ve formě celulózy, hemicelulózy, pektinů a vosků, které jsou součástí buněčných stěn [19]. Nachází se zejména v povrchových vrstvách ovoce a zeleniny, rovněž v obilovinách a u olejnin. Součástí vlákniny je i lignin, který však není polysacharid, ale polyfenolická látka, vázající do komplexu celulózu s hemicelulózou. Je součástí nerozpustné vlákniny [22]. Organismus neumí vlákninu strávit, jelikož ji neumí enzymy trávicí soustavy rozštěpit. Vláknina není využitelná jako zdroj energie, proto ji označujeme jako balastní. Během trávicího procesu prochází vláknina tenkým střevem v nezměněné podobě. Až v tlustém střevě dochází k fermentaci působením enzymů mikroflóry tlustého střeva, kdy současně dochází ke vzniku využitelných mastných kyselin s krátkým řetězcem, jako je kyselina máselná, propionová a octová [27]. Konečnými produkty fermentace vlákniny je voda a oxid uhličitý, v malém množství i metan a vodík. Přesto je tato látka pro metabolismus velmi důležitá [20]. Účinky vlákniny jsou známy už od pradávna. Ale až v současné době se význam vlákniny pro zdraví a k ochraně před nemocemi trávicího traktu plně docenuje. Na základě mnohých výzkumů se soudí, že nedostatek vlákniny ve stravě vyspělých zemí přispívá ke stále vzrůstající tendenci onemocnění trávicí soustavy, cukrovky a choroby věnčitých tepen [35, 59].

3.1 Zdroje vlákniny

Hlavním zdrojem vlákniny jsou obilniny, zelenina, ovoce, luštěniny, ořechy a semena. Luštěniny patří mezi potraviny s vysokým obsahem vlákniny [37]. Ve 100 g neloupaných luštěnin se nachází průměrně 10 až 19 g vlákniny, přičemž nejvyšší podíl vlákniny obsahuje sója. Obsah vlákniny v neloupané čočce se pohybuje kolem 12 % a v loupané čočce činí obsah vlákniny zhruba 4 % čočky [35]. V obilninách se nejvíce vlákniny nachází ve vnějších vrstvách obilných slupek, které se často při zpracovávání odstraňují. Nejlepšími zdroji vlákniny jsou proto celozrnné výrobky, jako je celozrnný chléb, celozrnné těstoviny a neloupaná rýže [78]. Užitečné množství vlákniny však obsahuje i bílý chléb. Zdrojem rezistentního škrobu jsou nezralé banány, syrové brambory, extrudované těstoviny, intaktní obilná zrna a luštěniny [79, 80]. Lignin nalezneme v obilných otrubách, rýži a v luscích luštěnin, zdrojem rostlinných gum jsou chaluhy a luštěniny. V čekance a cibuli je přítomen inulin [64, 65].

3.2 Význam vlákniny

Vláknina pomáhá chránit před zácpou, neboť zvětšuje objem stolice. Zrychluje průchod tráveniny tlustým střevem, podporuje střevní peristaltiku, udržuje střeva v dobrém stavu a především snižuje riziko střevních onemocnění, jako je rakovina konečníku a tlustého střeva [57]. Předchází vzniku hemeroidů, zabraňuje zácpě, zmírňuje průjem, pomáhá při hubnutí. Vyšší konzumace vlákniny je doporučována i u diabetu melittu typu II. Vláknina rovněž snižuje hladinu cholesterolu, vázáním cholesterolu ve žluči, která se podílí na odbourávání tuků v tenkém střevě [60]. Část cholesterolu se nevstřebává, ale vyloučí se s vlákninou. V tenkém střevě zpomaluje rozpustná vláknina vstřebávání glukózy do krve a tím zabraňuje náhlému vzrůstu hladiny krevního cukru, což je obzvláště výhodné pro diabetiky [58]. Na základě provedených výzkumů bylo zjištěno, že obsah vlákniny ve stravě by se měl zvýšit na minimální množství 25 – 30 g denně, tedy asi 12 g vlákniny na 1000 kalorií [79]. Lidé by měli konzumovat více celozrnných výrobků, luštěnin, ovoce a zeleniny. Ačkoliv se vláknina netráví, vyživují se na ní bakterie žijící v tlustém střevě. Při následné fermentaci vznikají těkavé, lehce a dobře stravitelné mastné kyseliny, které jsou zdrojem energie pro buňky střevní stěny. Doporučený poměr nerozpustné a rozpustné vlákniny je 3 : 1 [28].

Nadměrná konzumace vlákniny má nepříznivé účinky na lidský organizmus. Může způsobit bolesti břicha, nadýmání, křeče i průjem. U některých osob způsobuje nadměrný přísun vlákniny rychlý průchod trávicím ústrojím, čímž dochází ke snížení využitelnosti některých minerálních látek, zejména vápníku, železa a hořčíku [81]. Rozpustná vláknina omezuje přístup pankreatických amyláz a lipáz k substrátům a tím snižuje absorpci živin střevní stěnou. Váží se tak i minerální látky, které se pak nevstřebají, např. vápník, železo, měď, zinek [82]. Celkové množství těchto látek se pak může v organizmu snížit. Nadměrné množství vlákniny ve výživě malých dětí může vést k nedostatku vápníku. Ze stejného důvodu může dojít u žen k nedostatečné absorpci železa [81]. Denní dávka vlákniny se pohybuje v rozmezí 25 – 30 g, za rizikové množství je považována konzumace 60 g vlákniny za den [83].

3.3 Druhy vlákniny

V potravinách se vyskytují dvě formy vlákniny – rozpustná a nerozpustná. Většina rostlin obsahuje obě formy, ovesné otruby a luštěniny jsou bohatší na vlákninu rozpustnou a pšenice, rýže a kukuřice obsahují více vlákniny nerozpustné. Oba typy vlákniny jsou pro náš organizmus důležité [84].

3.3.1 Rozpustná vláknina

Rozpustná vláknina je označována jako měkká. Zvyšuje viskozitu obsahu žaludku a střev. Má schopnost vstřebávat vodu, snadno bobtná. Mnohonásobně zvětší svůj objem už v horní části trávicího traktu. Působením střevních bakterií se v tlustém střevě částečně rozkládá [78]. Rozpustná vláknina reguluje vstřebávání tuků, trávení a vstřebávání sacharidů v tenkém střevě, váže žlučové kyseliny a vodu. Mezi rozpustnou vlákninu zařazujeme některé typy hemicelulóz, pektiny, inulin, rostlinné slizy, modifikované škroby a modifikované celulózy a polysacharidy mořských řas [82].

3.3.2 Nerozpustná vláknina

Nerozpustná vláknina se na rozdíl od rozpustné vlákniny nerozkládá ani v tlustém střevě. Je označována jako hrubá vláknina. Dokáže dostatečně absorbovat vodu, ale nebobtná. Nejčastějšími zástupci nerozpustné vlákniny jsou celulóza, lignin a některé typy hemicelulóz [15]. Nerozpustná vláknina funguje jako kartáč střev, zvětšuje objem potravy a zlepšuje střevní peristaltiku. Změkčuje stolici v dolní části trávicího traktu, mechanicky dráždí střevní stěnu a urychluje posun tráveniny, čímž působí proti zácpě. Taktéž navozuje pocit nasycenosti [35].

3.4 Způsoby stanovení vlákniny

Stanovení vlákniny se nejlépe provádí v sušených vzorcích, případně ve vzorcích s nízkou vlhkostí. Vzorek se musí dokonale dezintegrovat. Sušení vzorků se provádí v sušárnách. Nejdříve se provede předextrakce, jejímž účelem je odstranění tuků a pigmentů. K tomu se používá aceton, etanol či chloroform. Pak následuje digesce (rozklad) škrobu a ostatních složek, které tvoří vlákninu [85]. K tomu se používají alkalické roztoky za horka a za studena, kyseliny, pufry, studená voda, amylázy, proteázy aj. Následuje separace, tedy oddělení vlákniny ze vzorku po digesci [86]. Využívají se techniky precipitace, filtrace, dialýza, centrifugace. Poté následuje vlastní stanovení a to např. vážkově, či pomocí HPLC.

Pro běžná stanovení obsahu vlákniny slouží dvě základní skupiny metod, a to chemické a enzymové. Stanovuje se vláknina hrubá, neutrálně-detergentní, acido-detergentní a celková [87]. Při enzymové metodě s gravimetrickou či chemickou koncovkou se provádí hydrolýza vzorku amylolytickými a proteolytickými enzymy např. pepsinem, celulázami, často v kombinaci s kyselou hydrolýzou. Následuje sušení a zvážení vzorku. Ke stanovení celkové vlákniny potravy se využívá enzymaticko-gravimetrická, případně enzymaticko-chemická metoda. Škrob se stanovuje enzymaticky a sacharidy kolorimetricky nebo pomocí HPLC [88].

U metod chemických, tedy neenzymaticko-gravimetrických se využívá hydrolýzy kyselinou nebo kombinací kyseliny a hydroxidu. Nerozpustný zbytek se pak izoluje a stanoví vážkově. Podle příslušného hydrolyzačního činidla se rozeznávají různé metody stanovení [79].

3.4.1 Hrubá vláknina

Hrubá vláknina (crude fibre – CF) se stanoví po kombinované hydrolýze. Celulóza a hemicelulóza jsou vázány na doprovodné látky, které je nutné odstranit kombinovanou hydrolýzou [79]. Nejdříve se provádí kyselá hydrolýza roztokem kyseliny sírové o předepsané koncentraci za varu a následném promytí nerozpustného zbytku. Následuje alkalická hydrolýza roztokem hydroxidu sodného o příslušné koncentraci za varu, promytí, vysušení a zvážení nehydrolyzovaného zbytku a stanovení úbytku jeho hmotnosti po spálení při teplotě 550 °C [85].

3.4.2 Neutrálně-detergentní vláknina

Obsah neutrálně-detergentní vlákniny (neutral-detergent fibre – NDF) se stanoví jako zbytek buněčných stěn rostlinných pletiv po hydrolýze vzorku v prostředí neutrálního roztoku s použitím α -amylázy [87]. Neutrálně-detergentní roztok a tepelně stabilní α -amyláza se používají k rozpuštění lehce stravitelných bílkovin, tuků, cukrů, škrobů i pektinů v potravinách, zanechávajících nerozpustné části vlákniny. Mezi tyto nerozpustné formy vlákniny patří nestravitelné dusíkaté látky, lignin, celulóza a hemicelulóza. Po hydrolýze následuje promytí, vysušení a zvážení nehydrolyzovaného zbytku a stanovení úbytku jeho hmotnosti po spálení při 550 °C [88].

3.4.3 Acido-detergentní vlákna

Acido-detergentní vlákna (acido-detergent fibre – ADF) je lignocelulózový zbytek buněčných stěn rostlinných pletiv, který kromě ligninu a celulózy obsahuje i oxid křemičitý a nerozpustné formy dusíku. ADF je tedy zbytek, který zůstane po vaření vzorku v kyselém roztoku detergentního prostředku [79]. Stanovuje se vážkovou metodou po kyselé hydrolyze vzorku v kyselém prostředí roztoku cetyltrimetylamonium bromidu [87]. K hydrolyze lze použít kromě kyseliny a hydroxidu i saponáty (tenzidy). Těmi lze solubilizovat i dusíkaté látky vzorku a poté se může použít kyselá hydrolyza zředěnou kyselinou sírovou [88].

3.4.4 Celková vlákna

Celková vlákna je suma rozpustné a nerozpustné vlákniny. Stanovuje se kombinací enzymově-gravimetrických metod a kapalinovou chromatografií. Rozpustná vlákna je stanovena jako suma vlákniny rozpustné ve vodě i v alkoholu + vlákna rozpustná ve vodě, ale nerozpustná v alkoholu. Jako nerozpustná vlákna se označuje i vlákna nerozpustná v alkoholu [85]. Proveďte se gravimetrická izolace nerozpustné vlákniny. Stanovuje se suma rozpustných a nerozpustných polysacharidů. Využívá se amyláza, proteáza a amyloglukosidáza. Vzorky se vaří s termostabilní amylázou, kdy dochází k depolymerizaci a gelování škrobu. Vzorky se pak inkubují s proteázou a amyloglukosidázou. Následuje přidavek přebytku etanolu, čímž se vysráží rozpustná vlákna a odstraní se zbytek glukózy a proteinů. Nastane filtrace, promytí zbytku na filtru etanolem a acetonem a jeho sušení. Stanoví se popel a bílkoviny. Celková vlákna je hmotnost zfiltrovaného a vysušeného zbytku po odečtení podílu bílkovin a popela [87].

4 STRAVITELNOST

Luštěniny jsou důležitou a zdravou součástí lidské výživy. Jejich pravidelná konzumace zlepšuje zdravotní stav našeho organismu. Luštěniny jsou cenné pro vysoký obsah bílkovin a aminokyselin [89]. Mezi nevýhody luštěnin patří, že jsou pro většinu lidí hůře stravitelné a způsobují nadýmání, hlavně u osob, které nejsou na konzumaci luštěnin zvyklí. Proto je potřeba luštěniny upravovat tak, abychom plynotvorné působení luštěnin co nejvíce omežili. Nejlepším způsobem je nechat luštěniny naklíčit [16]. Sacharidy způsobující nadýmání se během klíčení rozštěpí na jednoduché sacharidy, které už nám nadýmání nezpůsobují. Bílkoviny se částečně rozštěpí na aminokyseliny a rovněž dojde ke vzniku některých vitamínů a enzymů [90]. Dalším způsobem snížení nadýmání je namáčení luštěnin před vařením. Vodu z namočených luštěnin slijeme a už ji nepoužíváme [91]. Během vaření můžeme k luštěninám přidat některé byliny a koření, které rovněž podpoří lepší trávení a luštěniny navíc výtečně dochutí. Mezi nejčastěji používané patří římský kmín, fenykl, saturejka, bazalka, v Indii je často používán koriandr, zázvor a kari [92].

4.1 Trávicí soustava

Procesy trávení zůstávají vždy stejné, ať sníme jakoukoliv potravinu. Zdravý dospělý člověk zkonzumuje během jednoho roku až půl tuny potravin. Potravu je nutné strávit, aby se našemu organismu dostalo potřebných živin k zachování a udržení zdraví, růstu, reprodukčních schopností a aktivity [26]. Základní obecná doporučení navrhují ideální hmotnostní poměr bílkoviny : tuky : cukry 1 : 1 : 4 – 6, poměr živočišné : rostlinné bílkoviny 1 : 1 a poměr SAFA : MUFA : PUFA 1 : 2 : 1 z celkového energetického příjmu [10].

Proto je doporučována rozmanitá strava bohatá na bílkoviny, vitaminy, vlákninu, minerální látky, esenciální mastné kyseliny. Omezujeme potraviny s vysokým obsahem tuku, snižujeme spotřebu cukru a soli, dodržujeme dostatečný příjem tekutin [28].

Třemi hlavními součástmi stravy jsou proteiny, sacharidy a lipidy. Bílkoviny jsou využívány převážně k výstavbě a rekonstrukci tkání, sacharidy poskytují energii nutnou k různým funkcím a procesům v organismu a lipidy slouží jak k výstavbě, tak napomáhají správné činnosti řízení organismu [37]. Pro práci nervů a svalů a k růstu a vývoji potřebujeme i vitaminy a minerální látky. Strava musí obsahovat i nestravitelné látky – vlákninu, která přispívá k účinnějším trávicím pochodům. Velmi důležitou látkou při trávicích pochodech je voda [42].

Úlohou trávicí soustavy je přijat a chemicky rozložit živiny, zabezpečit jejich přesun do krve a odstranit z těla nestravitelné a odpadní složky potravy. Trávení je základním předpokladem vstřebávání a vstřebávání zase podmiňuje látkovou přeměnu a uvolňování energie z živin. Aby došlo ke splnění těchto procesů, je potřeba, aby se potrava pomocí trávicího mechanismu rozmělnila na kašovitou hmotu, promíchala se s trávicími šťávami, chemicky se rozložila a posunovala se až po konečník [93]. Trávicí mechanismus zajišťuje trávicí trubice. Je to dlouhý orgán, který slouží k mechanickému a chemickému zpracování přijaté potravy. Počáteční částí trávicí soustavy je dutina ústní, konečnou částí otvor řitní. Histologická stavba trávicí trubice obsahuje od jícnu po řitní kanál čtyři vrstvy [94]:

1. Sliznice = *mukosa*
2. Podslizniční vrstva = *submukosa*
3. Zevní svalová vrstva = *tunica muscularis*
4. Povrchová zevní vrstva = *serosa*

4.1.1 Dutina ústní

Vstupní částí trávicí soustavy je dutina ústní. Skládá se z ústního otvoru, který je ohraničen rty, tvářemi, měkkým a tvrdým patrem a jazykem. Hlavním úkolem dutiny ústní je přijímání potravy a její rozmělnění kousáním, žvýkáním a za pomoci slin, které obsahují enzym ptyalin. Ptyalin rozkládá škroby na dextrin, za určitých podmínek až na maltózu. Dutinu ústní tvoří jazyk, slinné žlázy a zuby [95].

4.1.1.1 Jazyk

Jazyk (*lingua*) je svalový orgán z příčně pruhované svaloviny, složený ze dvou částí – těla a kořene. Nachází se v dutině ústní. Zúčastňuje se při zpracování potravy, uplatňuje se při formování polykané potravy a jejího posunu dál do hltanu. Na hřbetu jazyka je sliznice s množstvím jazykových bradaviček obsahujících nervová zakončení a orgány na rozpoznávání chuťových vjemů [96]. Receptory mají své specifické umístění. Na špičce jazyka vnímáme chuť sladkou, v zadní části a na kořeni jazyka chuť hořkou a po stranách vnímáme chuť slanou a kyselou. Kořen jazyka má sliznici opatřenou jazykovými uzlíky. Soubor uzlíků tvoří jazykovou mandli. Mezi funkce jazyka patří i tvorba hlásek [97].

4.1.1.2 Slinné žlázy

Významnou skupinu trávicích žláz představují žlázy dutiny ústní. Jedná se o velké slinné žlázy, příušní, podčelistní a podjazykové žlázy a velké množství drobných žlázek rozse-

tých v dutině ústní. Slinné žlázy (*glandula salivaria*) produkují sekret – sliny, které zvlhčují a rozmělnují potravu. Obsahují 99 % vody a 1 % organických a anorganických látek. Součástí slin je slinná amyláza ptyalin, který štěpí ve vodě nerozpustné polysacharidy až na rozpustnou, sladkou maltózu, dráždící chuťové buňky. Součástí slin je i mucin a lysozym [98]. Denní produkce slinných žláz jsou až dva litry slin denně, pH slin je neutrální. Sliny jsou potřebné ke správné funkci dutiny ústní, jícnu a žaludku. Sliny obalují sousto a usnadňují jeho polykání, rozmělnují potravu, chrání sliznici dutiny ústní, usnadňují pohyby při žvýkání a artikulaci, čistí dutinu ústní a jícnu [99]. Sliny stimulují chuťové pohárky, chrání před infekcí. Sliny obsahují 99 % vody, 0,7 % organických látek a 0,3 % anorganických látek. Slinami dochází k částečnému rozpouštění a počátečnímu trávení škrobů v ústech za účasti ptyalinu – slinné amylázy. Součástí slin je taky mucin, který slinám dodává vazkost a potravě kluzkost. Lysozym ve slinách ničí bakterie a choroboplodné zárodky [95].

4.1.1.3 Zuby

Zuby (*dentes*) jsou uloženy v kostěných lůžkách pokrytých dásněmi v horní i dolní čelisti. Slouží ke kousání, rozmělnování, řezání, trhání a dělení potravy v dutině ústní. Zuby mají vyčnívající korunku, krček obklopený dásňovou sliznicí a kořen zapuštěný do lůžka dásňového výběžku čelisti [93]. Povrch zubu kryje sklovina (email), pod ní je zubovina (dentin). Uvnitř korunky je dutina dřevná, vyplněná dřeví (pulpou) s cévami a nervy. Podle tvaru korunek rozlišujeme 4 druhy zubů – řezáky, špičáky, stoličky a zuby třenové. Během vývinu se u lidí vystřídají dva typy chrupu, mléčný a trvalý [99].

4.1.2 Hltan

Hltan (*pharynx*) dokončuje polykací akt. Je společnou částí dýchací a trávicí soustavy, které odděluje. Je složen ze tří částí, z nosohltanu, ústní části hltanu a hrtanové části [93].

4.1.3 Jícen

Jícen (*oesophagus*) je svalová trubice, dosahující délky 25 – 30 cm, o průměru 1,5 cm. V klidovém stavu je stažena. Navazuje na hltan ve výšce krčního obratle C6, sestupuje zadním mezihrudím k otvoru bránice, po jeho průchodu ústí do žaludku. Horní část tvoří příčně pruhované svalstvo, dolní část tvoří svalstvo hladké. Hltan vykonává peristaltické pohyby [95].

4.1.4 Žaludek

Žaludek (*ventriculus*) je nejdůležitějším orgánem trávicího traktu. Jícen navazuje na žaludek česlem. Žaludek je vakovitě rozšířeným úsekem trávicí trubice o objemu 1,5 – 2 litry [93]. Objem žaludku nalačno je jen 0,5 l. Slouží jako dočasný rezervoár přijaté potravy, dochází v něm k mechanickému zpracování a míchání obsahu s žaludeční šťávou, hnětení a drcení pevných částí potravy a trávení potravy [95]. Změny objemu umožňují dva mechanismy. Receptivní relaxace – ochabnutí stěny proximálního žaludku při příchodu sousta a adaptivní relaxace – při postupném stahování. Žaludek je uložen pod levým lalokem jater. Je vystlán sliznicí, krytou jednojaderným válcovým epitelem, který se vchlipuje do slizničního vaziva a tvoří četné tubicovité žlázy, produkující žaludeční šťávu. Vyměšování žaludeční šťávy je řízeno chemicky a nervově [96]. Sousta, která přicházejí do žaludku, dráždí žaludeční sliznici, v ní se vytváří hormon gastrin, který je krví zanesen ke žlázám sliznice a vyvolává sekreci žaludeční šťávy. Stahy žaludeční svaloviny potravu rozměňují a důkladně promíchávají. Trávenina (*chymus*) je pomalu posunována k vrátníku (*pylorus*). Kruhovým svěračem vrátníku je trávenina po malých dávkách uvolňována do dvanáctníku. Nejvýznamnější složkou žaludečních šťáv je kyselina chlorovodíková, pepsin a mucin [97].

4.1.4.1 Kyselina chlorovodíková

Kyselina chlorovodíková vytváří v žaludku kyselé prostředí, ničí choroboplodné zárodky, inaktivuje většinu spolykaných bakterií, brání rozkladu vitaminů B₁, B₂, C. Přeměňuje nerozpustné minerální látky na soli rozpustné ve vodě, umožňuje přeměnu neúčinného pepsinogenu na účinný pepsin [96]. Rovněž pomáhá redukci Fe³⁺ na vstřebatelnou formu Fe²⁺, kterou udržuje v roztoku. Uplatňuje se při bobtnání vaziva, rozvolnění svalových snopců a při koagulaci bílkovin, čímž usnadňuje jejich enzymový rozklad [99].

4.1.4.2 Pepsin

Pepsiny jsou kyselé proteázy, tvořeny jako proenzymy. Štěpí ve vodě nerozpustné bílkoviny na rozpustné polypeptidy. K aktivaci dochází při pH 4 nebo autokatalytickými procesy. Ireverzibilní inaktivace probíhá při pH 7 – 8. Endopeptidázy štěpí polypeptidy uvnitř řetězce. Optimální pH je 1,8 – 3,5, nad pH 5 proteolytická aktivita klesá. Mohou rozložit až 20 % proteinů potravy [98].

4.1.4.3 Mucin

Mucin je glykoprotein, který je součástí zásaditého hlenu – viskózního lepkavého sekretu, který vytváří ochranný povlak na žaludeční sliznici. Chrání ji tak před mechanickým a chemickým poškozením a před natrávením vlastní žaludeční šťávou. Vrstva hlenu je vysoká asi 0,6 mm. Na hlen i na slizniční povrch je přímo absorbovaná vrstva fosfolipidů [95].

4.1.4.4 Pankreatin

Pankreatin je trávicí enzym, produkován slinivkou břišní. Je součástí pankreatické šťávy, které se denně vytvoří 1,5 až 2 litry. Její pH se pohybuje v rozmezí 7,1 – 8,2. Skládá se z hydrogenuhličitanu sodného a ze skupiny trávicích enzymů – pankreatické amylázy, pankreatické lipázy, trypsinu, chymotrypsinu a karboxypeptidázy [96]. Pankreatická šťáva obsahuje až 22 různých enzymů, které jsou schopné štěpit sacharidy, bílkoviny a lipidy na jednoduché látky – jednoduché cukry a dextrin, peptidy a aminokyseliny a glycerol a mastné kyseliny, které organismus dokáže vstřebat a využít [97].

4.1.5 Tenké střevo

Tenké střevo (*intestinum tenue*) tvoří nejdelší část trávicí soustavy. Je dlouhé 3 až 5 metrů a široké 3 cm. V tenkém střevu probíhá konečné trávení potravy a vstřebávají se zde živiny. Začíná od svěrače vratníku a ústí do tlustého střeva [93]. Má bohatě zřasenou sliznici složenou v kruhovitě řasy. Řasy jsou trvalé, příčně uložené záhyby sliznice a submukózy. Zvětšují povrch střeva, umožňují spirálovitý pohyb tráveniny. Vybíhá v klky – prstovité výběžky sliznice. Jsou viditelné pouhým okem, mohou se při trávení pohybovat [95]. Dvanáctník (*duodenum*) je počáteční úsek tenkého střeva dosahující délky zhruba 28 cm, otvírá se do něj žlučový vývod a vývod slinivky břišní. Plynulým pokračováním dvanáctníku je lačník (*jejunum*). Tvoří asi 2/3 délky tenkého střeva. Zbývající délku tenkého střeva zabírá kyčelník (*ileum*). Lačník a kyčelník tvoří jeden celek a jsou poskládány do kliček, které vyplňují značnou část břišní dutiny [96]. Kličky jsou zavěšeny k zadní stěně břišní tenkou zřasenou blánou – okružím. Mezi klky jsou ve sliznici jednoduché střevní žlázy, které produkují slabě zásaditou střevní šťávu. Šťáva obsahuje enzymy amylázy, které štěpí sacharidy, peptidázy, štěpící bílkoviny až na aminokyseliny a lipázy, které štěpí lipidy [97]. V tenkém střevě rozlišujeme dva druhy pohybů uskutečňovaných hladkým svalstvem střevní stěny – segmentační a peristaltické. Pro správnou funkci tenkého střeva je důležitá hybnost a sekrece, řízeny nervově i hormonálně. Většina trávicích a resorpčních pochodů

probíhá v duodenu a jejunu. Při segmentačních pohybech dochází k promíchávání tráveniny se šťávami tenkého střeva [98]. Peristaltické pohyby mohou urychlit pohyb tráveniny přes tenké střevo až na 25 cm za minutu. Hlavní část tráveniny začíná přecházet do tlustého střeva asi dvě hodiny po přijetí potravy. Tento přechod trvá 2 až 4 hodiny [99].

4.1.6 Tlusté střevo

Tlusté střevo (*intestinum crassum*) je posledním úsekem trávicí soustavy, kde dochází ke konečnému zahuštění a vyměšování potravy z organismu. V tlustém střevě dochází i ke vstřebávání vitaminů, minerálů, solí a vody. Hromadí se v něm nestrávené a nestravitelné zbytky přijaté potravy [93]. V tlustém střevě žijí hnilobné a kvasné bakterie, tzv. střevní mikroflóra. Hnilobné bakterie produkují sulfan, fenoly a amoniak, kvasné bakterie produkují metan a oxid uhličitý. Činností střevních bakterií vznikají vitamin B₁₂ a K. Hlavní funkcí mikroorganismů tlustého střeva je vytvoření bariéry proti patogenům a potencionálním patogenům, obsazení vazebných míst, brzdění růstu, usmrcení, snížení střevního pH, antagonismus střevní a patogenní mikroflóry. Produkty mikroorganismů jsou kyselina propionová, máselná a mléčná s pozitivním vlivem na motilitu a prokrvení střevní stěny [96]. Tlusté střevo obtáčí tenké střevo ze tří stran. Měří přibližně 1,5 m a průsvit má 5 až 7 cm široký. Má několik úseků. Prvním je slepé střevo, na které navazuje červovitý přívěšek (*appendix*), sloužící jako imunitní orgán. Dalšími částmi tlustého střeva jsou vzestupný tračník, příčný a sestupný tračník s esovitou kličkou [97]. Poslední částí trávicí soustavy je konečník, na který navazuje řitní kanál s řitním otvorem. Sliznice tlustého střeva nemá řasy ani klky. Obsahuje velké množství pohárkových buněk, vylučujících hlen, který usnadňuje klouzání střevního obsahu [96]. K plnění tlustého střeva dochází za 4 až 8 hodin po jídle. Hlavní funkcí tlustého střeva je regulace objemu a elektrolytového složení stolice a funkce rezervoáru po dobu, než dojde k vyprázdnění obsahu. Tlusté střevo pojme asi 1,5 l tekutého chymu, který je měněn koncentrací a činností na stolici o obsahu 60 – 120 ml [98]. Pro správnou činnost střev a správné vyprazdňování je důležitý příjem vlákniny v potravě. Vlákna zabraňuje rozmnožování hnilobných bakterií a naopak podporuje činnost kvasných bakterií. Při rozkladu žlučových barviv dochází ke zbarvení stolice dohněda. Následuje defekace řitním otvorem. Denně se vyloučí 100 až 300 g stolice, podle charakteru přijaté potravy [99].

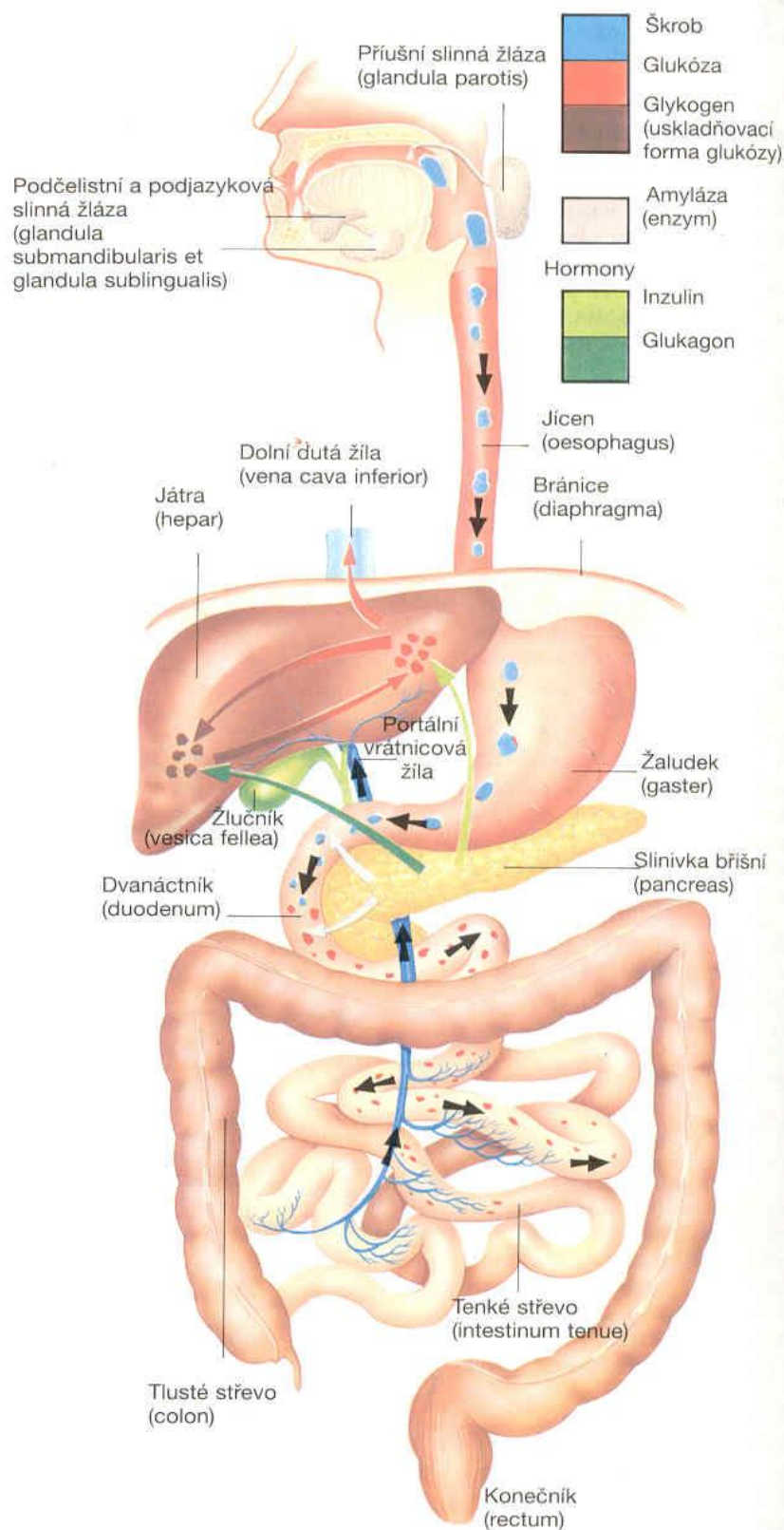
4.2 Trávení základních živin

Trávení je chemický rozklad potravy na základní složky. Začíná již v dutině ústní, ve které působí enzymy obsažené ve slinách a pokračuje po celé délce trávicího traktu. Sacharidy se rozkládají až na glukózu, proteiny jsou rozkládány na základní stavební kameny aminokyseliny a tuky se mění na mastné kyseliny. Každá ze vzniklých složek je využívána jako zdroj různých metabolických procesů, z nichž se formují nové tkáně, nebo vzniká energie, která může být i uskladňována např. v játrech. Odpadní produkty jsou z organismu vylučovány [93]. Trávení je mechanické a chemické zpracování potravy, kdy zároveň dochází ke vstřebávání živin do organismu přes stěny trávicího ústrojí. Na trávení se podílí enzymy trávicí soustavy [94].

4.2.1 Metabolismus a trávení sacharidů

Zásadní význam při metabolismu sacharidů má glukóza. Je součástí všech tělních tekutin. Její stálá koncentrace je v krevní plazmě. K jejímu zvýšení dochází při příjmu potravy. Nadbytečné množství glukózy se přemění na glykogen a je uloženo v játrech a v kosterním svalstvu [93]. Podle potřeby se glykogen přemění zpět na glukózu a ta na jednodušší látky. Konečným produktem oxidace glukózy je oxid uhličitý a voda. Zároveň dojde k uvolnění energie, která se váže do molekul ATP. Glukóza se může přeměňovat na lipidy [95].

Trávení sacharidů začíná v ústní dutině. Zde se polysacharidy – škrob a glykogen rozkládají za účasti enzymu α -amylázy, který je obsažen ve slinách a působí i v jícnu a v hltanu, kde rozkládá polysacharidy na disacharid maltózu. V žaludku končí štěpení škrobů [93]. K dalšímu rozkladu sacharidů dochází v tenkém střevě, kde α -amyláza pochází ze slinivky břišní. V tenkém střevě napomáhá rozkladu sacharidů i další enzym – maltáza, který rozkládá disacharid maltózu na dvě molekuly glukózy. V tenkém střevě se však rozkládají i jiné cukry, například enzym sacharáza rozkládá sacharózu na fruktózu a glukózu, laktáza rozkládá laktózu na galaktózu a glukózu. Poté jsou jednoduché cukry vstřebávány do krve [99].



Obr. 12. Trávicí soustava člověka [94]

4.2.2 Metabolismus a trávení lipidů

Lipidy jsou základní stavební složkou biomembrán. Malé množství lipidů je obsaženo i v krevní plazmě. Mají i zásobní a ochrannou funkci. Při trávení se rozštěpí na mastné kyseliny a glycerol. Při odbourávání na jednodušší látky se glycerol začlení do anaerobní glykolýzy a mastné kyseliny jsou po dvouuhlíkatých částech zařazeny β -oxidací do Krebsova cyklu [95].

V žaludku dochází k emulgaci tuků a k rozkladu tuků dochází ve větší míře v tenkém střevě. Trávení tuků je složitý proces, jelikož nejsou rozpustné ve vodě a činnost hydrolytických enzymů je ztížena, proto dochází k již zmíněné emulgaci – štěpení tuku na menší částice působením žlučových solí. Po emulgaci začnou pracovat lipázy, které štěpí tuk na mastné kyseliny, 2-monoacylglyceroly a až na glycerol. K tomuto štěpení dochází ve dvanáctníku. Produkty štěpení se difúzí dostanou do enterocytů – buněk tenkého střeva, kde se z těchto štěpů znovu syntetizují neutrální tuky, které jsou ukládány do chylomikronů, které se uvolňují do krevního oběhu [96].

4.2.3 Metabolismus a trávení bílkovin

Bílkoviny jsou základními stavebními složkami organismu. Uplatňují se i jako enzymy a hormony. Štěpí se na aminokyseliny, které jsou potřebné k syntéze stavebních bílkovin organismu, k syntéze hormonů a enzymů, k syntéze plazmatických bílkovin a k přeměně na sacharidy [93]. Část aminokyselin se odbourává na jednodušší látky, při tom se získává energie. Bílkoviny se do zásoby neukládají. Během katabolického odbourávání aminokyselin dochází k jejich deaminaci. Aminové skupiny se odštěpují ve formě toxického amoniaku, který je v jaterních buňkách v ornitinovém cyklu přeměněn na močovinu, která odchází krví do ledvin, ze kterých je vyloučena močí. Uhlíkaté zbytky aminokyselin se začleňují do Krebsova cyklu, kde jsou dekarboxylovány a dehydrogenovány [99].

Trávení bílkovin začíná v žaludku, kde dochází k promísení potravy se žaludečními šťávami, které tvoří kyselina chlorovodíková, pepsiny, α -amyláza a další látky. Promícháváním potravy vznikne trávenina, která je kašovitě konzistence [93]. Vzhledem k tomu, že žaludeční šťáva obsahuje velké množství kyseliny chlorovodíkové, je v žaludku kyselé prostředí a pH 1 – 2. Kyselé prostředí vede k narušení mezibuněčné hmoty a ke zničení bakterií. Vylučování žaludečních šťáv řídí hormon gastrin [95]. Ten zajišťuje produkci šťáv, kdy je žaludek naplněn a zároveň zastavuje produkci šťáv, pokud je žaludek prázdný. I pepsin se podílí na rozkladu bílkovin na jednodušší polypeptidy. Aby pepsin netrávil i

stěny žaludku, je produkován v inaktivní formě jako pepsinogen. Jiné buňky žaludeční stěny vylučují kyselinu chlorovodíkovou a při reakci s pepsinogenem vzniká v dostatečné vzdálenosti od žaludeční stěny pepsin [96]. Stěny žaludku jsou chráněny hlenem obsahující mucin, přesto je stěna žaludku narušována a musí se pravidelně obnovovat. V tenkém střevě se díky enzymu slinivky břišní – trypsinu rozkládají polypeptidy na peptidy. Tento proces je aktivován enteropeptidázou, která přemění neúčinný trypsinogen na trypsin za spoluúčasti enzymu chymotrypsinu. Další štěpení probíhá působením enzymů aminopeptidáz, dipeptidáz a karboxypeptidáz, které rozdělují řetězce na jednotlivé aminokyseliny [97].

4.3 Způsoby stanovení stravitelnosti

Živinu přijatou potravinou, která se z těla nevyloučila stolicí, označujeme jako stravitelnou. Běžně zjišťujeme množství bilančně stravitelné živiny, kdy od obsahu živin v potravě odečteme obsah živin v exkrementech. Procentuální podíl bilančně stravitelné živiny z jejího celkového obsahu v potravě nazýváme koeficientem bilanční (zdánlivé) stravitelnosti (KBS). Pokud od zdánlivě stravitelné živiny odečteme kromě obsahu živin v exkrementech i obsah živin metabolického původu, zjistíme množství skutečně stravitelné živiny. Její procentuální podíl nazýváme koeficientem skutečné stravitelnosti (KSS) [27, 89]. Metody stanovení stravitelnosti rozdělujeme na biologické a chemické. Biologické metody dále rozdělujeme na klasické a indikátorové metody, u kterých se jako indikátory používají externí zdroje – oxid chromitý, síran barnatý a polyetylenglykol, z interních zdrojů např. popel potraviny nebo lignin. U chemických metod se stravitelnost stanovuje *in vitro*. To znamená, že vytvoříme požadované podmínky, jaké jsou při stanovení *in vivo*. Při metodě *in vitro* simulujeme trávení člověka vytvořením co nejvhodnějších podmínek. Upravujeme teplotu, pH, přidáváme enzymy a roztok kyseliny chlorovodíkové [84, 85].

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 CÍL PRÁCE

Cílem diplomové práce bylo sledovat vliv klíčení a vaření na stravitelnost a obsah hrubé a neutrálně-detergentní vlákniny ve vybraných druzích čočky. Pro naplnění tohoto hlavního cíle bylo potřeba splnit následující dílčí cíle:

1. vypracovat literární rešerži týkající se luštěnin a čočky (botanická charakteristika, chemické složení, význam ve výživě), vlákniny a stravitelnosti;
2. vhodně uvařit a naklíčit 7 druhů čočky;
3. u suchých, vařených i klíčených druhů čočky stanovit
 - obsah sušiny a popele,
 - obsah hrubé a neutrálně-detergentní vlákniny
 - stravitelnost organické hmoty a sušiny metodou *in vitro*;
4. získané výsledky statisticky vyhodnotit a diskutovat.

6 METODIKA

6.1 Charakteristika vzorků a úprava vzorků čočky před analýzou

Ke stanovení obsahu sušiny, popele, stravitelnosti, hrubé a neutrálně-detergentní vlákniny bylo použito sedm druhů čočky. Jednalo se o tyto vzorky: čočka velkozrná, čočka červená neloupaná, čočka červená loupaná půlená, čočka tmavozelená, čočka Beluga, čočka žlutá půlená loupaná a čočka francouzská zelená. Bližší charakteristika vzorků je uvedena v Tab. 6.

Tab. 6: Charakteristika analyzovaných vzorků čočky

Označení vzorku	Vzorek	Země původu	Výrobce
A	Čočka velkozrná	EU	Zdraví z přírody
B	Čočka červená neloupaná	Turecko	Zdraví z přírody
C	Čočka červená loupaná půlená	Kanada	Zdraví z přírody
D	Čočka tmavozelená	Kanada	Zdraví z přírody
E	Čočka Beluga	Kanada	Davert
F	Čočka žlutá půlená loupaná	Kanada	Arax
G	Čočka francouzská zelená	Francie	Arax

Všechny vzorky byly odebrány z neotevřeného balení z PVC o hmotnosti 500 g. Při analýze suchých vzorků byly vzorky rozemlety na elektrickém mlýnku Combi-Star a uloženy v uzavíratelných neprůhledných nádobách na suchém a tmavém místě. Před analýzou vařených vzorků byly jednotlivé druhy neloupané čočky (vzorky A, B, D, E a G) nejdříve na dvě hodiny namočený do studené vody, následně uvařeny doměkka v čerstvé vodě, rozmi-

xovány tyčovým mixerem a uloženy v uzavíratelných neprůhledných nádobách v chladničce (maximálně po dobu 1 dne). Loupané druhy (vzorky C a F) se před vařením nenamáčely vůbec. Doba vaření se u neloupaných druhů pohybovala mezi 15 až 20 minutami, loupané druhy byly uvařeny za 5 minut. Před klíčením byly jednotlivé vzorky neloupaných druhů čočky na 7 hodin (přes noc) namočený do studené destilované vody. Poté byly vzorky rozprostřeny na sterilní Petriho misky s navlhčenou vatou a 2x denně kropeny destilovanou vodou, aby byly stále udržovány ve vlhkém stavu. Po 4 dnech byly vzorky (klíčky i dělohy) rozmixovány tyčovým mixerem a uloženy v chladničce v uzavíratelných neprůhledných nádobách (maximálně po dobu 1 dne). Loupané druhy čočky z důvodu odstranění klíčků nakličovány nebyly.

6.2 Chemikálie

H₂SO₄ (Ing. Petr Lukeš, ČR)

NaOH (Lach-Ner, ČR)

Aceton (Ing. Petr Lukeš, ČR)

Neutrálně-detergentní činidlo obsahující disodnou sůl kyseliny etylendiamintetraoctové, tetraboritan sodný dekahydrát, hydrogenfosforečnan sodný a laurylsulfát sodný (ANKOM Technology, USA)

Trietylglykol (ANKOM Technology, USA)

Na₂SO₃ (Lach-Ner, ČR)

α-amyláza (ANKOM Technology, USA)

HCl (Ing. Petr Lukeš, ČR)

KH₂PO₄ (Ing. Petr Lukeš, ČR)

Na₂HPO₄·12 H₂O (Ing. Petr Lukeš, ČR)

Pepsin (z vepřové žaludeční sliznice), aktivita 0,7 FIP-U/mg, (Merck KGaA, Německo)

Pankreatin (z vepřové slinivky), proteázová aktivita 350 FIP-U/g, lipázová aktivita 6000 FIP-U/g, amylázová aktivita 7500 FIP-U/g USP, (Merck KGaA, Německo)

6.3 Přístroje a pomůcky

ANKOM²²⁰ Fiber Analyzer s nosičem sáčků (ANKOM Technology, USA)

Sušárna VENTICELL (BMT Medical Technology s.r.o., ČR)

Muflová pec 018 LP (Elektrické pece Svoboda, ČR)

Inkubátor Daisy II (ANKOM Technology, USA)

Analytické váhy EP 214 CM (OHAUS, USA)

Váhy EK-600H (Helago, ČR)

Kuchyňský tyčový mixer (Braun, Německo)

Elektrický mlýnek Combi-Star (Waldner Biotech, GmbH, Rakousko)

Digesční nádoby (ANKOM Technology, USA)

Filtrační sáčky F 57, velikost pórů 50 μm (ANKOM Technology, USA)

Zařízení ke svařování filtračních sáčků – IMPULSE SEALER, TYP KF-200H

Laboratorní sklo a běžné pomůcky

6.4 Stanovení sušiny

Sušina představuje všechny složky obsažené v potravinách, kromě vody a plynů, které zůstanou po zahřevu a odparu při teplotě 105 °C až do konstantní hmotnosti. Jedná se o přesné stanovení procentuálního podílu látek z původní 100% hmotnosti. Komplementárním doplňkem sušiny je vlhkost. Součet obou komplementárních podílů, tedy sušiny a vlhkosti musí dát vždy 100 % původní hmotnosti [67].

Pracovní postup:

Do předem vysušených a zvážených hliníkových misek byl na analytických vahách navážen 1 g vzorku s přesností na čtyři desetinná místa. Následně byly misky se vzorky umístěny do elektrické předehřáté sušárny a při 105 °C byly sušeny do konstantního úbytku hmotnosti. Poté byly vzorky přemístěny do exsikátoru k vychladnutí. Po vychladnutí byly misky zváženy na analytických vahách. V případě vařených a klíčených vzorků čočky byl při stanovení sušiny použit vysušený mořský písek [100].

Obsah vlhkosti byl vypočítán podle vztahu:

$$V = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \cdot 100$$

kde: V vlhkost vzorku v % hm.

m_1 hmotnost vysušené prázdné misky [g]

m_2 hmotnost misky se vzorkem před vysušením [g]

m_3 hmotnost misky se vzorkem po vysušení [g]

Obsah sušiny byl vypočítán podle vztahu:

$$S = 100 - V$$

kde: S obsah sušiny [hm.%]

V obsah vody (vlhkosti) [hm.%]

6.5 Stanovení popele

Popel je definován jako množství anorganických látek, které zůstanou po spálení vzorku v peci při teplotě 550 ± 10 °C. Množství popele vypočítáme po zvážení zbytku vzorku na analytických vahách [68].

Pracovní postup:

Do vyžehnaného a na analytických vahách zváženého porcelánového kelímku byl navážen 1 g vzorku s přesností na čtyři desetinná místa. Následně byl kelímek vložen do vyhřáté elektrické pece a vzorek byl spalován po dobu 5,5 hodin při teplotě 550 °C. Po uplynutí této doby byl kelímek přemístěn pomocí kleští do exsikátoru. Po vychlazení byl kelímek zvážen na analytických vahách [100].

Obsah popele byl vypočítán podle vztahu:

$$P = \frac{m_3 - m_1}{m_2} \cdot 100$$

kde: P obsah popele v % (w/w)

m_1 hmotnost prázdného kelímku před vyžeháním [g]

m_2 hmotnost navážky vzorku [g]

m_3 hmotnost kelímku se vzorkem po spálení [g]

6.6 Stanovení hrubé vlákniny

Hrubá vláknina je nestravitelná, tedy nerozpustná ve vodě. Jejími složkami jsou celulóza, hemicelulóza a lignin. Stanovuje se po kombinované hydrolýze. Nejdříve se provádí kyselá hydrolýza roztokem kyseliny sírové, po ní následuje alkalická hydrolýza roztokem hydroxidu sodného [87]. Stanovení hrubé vlákniny bylo provedeno pomocí přístroje ANKOM²²⁰ Fiber Analyzer (viz Obr. 13). Při stanovení vlákniny vybraných druhů čocky bylo využíváno technologie filtračních sáčků. Přes stěnu filtračního sáčku odchází ze vzorku do roztoku látky rozpustné a nerozpustné částice zůstávají uvnitř sáčku. Působení kyselin a hydroxidů nemá na filtrační sáčky vliv, takže zůstávají neporušeny [100]. Nosič pojme až 24 vzorků, rozdělených po třech kusech v jednotlivých patrech nádoby.

Pracovní postup:

Prázdné sáčky byly promyty v acetonu a po vysušení filtračním papírem a odvětrání popsány fixem na textil. Poté byly zváženy na analytických vahách (m_1). Do každého filtračního sáčku bylo na analytických vahách naváženo 0,5 g vzorku s přesností na čtyři desetinná místa (m_2) a sáčky byly zataveny. Při analýze byl zataven i jeden prázdný sáček, tzv. korekční. Byla provedena příprava 2 l roztoku H_2SO_4 ($c = 0,1275 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$) a NaOH ($c = 0,313 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$). Po vložení nosiče do přístroje ANKOM²²⁰ a aplikaci roztoku H_2SO_4 byl přístroj řádně uzavřen. Zároveň byl nastaven ohřev a míchání. Kyselá hydrolýza probíhala 45 minut, po ukončení hydrolýzy byl roztok vypuštěn. Následovalo trojnásobné propláchnutí horkou vodou, 1x propláchnutí studenou vodou, vždy s nastaveným mícháním po dobu 5 minut. Po proplachování byl do přístroje aplikován roztok NaOH s dobou působení 45 minut. Následně byly provedeny proplachy, včetně míchání. Po ukončení hydrolýzy byly vzorky vytaženy, vyprány v acetonu, vysušeny filtračním papírem, odvětrány a na 4 hodiny vloženy do předehřáté elektrické sušárny při teplotě 105 °C. Poté byly sáčky vychlazeny v exsikátoru a zváženy na analytických vahách s přesností na čtyři desetinná místa. Následně byl každý sáček vložen do předem zváženého a vyžíhaného porcelánového kelímku a uložen do předehřáté elektrické pece na 550 °C po dobu 5,5 hodiny. Po uplynutí této doby byly kelímky přesunuty do exsikátoru a po vychladnutí zváženy na analytických vahách s přesností na čtyři desetinná místa [101].

Obsah hrubé vlákniny v % hm. byl vypočten podle vztahu:

$$CF = \frac{(m_3 - m_1 \cdot c_1) - (m_4 - m_1 \cdot c_2)}{m_2} \cdot 100$$

$$c_1 = \frac{m_s}{m_1}$$

$$c_2 = \frac{m_p}{m_1}$$

kde: CFobsah hrubé vlákniny [%]

m_1hmotnost prázdného sáčku [g]

m_2navážka vzorku [g]

m_3hmotnost sáčku po vysušení [g]

m_4hmotnost popele po spálení [g]

c_1korekce hmotnosti sáčku po hydrolýze

c_2korekce hmotnosti sáčku po spálení

m_shmotnost vysušeného prázdného sáčku [g]

m_phmotnost popele prázdného sáčku [g]



Obr. 13. ANKOM²²⁰ Fiber Analyzer

6.7 Stanovení neutrálně-detergentní vlákniny

Neutrálně-detergentní vláknina je zbytek nerozpustný v neutrálním detergentu. Analyzované vzorky se v prostředí neutrálního roztoku hydrolyzují. Nerozložená zůstává hemicelulóza, celulóza a lignin a to i ty jejich části, které při běžných analýzách přechází do roztoku. Jde tedy o zbytek buněčných stěn rostlinných pletiv [88]. Stanovení neutrálně-detergentní vlákniny bylo provedeno stejně jako u hrubé vlákniny pomocí přístroje ANKOM²²⁰ Fiber Analyzer.

Pracovní postup:

Nejdříve byla provedena příprava neutrálně-detergentního roztoku: 120 g neutrálně detergentního činidla a 20 ml trietylglykolu bylo doplněno destilovanou vodou do objemu 2 l. Do 2 l bylo přidáno 20 g Na₂SO₄ a 4 ml α-amylázy. Prázdné sáčky byly promyty v acetonu, vysušeny filtračním papírem, odvětrány a označeny fixem na textil, následně zváženy na analytických vahách (m_1). Do každého filtračního sáčku bylo na analytických vahách naváženo 0,5 g vzorku s přesností na 4 desetinná místa (m_2) a sáčky byly zataveny. Při každé analýze byl zataven i jeden prázdný sáček, tzv. korekční. Sáčky byly naskládány do nosiče. Po vložení nosiče do přístroje ANKOM²²⁰ byl vlit neutrálně-detergenční roztok, přístroj byl řádně uzavřen a bylo zapnuto topení a míchání. Po dosažení 100 °C probíhala analýza 75 minut, kdy docházelo k nepřetržitému prolévání extrakčního činidla přes filtrační sáčky. Po této době bylo topení a míchání vypnuto a roztok vypuštěn. Následovalo 3x propláchnutí horkou vodou vždy se 4 ml amylázy a 1x proplach studenou vodou, při každém propláchnutí bylo na 5 minut zapnuto míchání. Poté byly sáčky vytaženy, vysušeny filtračním papírem a na 3 minuty vloženy do acetonu. Následovalo opětovné vysušení filtračním papírem, odvětrání a vložení do přehřáté sušárny na 105 °C po dobu 4 hodin. Po uplynutí této doby byly sáčky přemístěny do exsikátoru k vychlazení. Po vychladnutí byly sáčky zváženy na analytických vahách (m_3). Jednotlivé sáčky pak byly vloženy do předem vyžíhaných a zvážených porcelánových kelímků a žíhány při 550 °C po dobu 5,5 hodiny. Po spálení a krátkém ochlazení pece byly kelímky přemístěny do exsikátoru a po vychladnutí zváženy na analytických vahách s přesností na čtyři desetinná místa (m_4) [101].

Obsah neutrálně-detergentní vlákniny byl vypočítán podle vztahu:

$$NDF = \frac{(m_3 - m_1 \cdot c_1) - (m_4 - m_1 \cdot c_2)}{m_2} \cdot 100$$

$$c_1 = \frac{m_s}{m_1}$$

$$c_2 = \frac{m_p}{m_1}$$

kde: NDF obsah neutrálně-detergentní vlákniny [%]

m_1 hmotnost prázdného sáčku [g]

m_2 navážka vzorku [g]

m_3 hmotnost sáčku po vysušení [g]

m_4 hmotnost popele po spálení [g]

c_1 korekce hmotnosti sáčku po hydrolyze

c_2 korekce hmotnosti sáčku po spálení

m_s hmotnost vysušeného prázdného sáčku [g]

m_p hmotnost popele prázdného sáčku [g]

6.8 Stanovení stravitelnosti

Stravitelnost je definována jako část přijaté potravy, resp. živin, které organismus umí rozložit a vstřebat, tedy využít pro růst a záchovu. Stravitelnost můžeme 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 potravou a dusíkatých látek vyloučených organismem [84]. V našem případě byla použita metoda *in vitro*, při které jsou za pomoci inkubátoru nasimulovány podmínky *in vivo* v laboratorním prostředí. Při tomto stanovení jsou vzorky inkubovány v kyselém prostředí, kde proběhla enzymatická hydrolyza pepsinem a pankreatinem [85].

Pracovní postup:

Bylo připraveno 1,7 l roztoku HCl ($c = 0,1 \text{ mol.dm}^{-3}$) a 1,7 l fosfátového pufru (pH 7,45), který byl připraven smícháním KH_2PO_4 a $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ v poměru 2:8. Do popsanych,

zvážených a v acetonu vypraných filtračních sáčků bylo naváženo 0,25 g homogenizovaného vzorku čočky. Sáčky byly zataveny svářečkou a spolu se zataveným prázdným (korekčním) sáčkem byly umístěny do inkubačních lahví v maximálním množství 25 kusů. Do každé inkubační lahve bylo přidáno 1,7 l roztoku HCl předem vytemperovaného na 40 °C, ve kterém byly rozpuštěny 3 g pepsinu. Lahve byly poté vloženy do inkubátoru a inkubovány 4 hodiny, což je přibližná doba, po kterou se potrava drží v žaludku. Po uplynutí této doby byly sáčky vyjmuty a několikrát propláchnuty destilovanou vodou. Následně byly sáčky vysušeny filtračním papírem. Poté byly sáčky vráceny do inkubačních lahví, do kterých bylo aplikováno 1,7 l fosfátového pufru předem vytemperovaného na 40 °C s přídavkem 3 g pankreatinu. Lahve byly umístěny do inkubátoru, a byly inkubovány 24 hodin. Tato doba simuluje trávení živin v tenkém střevu. Po inkubaci byly lahve na 30 minut vloženy do vodní lázně vyhřáté na 80 °C, čímž došlo ke zmazování škrobu. Následně byly sáčky vyjmuty a několikrát propláchnuty destilovanou vodou, přebytečná voda byla odstraněna filtračním papírem. Po odstranění vody byly sáčky 24 hodin sušeny v sušárně při teplotě 105 °C, následně přemístěny do exsikátoru a po vychlazení zváženy na analytických vahách s přesností na čtyři desetinná místa (m_3). Po zvážení byly sáčky vloženy do předem vyhřátých a zvážených porcelánových kelímků a spalovány v elektrické peci při teplotě 550 °C po dobu 5,5 hodiny. Po vychladnutí v exsikátoru byly zváženy na analytických vahách (m_4) [101]. Inkubátor Daisy II je zobrazen na Obr 14.



Obr. 14. Inkubátor Daisy II [103]

Stravitelnost vyjádřená jako stravitelnost sušiny a stravitelnost organické hmoty byla vy počtena podle vztahů:

$$DMD = 100 - \frac{100 \cdot DMR}{m_2 \cdot DM} = 100 - \frac{100 \cdot (m_3 - m_1 \cdot c_1)}{m_2 \cdot \frac{S \cdot m_s}{100}}$$

$$OMD = 100 - \frac{100 \cdot (DMR - AR)}{m_2 \cdot DM \cdot OM} = 100 - \frac{100 \cdot [(m_3 - m_1 \cdot c_1) - (m_4 - m_1 \cdot c_2)]}{m_2 \cdot \frac{S \cdot m_s}{100} \cdot \frac{S - P}{100}}$$

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]

S obsah sušiny ve vzorku [%]

AR hmotnost popela vzorku bez sáčku [g]

OM obsah organické hmoty v sušině vzorku [g]

P obsah popela ve vzorku [%]

m₁ hmotnost prázdného sáčku [g]

m₂ navážka vzorku [g]

m₃ hmotnost sáčku po vysušení [g]

m₄ hmotnost popele po spálení [g]

m_s navážka vzorku na stanovení sušiny [g]

c₁ korekce hmotnosti sáčku po hydrolýze [g]

c₂ korekce hmotnosti sáčku po spálení [g]

Výpočet korekcí:

$$c_1 = \frac{m_s}{m_1}$$

$$c_2 = \frac{m_p}{m_1}$$

Kde m_s hmotnost vysušeného prázdného sáčku [g]

m_p hmotnost popele prázdného sáčku [g]

m_1 hmotnost prázdného sáčku [g]

6.9 Statistické hodnocení výsledků

Výsledky stanovení obsahu sušiny, popele, stravitelnosti a hrubé a neutrálně-detergentní vlákniny byly statisticky hodnoceny za použití parametrického testu srovnávající střední hodnoty dvou nezávislých souborů na hladině významnosti 5 %. Ke statistickému hodnocení byl použit program StatK25. Pro výpočet směrodatných odchylek a variačních koeficientů byl využit program MS Excel.

7 VÝSLEDKY A DISKUZE

7.1 Stanovení sušiny a popele

Sušina a popel byly stanoveny podle metod uvedených v kapitolách 6.4 a 6.5. Výsledné hodnoty obsahu sušiny a popela jsou uvedeny v procentech jako aritmetický průměr se směrodatnou odchylkou (SD) v Tab. 7 a 8. Obsah sušiny byl určen vázkovou metodou usušením vzorků v elektrické sušárně do konstantního úbytku hmotnosti. U syrových druhů čočky se stanovené hodnoty sušiny nacházely v rozmezí 90,47 – 91,85 %, což koresponduje s hodnotami uvedenými v literatuře. Podle *National Nutrient Database for Standard Reference* se průměrný obsah sušiny v syrových druzích čočky pohybuje kolem 90,2 % [72]. Nejnížší obsah byl zjištěn u čočky francouzské ($P < 0,05$), nejvyšší obsah sušiny byl stanoven u čočky Beluga ($P < 0,05$).

U čočky upravené vařením se sušina pohybovala v rozmezí 28,12 – 31,91 %. Nejnížší obsah sušiny byl stanoven u červené čočky loupané a u čočky Beluga ($P \geq 0,05$), nejvyšší obsah sušiny byl určen u žluté čočky loupané a u čočky tmavozelené ($P \geq 0,05$). Hodnoty sušiny u vařených druhů byly podobné s výsledky stanovení podle Wanga a kol. [91], který udává, že průměrný obsah sušiny u vařené čočky činí 29 %.

U naklíčené čočky byl zjištěn obsah sušiny 20,65 – 23,33 %. Nejnížší obsah sušiny byl stanoven u čočky tmavozelené a čočky červené neloupané ($P \geq 0,05$). Nejvyšší obsah sušiny byl zjištěn u čočky velkozrné a u čočky Beluga ($P \geq 0,05$). Z Tab. 7 dále vyplývá, že vařením i klíčením došlo k výraznému snížení obsahu sušiny u všech druhů čočky. Vlivem vaření obsah sušiny poklesl průměrně o 61 %, vlivem klíčení pak o téměř 70 % ($P < 0,05$) ve srovnání se syrovými vzorky. Tento nárůst vlhkosti samozřejmě souvisí s absorpcí velkého množství vody při namáčení, vaření a klíčení čočky.

Ke stanovení obsahu popele byly vzorky čočky spáleny v elektrické peci. U suchých vzorků čočky se obsah popele pohyboval v rozpětí 2,24 – 3,09 %. Nejnížší hodnota popele byla zjištěna u červené čočky loupané ($P < 0,05$). Naopak nejvyšší obsah popele byl stanoven u čočky tmavozelené ($P < 0,05$). Centrum pro databázi složení potravin v ČR [75] uvádí průměrný obsah popele v čočce 2,4 %. Lze tedy říct, že množství popele u analyzovaných suchých vzorků těmito hodnotám odpovídá. Nízký obsah popele v obou loupaných druzích čočky (žlutá čočka vykazovala druhý nejnížší obsah popele) souvisí s vyšším výskytem

minerálních látek v obalových vrstvách čočky, které jsou při loupání odstraňovány [15]. Pokles obsahu Ca, Cu, Fe, Mg a Mn způsobený loupáním čočky popsal i Wang a kol. [91].

Tab. 7: Výsledky stanovení obsahu sušiny v analyzovaných druzích čočky

Čočka	Sušina (%)		
	syrová	vařená	klíčená
A	90,89 ± 0,18 ^a A	29,38 ± 0,90 ^{a,b} B	23,33 ± 0,42 ^a C
B	90,97 ± 0,13 ^a A	28,62 ± 0,27 ^a B	21,20 ± 1,26 ^{b,c} C
C	91,51 ± 0,15 ^b A	28,12 ± 0,09 ^b B	NS
D	90,97 ± 0,19 ^a A	31,27 ± 0,17 ^c B	20,65 ± 0,58 ^b C
E	91,85 ± 0,11 ^c A	28,35 ± 0,34 ^{a,b} B	22,84 ± 0,29 ^{a,c} C
F	91,37 ± 0,09 ^b A	31,91 ± 0,58 ^c B	NS
G	90,47 ± 0,11 ^d A	30,81 ± 0,25 ^d B	21,92 ± 0,73 ^c C

Pozn.: Výsledky jsou uvedeny jako průměr ± SD (n = 3). Průměrné hodnoty ve sloupcích (vliv druhu čočky) následované různými horními indexy se statisticky významně liší ($P < 0,05$). Průměrné hodnoty v řádcích (vliv úpravy čočky) následované alespoň jedním stejným velkým písmenem se statisticky významně neliší ($P \geq 0,05$). NS – nestanoveno.

Tab. 8: Výsledky stanovení obsahu popele v analyzovaných druzích čočky

Čočka	Popel (%)		
	syrová	vařená	klíčená
A	2,51 ± 0,03 ^{a,e} A	0,41 ± 0,01 ^a B	0,71 ± 0,02 ^a C
B	2,45 ± 0,03 ^{b,e} A	0,43 ± 0,02 ^a B	0,64 ± 0,03 ^b C
C	2,24 ± 0,01 ^c A	0,37 ± 0,01 ^b B	NS
D	3,09 ± 0,02 ^d A	0,76 ± 0,02 ^c B	0,84 ± 0,01 ^c C
E	2,53 ± 0,06 ^e A	0,39 ± 0,01 ^b B	0,65 ± 0,01 ^b B
F	2,33 ± 0,04 ^f A	0,51 ± 0,03 ^d B	NS
G	2,86 ± 0,02 ^g A	0,84 ± 0,04 ^e B	0,99 ± 0,03 ^d C

Pozn.: Výsledky jsou uvedeny jako průměr ± SD (n = 3). Průměrné hodnoty ve sloupcích (vliv druhu čočky) následované různými horními indexy se statisticky významně liší ($P < 0,05$). Průměrné hodnoty v řádcích (vliv úpravy čočky) následované alespoň jedním stejným velkým písmenem se statisticky významně neliší ($P \geq 0,05$). NS – nestanoveno.

U čočky upravené vařením se obsah popele pohyboval v rozmezí 0,37 – 0,84 %, přičemž nejnižší hodnoty vykazovala červená čočka loupáná a čočka Beluga ($P < 0,05$). Nejvyšší hodnota popele byla naměřena u čočky tmavozelené ($P < 0,05$). Snížení obsahu popele (průměrně o 2 % ve srovnání se syrovou čočkou) je způsobeno vyluhováním části minerálních látek do vody během vaření [38]. Podobný pokles zaznamenal u čočky i Wang a kol. [91].

U klíčených druhů čočky se stanovené hodnoty nacházely v rozmezí 0,64 – 0,99 % obsahu popele. Nejnižší hodnoty vykazovala červená čočka loupáná a čočka Beluga ($P \geq 0,05$), nejvyšší hodnota obsahu popele byla stanovena u čočky francouzské ($P < 0,05$). Průměrný obsah popele u naklíčené čočky tmavozelené se podle autorů Monsoor a Yusuf [89] pohybuje okolo 0,82 %, lze tedy konstatovat, že námi stanovená hodnota 0,84 % odpovídá uvedeným informacím. Obsah popele se ve srovnání se syrovými vzorky čočky snížil průměrně o 1,8 %. Snížení obsahu popele vlivem klíčení popsal např. Camacho a kol. [104].

7.2 Stanovení vlákniny

Výsledky stanovení obsahu hrubé a neutrálně-detergentní vlákniny jsou prezentovány v Tab. 9 a 10 jako průměr a SD. Hrubá vláknina (tedy suma celulózy a ligninu) byla stanovena po kombinované hydrolýze slabou kyselinou a zásadou. Představuje nerozpustnou část vlákniny. [88]. Metoda stanovení hrubé vlákniny je uvedena v kapitole 6.6.

Z Tab. 9 vyplývá, že u suchých druhů čočky byl zjištěn značný rozdíl v obsahu hrubé vlákniny mezi vzorky A – F a vzorkem G (čočka francouzská). U čočky francouzské byl stanoven nejvyšší obsah hrubé vlákniny, a to téměř 8 % ($P < 0,05$), přičemž u ostatních druhů čočky se obsah hrubé vlákniny pohyboval v rozmezí 2,34 – 3,80 %. Nejnižší obsah hrubé vlákniny byl stanoven u obou loupáných druhů čočky ($P \geq 0,05$). Chitra [82] ve svém článku uvádí, že se u francouzské čočky vyskytuje v průměru 7,65 % hrubé vlákniny. Námi stanovená hodnota 7,82 % se tedy přibližuje uvedeným informacím. Nízký obsah vlákniny v červené a žluté loupáné čočce souvisí s odstraněním jejich obalových vrstev, které jsou na vlákninu (zejména celulózu) bohaté. Pokles obsahu vlákniny (rozpustné, nerozpustné i celkové) vlivem loupání čočky popsal např. Wang a kol. [91].

U vařených forem čočky se obsah hrubé vlákniny pohyboval v rozpětí 0,42 – 3,15 %. Nejmenší obsah hrubé vlákniny byl zjištěn u červené čočky loupáné ($P < 0,05$) a druhý nejnižší obsah u žluté čočky loupáné ($P < 0,05$), zatímco nejvyšší hodnota byla opět stanove-

na u čočky francouzské ($P < 0,05$). Obsah hrubé vlákniny se následkem vaření snížil průměrně o 2,3 % oproti syrovým vzorkům. Pokles obsahu vlákniny při vaření čočky popsali např. Wang a kol. [91] a Costa a kol. [35], snížení obsahu celulózy (která je hlavní složkou hrubé vlákniny) vlivem vaření čočky zaznamenali i Rehinan a kol. [15].

Tab. 9: Výsledky stanovení obsahu hrubé vlákniny v analyzovaných druzích čočky

Čočka	Hrubá vláknina (%)		
	syrová	vařená	klíčená
A	3,80 ± 0,30 ^a A	1,56 ± 0,06 ^{a,d} B	0,91 ± 0,06 ^a C
B	3,70 ± 0,22 ^a A	1,61 ± 0,03 ^{a,c} B	0,72 ± 0,06 ^b C
C	2,51 ± 0,27 ^b A	0,42 ± 0,03 ^b B	NS
D	3,09 ± 0,31 ^a A	1,69 ± 0,04 ^c B	1,07 ± 0,04 ^c C
E	3,42 ± 0,32 ^a A	1,48 ± 0,05 ^d B	1,12 ± 0,03 ^c C
F	2,34 ± 0,19 ^b A	0,53 ± 0,01 ^e B	NS
G	7,82 ± 0,59 ^c A	3,15 ± 0,26 ^f B	1,25 ± 0,04 ^d C

Pozn.: Výsledky jsou uvedeny jako průměr ± SD (n = 3). Průměrné hodnoty ve sloupcích (vliv druhu čočky) následované různými horními indexy se statisticky významně liší ($P < 0,05$). Průměrné hodnoty v řádcích (vliv úpravy čočky) následované alespoň jedním stejným velkým písmenem se statisticky významně neliší ($P \geq 0,05$). NS – nestanoveno.

Naklíčené druhy čočky vykazovaly obsah hrubé vlákniny v rozmezí 0,72 – 1,25 %. Nejnižší hodnota patřila čočce červené neloupané ($P < 0,05$), jejíž obsah CF koresponduje se zdrojem [72], naopak nejvyšší obsah hrubé vlákniny byl stanoven u čočky francouzské ($P < 0,05$). Podobně jako vaření, i klíčení způsobilo snížení obsahu hrubé vlákniny, a to průměrně o 2,8 %. Stejný trend popsal u fazolí mungo Raghuvanshi a kol. [105]. Na druhou stranu někteří autoři ve svých výzkumech zjistili, že obsah vlákniny vlivem klíčení roste [106, 107, 108].

Obsah neutrálně-detergentní vlákniny představuje zbytek, který se nerozpustí v neutrálním detergentu. Opět se jedná o nerozpustnou část vlákniny [87]. Metoda stanovení je popsána v kapitole 6.7.

Při stanovení obsahu NDF u suchých vzorků čočky se naměřené hodnoty nacházely v rozpětí 10,27 – 28,06 %. Nejnižší obsah NDF byl stanoven u loupaných druhů čočky, a to červené i žluté ($P \geq 0,05$). Nejvyšší hodnota NDF byla stanovena u čočky francouzské ($P < 0,05$). U ostatních syrových vzorků byl zjištěn obsah NDF zhruba mezi 14 a 19 %. Podle informací v americké databázi USDA obsahuje čočka velkozrná 15 % vlákniny [72]. Výsledkem našeho stanovení byla hodnota 16,13 %. Můžeme tedy zhodnotit, že se zjištěné hodnoty téměř shodují s uvedenou publikací. Nízký obsah vlákniny u loupané čočky je zapříčiněn odstraněním obalových vrstev, jak již bylo uvedeno výše.

Tab. 10: Výsledky stanovení obsahu neutrálně-detergentní vlákniny v analyzovaných druzích čočky

Čočka	Neutrálně-detergentní vláknina (%)		
	syrová	vařená	klíčená
A	16,13 ± 1,27 ^a A	8,64 ± 0,14 ^a B	2,76 ± 0,09 ^a C
B	18,95 ± 1,32 ^b A	8,61 ± 0,21 ^a B	4,18 ± 0,08 ^b C
C	10,27 ± 0,97 ^c A	4,16 ± 0,09 ^b B	NS
D	15,54 ± 1,19 ^a A	9,42 ± 0,30 ^c B	5,51 ± 0,10 ^c C
E	14,68 ± 1,22 ^a A	8,04 ± 0,31 ^d B	3,96 ± 0,12 ^d C
F	10,72 ± 0,84 ^c A	4,67 ± 0,22 ^e B	NS
G	28,06 ± 1,95 ^d A	14,19 ± 0,52 ^f B	7,64 ± 0,23 ^e C

Pozn.: Výsledky jsou uvedeny jako průměr ± SD (n = 3). Průměrné hodnoty ve sloupcích (vliv druhu čočky) následované různými horními indexy se statisticky významně liší ($P < 0,05$). Průměrné hodnoty v řádcích (vliv úpravy čočky) následované alespoň jedním stejným velkým písmenem se statisticky významně neliší ($P \geq 0,05$). NS – nestanoveno.

Při stanovení obsahu NDF u vařených forem čočky byla nejnižší hodnota zjištěna opět u červené loupané čočky ($P < 0,05$) a druhá nejnižší hodnota u žluté loupané čočky ($P < 0,05$). U dalších druhů čočky se hodnoty obsahu NDF pohybovaly v rozmezí 8,04 – 9,42 %. Tyto hodnoty korespondují s údaji, které uvádí Mitchell [59]. S výrazným rozdílem obsahu NDF převyšovala ostatní vzorky opět čočka francouzská ($P < 0,05$). Následkem vaření došlo ke snížení obsahu NDF průměrně o 8 %. Snížení obsahu neutrálně-

detergentní vlákniny vlivem vaření čočky popsali např. Rehinan a kol. Ve své publikaci uvádí, že pokles NDF se pohyboval mezi 6,22 – 9,58 % [15].

U klíčených druhů čočky byly opět zjištěny velké rozdíly v obsahu NDF, obsah se pohyboval v rozmezí 2,76 – 7,64 %. Nejnižší obsah NDF byl zjištěn u čočky velkozrné ($P < 0,05$) a nejvyšší obsah NDF vykazovala se značným rozdílem opět čočka francouzská ($P < 0,05$). Tato hodnota NDF u čočky francouzské byla téměř shodná s obsahem u stejného druhu čočky, který ve svém odborném článku zveřejnil Frias a kol. Podle Friase se hodnota NDF u francouzské čočky pohybuje v rozmezí 6,25 – 8,42 % [16]. Podobně jako vaření, i klíčení způsobilo snížení obsahu NDF v čočce, průměrně o 12 %.

Během stanovení obsahu hrubé a neutrálně-detergentní vlákniny bylo zjištěno, že obsah hrubé vlákniny je nižší než obsah neutrálně-detergentní vlákniny, a to z toho důvodu, že neutrálně-detergentní vláknina zahrnuje kromě celulózy a ligninu i část hemicelulóz [85]. Hrubá vláknina ovšem neposkytuje úplně vypovídající údaje o kvalitě vlákniny, protože část nestravitelných složek uniká při stanovení do roztoku. Naproti tomu v případě NDF jsou všechny nerozpustné složky vlákniny zachycovány prakticky kvantitativně [109].

7.3 Stanovení stravitelnosti

Stravitelnost je definována jako množství živin, které bylo vstřebáno zažívacím ústrojím a které umí lidský organizmus využít pro svůj růst a zdraví [84]. Principem stanovení stravitelnosti *in vitro* byla kombinovaná hydrolýza vzorků pepsinem a pankreatinem s využitím inkubátoru Daisy II, tak jak bylo popsáno v kapitole 6.8. Stravitelnost všech vzorků čočky byla stanovena v procentech jako stravitelnost sušiny (DMD) a stravitelnost organické hmoty (OMD). Výsledky stanovení jsou uvedeny jako průměr \pm SD v Tab. 11 a 12.

DMD se u syrových vzorků čočky pohybovala v rozmezí 54,63 – 70,17 %. Při stanovení DMD byly zjištěny značné rozdíly v naměřených hodnotách mezi loupanými a neloupanými druhy čočky. DMD se u neloupaných druhů pohybovala v rozpětí 54,63 – 58,49 %, kde nejnižší stravitelnost byla stanovena u tmavozelené a červené čočky ($P \geq 0,05$). Naopak u červené a žluté loupané čočky byla stanovena stravitelnost významně vyšší ($P < 0,05$). Tyto výsledky odpovídají hodnotám, které byly uvedeny ve zdroji [82]. Chitra v této publikaci udává, že hodnoty stravitelnosti sušiny se u syrových loupaných druhů čočky pohybují kolem 70 %, takže námi naměřené výsledky odpovídají publikovaným výsled-

kům. Vyšší stravitelnost loupaných druhů čočky souvisí s nižším obsahem vlákniny, který byl u těchto druhů analyzován.

Tab. 11: Výsledky stanovení stravitelnosti sušiny (DMD) v analyzovaných druzích čočky

Čočka	Stravitelnost sušiny (%)		
	syrová	vařená	klíčená
A	56,22 ± 0,76 ^{a,d} A	93,14 ± 1,81 ^{a,c,d,e} B	91,34 ± 0,95 ^a B
B	55,20 ± 0,56 ^{a,c} A	93,78 ± 0,87 ^{a,d} B	90,99 ± 0,69 ^a C
C	70,17 ± 1,13 ^b A	95,05 ± 0,94 ^{a,d} B	NS
D	54,63 ± 0,66 ^c A	89,51 ± 0,94 ^{b,e} B	88,06 ± 0,82 ^b B
E	56,85 ± 0,57 ^d A	91,95 ± 0,91 ^{c,e} B	89,11 ± 0,80 ^b C
F	69,93 ± 1,05 ^b A	95,22 ± 1,53 ^d B	NS
G	58,49 ± 0,55 ^e A	91,07 ± 0,86 ^e B	90,75 ± 0,93 ^a B

Pozn.: Výsledky jsou uvedeny jako průměr ± SD (n = 3). Průměrné hodnoty ve sloupcích (vliv druhu čočky) následované různými horními indexy se statisticky významně liší ($P < 0,05$). Průměrné hodnoty v řádcích (vliv úpravy čočky) následované alespoň jedním stejným velkým písmenem se statisticky významně neliší ($P \geq 0,05$). NS – nestanoveno.

Po úpravě vařením se DMD nacházela v rozmezí 89,51 – 95,22 %, kde nejnižší stravitelnost vykazovala čočka tmavozelená francouzská ($P \geq 0,05$), nejvyšší stravitelnost byla stanovena u obou loupaných čoček ($P \geq 0,05$). Swieca a kol. [90] ve své práci uvádí, že hodnota stravitelnosti u loupané čočky po úpravě vařením se pohybuje kolem 95 %, čemuž odpovídají i námi stanovené hodnoty. Proces vaření signifikantně zvýšil stravitelnost čočky průměrně o 32 %. Zvýšení stravitelnosti čočky je způsobeno zejména snížením obsahu antinutričních látek (kyseliny fytové, inhibitorů proteáz, taninů, aj.) [89, 91].

U naklíčených druhů čočky se DMD pohybovala v rozmezí 88,06 – 91,34 %. Jak vyplývá z Tab. 11, nejnižší DMD byla zjištěna u tmavozelené čočky a u čočky Beluga ($P \geq 0,05$). Ostatní druhy čočky vykazovaly shodně nejvyšší stravitelnost ($P \geq 0,05$). Při stanovení bylo potvrzeno, že stravitelnost výrazně roste po úpravě čočky klíčením, a to průměrně o 30 %. Zlepšení stravitelnosti podobně jako v případě vaření souvisí s poklesem obsahu antinutričních látek během klíčení [82, 90].

U vzorků čočky bez úpravy se zjištěné hodnoty OMD nacházely v rozmezí 50,17 – 66,62 %, přičemž nejnižší stravitelnost byla stanovena u tmavozelené čočky ($P < 0,05$), nejlepší stravitelnost byla určena u červené a žluté čočky loupané ($P \geq 0,05$). Na základě stanovení se potvrdilo, že loupaná čočka je lépe stravitelná, jelikož obsahuje méně vlákniny v porovnání s neloupanými druhy [35].

Tab. 12: Výsledky stanovení stravitelnosti organické hmoty (OMD) v analyzovaných druzích čočky

Čočka	Stravitelnost organické hmoty (%)		
	syrová	vařená	klíčená
A	52,85 ± 0,98 ^{a,d} A	91,69 ± 1,34 ^{a,c} B	90,52 ± 0,87 ^a B
B	51,79 ± 0,95 ^a A	92,54 ± 0,93 ^{a,d} B	89,88 ± 1,05 ^a C
C	66,62 ± 0,97 ^b A	93,52 ± 0,82 ^{a,d} B	NS
D	50,17 ± 0,75 ^c A	87,73 ± 0,87 ^b B	85,62 ± 0,91 ^b C
E	53,82 ± 0,49 ^d A	90,40 ± 0,95 ^c B	87,59 ± 1,13 ^c C
F	65,17 ± 0,98 ^b A	94,23 ± 1,37 ^d B	NS
G	53,38 ± 0,57 ^d A	89,84 ± 0,72 ^c B	87,54 ± 1,05 ^c C

Pozn.: Výsledky jsou uvedeny jako průměr ± SD (n = 3). Průměrné hodnoty ve sloupcích (vliv druhu čočky) následované různými horními indexy se statisticky významně liší ($P < 0,05$). Průměrné hodnoty v řádcích (vliv úpravy čočky) následované alespoň jedním stejným velkým písmenem se statisticky významně neliší ($P \geq 0,05$). NS – nestanoveno.

U vařených vzorků se zjištěné hodnoty OMD nacházely mezi 87,73 – 94,23 %. Nejnižší stravitelnost byla opět zjištěna u tmavozelené čočky ($P < 0,05$), nejvyšší stravitelnost opět vykazovaly loupané druhy čočky ($P \geq 0,05$). Stravitelnost organické hmoty se podle Monsoora a Yusufa [89] pohybuje mezi 92 – 95 %. Námi stanovená stravitelnost tedy odpovídá údajům v literatuře. OMD vlivem vaření vzrostla průměrně o 42 %.

Stravitelnost organické hmoty u naklíčených vzorků byla o něco nižší, než u vařených druhů. Pohybovala se mezi 85,62 – 90,52 %. Nejhorší stravitelnost vykazovala čočka tmavozelená ($P < 0,05$), naopak nejlepší stravitelnost byla zaznamenána u čočky velkozrné a červené neloupané ($P \geq 0,05$). OMD se následkem klíčení zvýšila průměrně o 38 %. Hod-

noty stravitelnosti organické hmoty byly u všech stanovení nižší, než hodnoty stravitelnosti sušiny.

Luštěniny jsou v syrovém stavu nepoživatelné, jelikož mají tuhou a nestravitelnou povrchovou vrstvu a obsahují množství antinutričních a mnohdy jedovatých látek [12]. Z toho důvodu je potřebné luštěniny vhodně upravit namáčením a poté vařením či klíčením. Vaření a klíčení luštěnin má významný vliv na zlepšení nutriční hodnoty a stravitelnosti, jelikož tyto úpravy významně snižují obsah vlákniny, oligosacharidů a antinutričních látek, které negativně působí na činnost některých enzymů, vitaminů a minerálních látek a tím ovlivňují jejich pozitivní působení v organismu [82, 89, 90, 91].

ZÁVĚR

Čočka patří k nejlépe stravitelným luštěninám. Obsahuje značné množství bílkovin, minerálních látek a vitaminů, především skupiny B. Významné zastoupení má vláknina, která je velmi důležitá pro správnou funkci trávicího traktu. Patří k dobrým zdrojům energie a má i preventivní účinky v oblasti zdraví. Je nezbytnou součástí jídelníčku u pacientů s nemocemi jater, slinivky a především u střevních onemocnění.

V rámci zpracování diplomové práce byly analyzovány vzorky čočky velkozrnné, červené neloupané, červené loupané púlené, tmavozelené, čočky Beluga, žluté loupané púlené a francouzské, které jsou dostupné na českém trhu. Vzorky byly analyzovány v syrovém stavu a po úpravě vařením a klíčením. U všech vzorků byl stanoven obsah sušiny, popele, hrubé vlákniny, neutrálně-detergentní vlákniny a také jejich stravitelnost *in vitro*.

Při stanovení sušiny se průměrný obsah u suchých vzorků pohyboval v rozmezí 90,47 – 91,85 %, u vařených druhů čočky byl stanovený obsah sušiny určen v rozpětí 28,12 – 31,27 % a po úpravě klíčením se obsah sušiny pohyboval mezi 20,65 – 23,33 %. Obsah sušiny následkem vaření i klíčení významně poklesl, což je dáno přijetím značného množství vody během máčení, vaření i klíčení. Průměrný obsah popele se u syrových druhů čočky pohyboval mezi 2,24 – 3,09 %, u vařených vzorků se nacházel v rozmezí 0,37 – 0,84 % a u klíčené čočky to byly hodnoty mezi 0,64 – 0,99 %. Obsah popele se při klíčení i vaření snížil, což je způsobeno vyluhováním části minerálních látek do vody při máčení a vaření a také využitím některých minerálních látek v procesu klíčení.

Průměrný obsah hrubé vlákniny byl u čočky v neupraveném stavu stanoven v rozmezí 2,34 – 7,82 %, u neutrálně-detergentní vlákniny 10,27 – 28,06 %. Při stanovení hrubé vlákniny u vařených druhů čočky se zjištěné hodnoty pohybovaly v rozmezí 0,42 – 3,15 % a u stanovení neutrálně-detergentní vlákniny mezi 4,16 – 14,19 %. U naklíčených forem čočky byl obsah hrubé vlákniny stanoven v rozpětí 0,72 – 1,25 % a obsah neutrálně-detergentní vlákniny 2,76 - 7,64 %. U všech vzorků čočky byly hodnoty neutrálně-detergentní vlákniny vyšší než hodnoty hrubé vlákniny, což je dáno tím, že na rozdíl od hrubé vlákniny neutrálně-detergentní vláknina zahrnuje i část hemicelulóz. Obsah vlákniny se při vaření i klíčení čočky signifikantně snížil, přesto ale zůstal, zejména u neloupaných druhů, poměrně vysoký.

Stravitelnost sušiny u vzorků bez úpravy byla určena v rozpětí 54,63 – 70,17 %. Mezi uvařenými vzorky čočky se DMD pohybovala mezi 89,51 – 95,22 % a u klíčených druhů mezi

88,06 – 91,34 %. U stanovení stravitelnosti organické hmoty se hodnoty u syrové čočky pohybovaly v rozmezí 50,17 – 66,62 %, u vařených druhů mezi 87,73 – 94,23 % a u naklíčené čočky v rozmezí 85,62 – 90,52 %. Zvýšení stravitelnosti následkem vaření i klíčení čočky koresponduje s pozorovaným úbytkem vlákniny, jakožto nestravitelné části potravy. Je způsobeno zejména snížením obsahu antinutričních látek.

Srovnáme-li vaření a klíčení, pak lze konstatovat, že u vařených vzorků byl ve srovnání s klíčenými shledán signifikantně vyšší obsah sušiny, hrubé i neutrálně-detergentní vlákniny a tyto vzorky byly také lépe stravitelné. Naproti tomu klíčená čočka obsahovala více popele, a tedy i minerálních látek. Při srovnání loupaných a neloupaných druhů čočky bylo zjištěno, že loupaná čočka obsahuje méně vlákniny a je tedy i lépe stravitelná. To je dáno absencí obalových vrstev, které jsou na vlákninu bohaté a obsahují i více antinutričních látek.

K pravidelné konzumaci lze tedy doporučit loupané i neloupané druhy čočky, a to jak vařené, tak i klíčené. Pro jejich vhodné nutriční složení, poměrně vysoký obsah vlákniny, dobrou stravitelnost, nízkou cenu a snadnou a rychlou úpravu by jejich konzumace neměla být opomíjena.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] HLAVA, B., V. TÁBORSKÝ a P. VALÍČEK. *Tropické a subtropické zeleniny – pěstování a využití*. 1. vyd. Praha: Nakladatelství Brázda, s.r.o., 1998. ISBN 80-209-0274-0.
- [2] PEKÁRKOVÁ, Eva. *Pěstujeme zdravou zeleninu*. 1. vyd. Praha: Nakladatelství technické literatury ve spolupráci s nakladatelstvím Květ, 1992. ISBN 80-03-00664-3.
- [3] LAHOLA, Josef a kol. *Luskoviny, pěstování a využití*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1990. ISBN 80-209-0127-2.
- [4] KUTINA, Josef a kol. *Encyklopedie pro zahrádkáře*. 1.vyd. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1982.
- [5] DOLEJŠÍ, Antonín. *Zelenina na zahrádce*. 1. vyd. Praha: Mír, 1982.
- [6] PEKOVÁ, Andrea. *Luštěniny + hrášek a fazolky*. 1. vyd. Čestlice: Nakladatelství Pavla Momčilová, 2004. ISBN 80-85936-47-X.
- [7] STANĚK, J., J. PACÁK a M. ČERNÝ. *Oligosacharidy*. 1. vyd. Praha: ČSV, 1962.
- [8] POKLUDA, Robert. *Pěstujeme zeleninu*. 1. vyd., Velké Bílovice: TeMi, 2009. ISBN 978-80-87156-36-0.
- [9] ALLEN, L., B. CABALLERO a A. PRENTICE. *Encyclopedia of human nutrition*. 2nd ed. Amsterdam: Elsevier/Academic Press, 2005. ISBN 0121501108.
- [10] MARTINÍK, Karel. *Výživa: kapitoly o metabolismu: obecná část*. 1. vyd. Hradec Králové: Gaudeamus, 2005. ISBN 80-7041-354-9.
- [11] KOMPRDA, Tomáš. *Základy výživy člověka*. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2003. ISBN 80-7157-655-7.
- [12] RECHTOVÁ, Christine. *Zelenina*. 2. vyd., Praha: Vašut, 2005. ISBN 80-7236-165-1.
- [13] VOJTÍŠKOVÁ, Petra. *Vliv kyseliny fytové na nutriční hodnotu potravin*. Disertační práce. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická, 2012.
- [14] RULZ, R. G., K. R. PRICE, A. E. ARTHUR, M. E. ROSE, M. J. C. RHODES a R. G. FENWICK. Effect of Soaking and Cooking on the Saponin Content and Composition of Chickpeas (*Cicer artietinum*) and Lentils (*Lens culinaris*). *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 1996, roč. 44, č. 6, s. 1526-1530. ISSN 1520-5118.
- [15] REHINAN, Z., M. RASHID a W.H. SHAH. Insoluble dietary fibre components of food legumes as affected by soaking and cooking processes. *Food Chemistry*. 2004, roč. 85, č. 2, s. 245-249. ISSN 0308-8146.
- [16] VALVERDE, V., J. FRIAS, I. ESTRELLA, M. J. GOROSPE, R. RUIZ a J. BACON. Effect of Processing on Some Antinutritional Factors of Lentils. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 1994, roč. 42, č. 10, s. 2291-2295. ISSN 1520-5118.
- [17] ADAMEC, Jan. *Situační a výhledová zpráva luskoviny*. Praha: Ministerstvo zemědělství České republiky, 2007. ISBN 978-80-7084-609-4.
- [18] Kolektiv autorů. *Luštěniny*. 1. vyd., Liberec: GEN, 2012. ISBN 978-80-86681-80-1.

- [19] HOZA, I., P. BUDINSKÝ a D. KRAMÁŘOVÁ. *Potravinářská biochemie II*. 1. vyd. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2006. ISBN 80-7318-395-1.
- [20] HOZA, I., D. KRAMÁŘOVÁ a Z. LAZÁRKOVÁ. *Potravinářská biochemie VI*. 1. vyd. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2010. ISBN 978-80-7318-911-2.
- [21] HOWELL, Edward. *Enzymová výživa: jak jsou enzymy důležité*. Hodkovičky [Praha]: Pragma, 2007. ISBN 978-80-7205-109-0.
- [22] VARZAKAS, T., A. E. LAMPROPOULOS a S. E. ANESTĚS. *Sweeteners: nutritional aspects, applications, and production technology*. Boca Raton: CRC Press, 2012. ISBN 978-1-4398-7673-2.
- [23] PÍŤHA, Jan a Rudolf POLEDNE. *Zdravá výživa pro každý den*. 1. vyd. Praha: Grada, 2009. ISBN 978-80-247-2488-1.
- [24] WEINSTEIN, Boris. *Chemistry and Biochemistry of Amino Acids, Peptides, and Proteins: A Survey of Recent Developments*. New York: M. Dekker, 1971.
- [25] BEŇO, Igor. *Náuka o výživě: fyziologická a léčebná výživa*. Martin: Osveta, 2008. ISBN 978-80-8063-294-6.
- [26] STARNOVSKÁ, Tamara a Eva CHOCENSKÁ. *Nutriční terapie*. 1. vyd. Praha: Galén, 2006. ISBN 80-7262-387-7.
- [27] VODRÁŽKA, Zdeněk. *Biochemie*. Praha: Academia, 1992. ISBN 80-200-0438-6.
- [28] POKORNÝ, Jan a Jan PÁNEK. *Základy výživy a výživová politika*. 1. vyd. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 1996. ISBN 80-7080-260-x.
- [29] HRABĚ, J., O. ROP, a I. HOZA. *Technologie výroby potravin rostlinného původu*. 1. vyd. Zlín: Academia Centrum, 2006. ISBN 80-7318-372-2.
- [30] ZIMOLKA, Josef a kol. *Speciální produkce rostlinná – rostlinná výroba (Polní a zahradní plodiny, základy pícninářství)*. 1. vyd. Brno: MZLU, 2000. ISBN 978-80-7375-230-9.
- [31] KOUCKÝ, Milan a kol. *Metodika správné chovatelské praxe při krmení hospodářských zvířat*. Praha Uhřetěves: VÚŽV, 2007. ISBN 978-80-86454-85-6.
- [32] MEZLÍK, Tomáš. *Přehled odrůd, luskoviny*. Brno: ÚKZÚZ, 2002. ISBN 80-86548-14-7.
- [33] CHLOUPEK, O., B. PROCHÁZKOVÁ a E. HRUDOVÁ. *Pěstování a kvalita rostlin*. Brno: MZLU, 2005. ISBN 80-7157-897-5.
- [34] Mc WHIRTER, Alasdair a Liz CLASENOVÁ. *Foods That Harm, Foods That Heal*. London: The Reader's Digest, 1994. ISBN 80-902069-7-2.
- [35] COSTA, G. E. A., K.S. QUEIROZ-MONICI, S. M. PISSINI MACHANO RAIS a A. COSTA de OLIVEIRA. Chemical composition, dietary fibre and resistant starch contents of raw and cooked pea, common bean, chickpea and lentil legumes. *Food Chemistry*. 2006, roč. 94, č. 3, s. 327-330. ISSN 0308-8146.
- [36] URBANA, G., M. LOPEZ-JURADO, J. HERNANDEZ, M. FERNANDEZ, M. C. MOREU, J. FRIAS, D. POLLAN, M. PRODANOV a V. VALVERDE. Nutritional Assessment of Raw, Heated and Germinated Lentils. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 1995, roč. 43, č. 7, s. 1871-1877. ISSN 1520-5118.
- [37] MINDEL, Earl a Hester MUNDISOVÁ. *Nová vitaminová bible. Vitaminy, minerální látky, antioxidanty, léčivé rostliny, doplňky stravy, léčebné účinky potravin i léky používané v homeopatii*. 3. vyd. Praha: Ikar, 2010. ISBN 978-80-249-1419-0.

- [38] PHILLIPS, Glyn O. a Peter A. WILLIAMS. *Handbook of food proteins*. 1st ed. Cambridge: Woodhead Publishing, 2011. ISBN 978-1-84569-758-7.
- [39] ATTENBOROUGH, Anthony a kol. *Family Guide to Alternative Medicine*. London: The Reader's Digest, 1994. ISBN 80-902069-3-x.
- [40] UREŠOVÁ, Daniela. *Nakličovaná semena a výhonky – progresivní obor produkčního zahradnictví*. [online] [cit. 2013-11-05]. Dostupné z: <http://zahradaweb.cz/naklicovana-semena-a-vyhonky-progresivni-obor-produkcnihozahradnictvi/>
- [41] SKORŇAKOV, S., J. JENÍK a V. VĚTVIČKA. *Zelená kuchyně*. 2. vyd., Praha: Lidové nakladatelství, 1991. ISBN 80-7022-042-2.
- [42] YU, Liangli, Rong TSAO a Fereidoon SHAHIDI. *Cereals and pulses: nutraceutical properties and health benefits*. Ames: Wiley-Blackwell, 2012. ISBN 978-1-118-22941-5.
- [43] SVAČINA, Š., D. MÜLLEROVÁ a A. BRETŠNAJDROVÁ. *Dietologie pro lékaře, farmaceuty, zdravotní sestry a nutriční terapeuty*. 1. vyd. Praha: Triton, 2012. ISBN 978-80-7387-347-9.
- [44] YADAV, S. S., D. McNAIL a P. C. STEVENSON. *Lentil: An Ancient Crop for Modern Times*. 1. vyd., Dordrecht: Springer, 2007. ISBN 978-1-4020-6313-8.
- [45] PARTYKOVÁ, Vilma. *Vaříme nemocným rakovinou a nejen pro ně*. 2. vyd. Praha: Impuls, 2010. ISBN 978-80-904074-3-5.
- [46] DUDA, Michal a Vladimír STŘELEČEK. *Lahůdková zelenina*. 1. vyd. Bratislava: Příroda, 1986. 64-070-86.
- [47] ACTON, Ashton, Q. *Enzymes and Coenzymes: Advances in Research and Application*. 1. vyd., Atlanta: Scholarly Editions, 2011. ISBN 978-1-4649-2073-8.
- [48] YU, L., R. TSAO a F. SHAHIDI. *Cereals and Pulses: Nutraceutical Properties and Health Benefits*. 1. vyd., Oxford: John Wiley a Sons, Inc., 2012. ISBN 978-0-8138-1839-9.
- [49] *Luskoviny* [online] [cit. 2013-08-14]. Dostupné z: <http://cit.vfu.cz/vegetabilie/plodiny/czech/luskoviny.htm>
- [50] ERSKINE, W., F. MUEHLBAUER, A. SARKER a B. SHARMA. *The Lentil: Botany, Production and Uses*. 1. vyd., London: CABInternational, 2009. ISBN 978-1-84593-487-3.
- [51] MAYER, Miroslav. *Luštěniny od A do Z*. 1. vyd. Praha: Víkend, 2000. ISBN 80-7222-140-X.
- [52] STROSSEROVÁ, Alena a Jana DOSTÁLOVÁ. *Luštěniny* [online] [cit. 2013-09-15]. Dostupné z: <http://www.vyzivaspol.cz/clanky-casopis/lusteniny.html>
- [53] JONÁŠ, Josef a Margit SLIMÁKOVÁ. *Jonášův průvodce zdravou kuchyní*. 1. vyd. Praha: Eminent, 1996. ISBN 80-85876-21-3.
- [54] COMBS, Gerald F. *The Vitamins: Fundamental Aspects in Nutrition and Health*. 2. ed. San Diego: Academic Press, 1999. ISBN 978-01-21-3492-0.
- [55] SCHREIBER, Vratislav. *Vitaminy – kdy – jak – proč – kolik: populární přehled*. Jinočany: H & H, 1993. ISBN 978-80-857-8717-2.
- [56] MALACHOV, P. Gennadij. *Totální detoxikace – úplná očista organismu*. 1. vyd. Bratislava: Eko – konzult, 2000. ISBN 80-89044-53-9.

- [57] MALACHOV, P. Gennadij. *Zlatá pravidla stravování*. 1. vyd. Bratislava: Eugeni-ka, 2008. ISBN 978-80-8100-042-3.
- [58] MALACHOV, P. Gennadij. *Očista těla a správná výživa*. 1. vyd. Bratislava: Eugeni-ka, 2008. ISBN 80-89227-12-0.
- [59] MITCHELL C. D., F. R. LAWRENCE, T. J. HARTMAN a J. M. CURRAN. Consumption of Dry Beans, Peas, and Lentils Could Improve Diet Quality in the US Population. *Journal of the American Dietetic Association*. 2009, roč. 109, č. 5, s. 909-913. ISSN 0002-8223.
- [60] ASTROGOR, Alexandr. *Původ nemoci*. 1. vyd. Bratislava: Eugeni-ka, 2012. ISBN 978-80-8100-313-4.
- [61] GAGNÉ, Steve. *Energetika jídla*. 1. vyd. Bratislava: Eugeni-ka, 2011. ISBN 978-80-8100-229-8.
- [62] THAVARAJAH P., D. THAVARAJAH a A. VANDENBERG. Low Phytic Acid Lentils (*Lens culinaris* L.): A Potential Solution for Increased Micronutrient Bio-availability. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 2009, roč. 57, č. 19, s. 9044-9049. ISSN 1520-5118.
- [63] APPLE, Michael a kol. *The Hamlyn Encyclopedia of Family Health*. 1. vyd., Lon-dýn: Octopus Publishing Group Limited, 1999. ISBN 80-7234-136-7.
- [64] RYCHLÍK, A. J. *Strava jako lék*. 1. vyd. Vizovice: Lípa, 2007. ISBN 80-86093-78-6.
- [65] Marion Eugene ENSMINGER a Audrey H. ENSMINGER. *Foods and Nutrition Encyclopedia*. 1. vyd. Boca Raton: CRC Press, 1993. ISBN 13-978-1-4398-9937-3.
- [66] GRULICH, Vít. *Čočka kuchyňská* [online] [cit. 2013-08-12]. Dostupné z: <http://botany.cz/cs/lens-culinaris/>
- [67] VELÍŠEK, Jan a Karel CEJPEK. *Biosynthesis of Food Components*. Tábor: OSSIS, 2008. ISBN 978-80-86659-12-1.
- [68] VELÍŠEK, Jan a Jana HAJŠLOVÁ. *Chemie potravin*. 3. rozšířené a přeprac. vyd. Tábor: OSSIS, 2009. ISBN 978-80-86659-17-6.
- [69] *Čočka jedlá* [online] [cit. 2013-08-14]. Dostupné z: <http://www.nasevyziva.cz/sekce-lusteniny/clanek-cocka-jedla-228.html>
- [70] *Čočka červená puleňá* [online] [cit. 2013-09-02]. Dostupné z: <http://www.chemievjidle.cz/lusteniny/bio-cocka-cervena-pulena-bio-nebio>
- [71] Susan, S. CHO a Nelson ALMEIDA. *Dietary Fiber and Health*. 1. vyd. Boca Ra-ton: CRC Press Taylor a Francis Group, 2012. ISBN 978-1-4398-9937-3.
- [72] *USDA, National Nutrient Database for Standard Reference* [online] [cit. 2013-11-05]. Dostupné z: <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/search/list>
- [73] DELLAVALLE, M. D., A. VANDENBERG a R. P. GLAHN. Seed Coat Removal Improves Bioavailability in Cooked Lentils. *Journal of Agriculture and Food Che-mistry*. 2013, roč. 61, č. 34, s. 8084-8089. ISSN 1520-5118.
- [74] CINGROŠ, Jiří. *Sám sobě doktorem*. 1. vyd. Benešov: Start, 2002. ISBN 80-900345-9-4.
- [75] *Čočka* [online] [cit. 2013-10-24]. Dostupné z: <http://www.czfcdb.cz/potravinovy?id=92>

- [76] Čočka zelená francouzská [online] [cit. 2013-09-02]. Dostupné z: <http://www.chemievjidle.cz/lusteniny/francouzska-cocka-zelena-druid-cz>
- [77] SCHENKOVÁ, Franziska a Friedrich BOHLMANN. *5 x denně. Hubneme rychle i zdravě s ovocem a zeleninou*. 1. vyd. Praha: IKAR. ISBN 80-249-0002-5.
- [78] *Vláknina* [online] [cit. 2013-09-15]. Dostupné z: <http://www.vlaknina.estranky.cz/clanky/prinosy-vlakniny.html>
- [79] ČSN ISO 5498 (461018). *Zemědělské a potravinářské výrobky. Stanovení hrubé vlákniny. Obecná metoda*. Český normalizační institut, 1994
- [80] *Common terms used in animal feeding and nutrition* [online] [cit. 2014-02-05]. Dostupné z: <http://www.caes.uga.edu/commodities/fieldcrops/forages/glossary/A.html>
- [81] DODEVSKA, S. M., B. I. DJORDJEVIC, S. S. SOBAJIC, I. D. MILETIC, P. B. DJORDJEVIC a V. S. DIMITRIJEVIC-SRECKOVIC. Characterisation of dietary fibre components in cereals and legumes used in Serbian diet. *Food Chemistry*. 2013, roč. 141, č. 3, s. 1624-1629. ISSN 0308-8146.
- [82] CHITRA, U., U. SINGH a P. V. RAO. Phytic acid, in vitro protein digestibility, dietary fiber and minerals of pulses as influenced by processing methods. *Plant Foods for Human Nutrition*. 1996, roč. 49, č. 4, s. 307-316. ISSN 0921-9668.
- [83] KOPÁČOVÁ, Olga. *Vláknina potravy a nutriční hodnota potravin*. [online] [cit. 2013-08-15]. Dostupné z: <http://www.agroporadenstvi.cz/default.asp?ids=1979&ch=207&typ=1&val=31558>
- [84] GARCIA, E. O., O. R. B. INFANTE a C. J. RIVERAB. Determination of total, soluble and insoluble dietary fibre in two new varieties of *Phaseolus vulgaris* L. using chemic and enzymatic gravimetric methods. *Food Chemistry*. 1997, roč. 59, č. 1, s. 171-174. ISSN 0308-8146.
- [85] *Stanovení vlákniny* [online] [cit. 2013-10-15]. Dostupné z: http://soubory.vfu.cz/fvhe/Ustav_vyzivy_zvirat/chemicka_analyza_krmiv/metodiky/adfndf.pdf
- [86] TEPER, I. ANKOM 220 – nový přístup ke stanovení vlákniny. *Krmivářství*. 2002, č. 4, s. 20-21. ISSN 1212-9992.
- [87] SUKOVÁ, Irena. *Metoda stanovení nerozpustné, rozpustné a celkové vlákniny*. [online] [cit. 2013-10-17]. Dostupné z: <http://www.agronavigator.cz/service.asp?act=email&val=118874>
- [88] ZBÍRAL, Jiří. *Stanovení obsahu ADF, ADL a výpočet obsahu hrubé celulózy* [online] [cit. 2014-02-09]. Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/file/246177/_10070_Stanoveni_obsahu_ADF_ADL_celulozy.pdf
- [89] MONSOOR, A. M. a H. K. M. YUSUF. In vitro protein digestibility of lathyrus pea (*Lathyrus sativus*), lentil (*Lens culinaris*), and chickpea (*Cicer arietinum*). *International Journal of Food Science and Technology*. 2002, roč. 37, č. 1, s. 97-99. ISSN 0950-5423.
- [90] SWIECA, M., B. BARANIAK a U. GAWLIK-DZIKI. In vitro digestibility and starch content, predicted glycemic index and potential in vitro antidiabetic effect of lentil sprouts obtained by different germination techniques. *Food Chemistry*. 2013, č. 138, č. 2-3, s. 1414-1420. ISSN 0308-8146.

- [91] WANG, N., D. W. HATCHER, R. TOEWS a E. J. GAWALKO. Influence of cooking and dehulling on nutritional composition of several varieties of lentils (*Lens culinaris*). *LWT – Food Science and Technology*. 2009, roč. 42, č. 4, s. 842-848. ISSN 0023-6438.
- [92] CANDELA, M., I. ASTIARASAN a J. BELLO. Cooking and Warm-Holding: Effect on General Composition and Amino Acids of Kidney Beans (*Phaseolus vulgaris*), Chickpeas (*Cicer arietinum*) and Lentils (*Lens culinaris*). *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 1997, roč. 45, č. 12, s. 4763-4767. ISSN 1520-5118.
- [93] JELÍNEK, Jan a Vladimír ZICHÁČEK. *Biologie pro gymnázia*. 3. doplněné a opravené vyd. Olomouc: Nakladatelství Olomouc, 1999. ISBN 80-7182-070-9.
- [94] HADRAVA, Vladislav. *Fyziologie výživy. Trávicí ústrojí a jeho části* [online] [cit. 2013-08-25]. Dostupné z: <http://vladahadrava.xf.cz/fyziologie.html>
- [95] ČEŠKA, Richard. *Interna*. 1. vyd. Praha: Triton, 2010. ISBN 80-7387-423-7.
- [96] SOUČEK, M., J. VORLÍČEK, J. ŠPINAR, P. SVAČINA a kol. *Vnitřní lékařství*. 1. vyd. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-2110-1.
- [97] KLENER, Pavel. *Vnitřní lékařství*. 4. přepracované a doplněné vyd. Praha: Galén, 2011. ISBN 978-80-7262-705-9.
- [98] HOŘEJŠÍ, Jaroslav. *Lidské tělo*. 3. vyd. Praha: Cesty, 1996. ISBN 80-7181-093-2.
- [99] BENIAK, M., M. JANOTKA, L. ROSIVAL, M. VALENT a kol. *Zdravoveda*. 2. přepracované a doplněné vyd. Martin: Osveta, 1989. ISBN 80-217-0013-0.
- [100] KLOUDA, Pavel. *Moderní analytické metody*. 2. vyd. Ostrava: nakladatelství Pavel Klouda, 2003. ISBN 80-86369-07-2.
- [101] Mišurcová, Ladislava. *Nové nutriční aspekty a využití mořských a sladkovodních řas ve výživě člověka*. Dizertační práce. Zlín: Univerzita Tomáše Bati, Fakulta technologická, 2008.
- [102] *Ankom²²⁰ Fiber Analyzer* [online] [cit. 2014-03-12]. Dostupné z: <https://www.ankom.com/categories/instruments-fiber.aspx>
- [103] *Daisy II Incubator* [online] [cit.2014-0312]. Dostupné z: <http://www.analysentechnik-hls.de/produkte-hls/ankom/inkubator>
- [104] CAMACHO, L., C. SIERRA, R. CAMPOS, E. GUZMAN a D. MARCUS. Nutritional ganges caused by germination of staple Chilean legumes. *Archivos Latinoamericanos de Nutrition*. 1992, roč. 42, č. 3, s. 283-290. ISSN 0004-0622.
- [105] RAGHUVANSHI, R. S, S. SINGH, K. BISHT a D. P. SINGH. Processing of mungbean products and its nutritional and organoleptic evaluation. *International Journal of Food Science and Technology*. 2011, roč. 46, č. 7, s. 1378-1387. ISSN 0950-5423.
- [106] VASAGAM, K. P. K. a M. RAJKUMAR. Beneficial influences of germination and subsequent autoclaving of grain legumes on proximate composition, antinutritional factors and apparent digestibility in black tiger shrimp, *Penaeus monodon Fabricius*. *Aquaculture Nutrition*. 2011, roč. 17, č. 2, s. 188-195. ISSN 1353-5773.
- [107] GHAVIDEL, R. A. a J. PRAKASH. The Impact of germination and dehulling on nutrients, antinutrients, in vitro iron and calcium bioavailability and in vitro starch

- and protein digestibility of some legume seeds. *LWT – Food Science and Technology*. 2007, roč. 40, č. 7, s. 1292-1299. ISSN 0023-6438.
- [108] MARTÍN-CABREJAS, M. A., N. ARIZA, R. ESTEBAN, E. MOLLÁ, K. WALDRON a F. J. LÓPEZ-ANDRÉU. Effect of Germination on the Carbohydrate Composition of the Dietary Fiber of Peas (*Pisum Sativum* L.). *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 2003, roč. 51, č. 5, s. 1254-1259. ISSN 0021-8561.
- [109] KOŠINOVÁ, Květa. *Stanovení vlákniny v netradičních cereáliích a rýži*. Diplomová práce. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická, 2011.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ADF	Acido-detergentní vláknina
ATP	Adenosintrifosfát
BNLV	Bezdušikáté látky
CF	Hrubá vláknina
DMD	Stravitelnost sušiny
HPLC	Vysokoučinná kapalinová chromatografie
KBS	Koeficient bilanční stravitelnosti
KSS	Koeficient skutečné stravitelnosti
MUFA	Mononenasyčené mastné kyseliny
NDF	Neutrálně-detergentní vláknina
OMD	Stravitelnost organické hmoty
PUFA	Polynenasycené mastné kyseliny
SAFA	Nasyčené mastné kyseliny
SD	Směrodatná odchylka

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Složení semene luštěnin.....	14
Obr. 2. Naklíčená čočka.....	17
Obr. 3. Zelené výhonky naklíčené čočky	18
Obr. 4. Rostlina čočky jedlé.....	20
Obr. 5. Čočka velkozrná	21
Obr. 6. Čočka červená neloupaná	22
Obr. 7. Čočka červená loupaná půlená	23
Obr. 8. Čočka tmavozelená.....	24
Obr. 9. Čočka Beluga.....	24
Obr. 10. Čočka žlutá loupaná půlená	25
Obr. 11. Čočka francouzská.....	25
Obr. 12. Trávicí soustava člověka	41
Obr. 13. ANKOM ²²⁰ Fiber Analyzer	51
Obr. 14. Inkubátor Daisy II.....	54

SEZNAM TABULEK

Tab. 1. Chemické složení luštěnin v hmot. %	15
Tab. 2. Chemické složení čočky	26
Tab. 3. Obsah esenciálních aminokyselin v čočce v mg.100g ⁻¹	26
Tab. 4. Průměrný obsah vitamínů v čočce v mg.100g ⁻¹	27
Tab. 5. Průměrný obsah minerálních látek a stopových prvků v čočce v mg.100 g ⁻¹	27
Tab. 6. Charakteristika analyzovaných druhů čočky	46
Tab. 7. Výsledky stanovení obsahu sušiny v analyzovaných druzích čočky	58
Tab. 8. Výsledky stanovení obsahu popele v analyzovaných druzích čočky	58
Tab. 9. Výsledky stanovení obsahu hrubé vlákniny v analyzovaných druzích čočky.....	60
Tab. 10. Výsledky stanovení obsahu neutrálně-detergentní vlákniny v analyzovaných druzích čočky.....	61
Tab. 11. Výsledky stanovení stravitelnosti sušiny (DMD) v analyzovaných druzích čočky	63
Tab. 12. Výsledky stanovení stravitelnosti organické hmoty (OMD) v analyzovaných druzích čočky.....	64

