

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky



Vliv podmínek chovu na nutriční jakost jedlého hmyzu

Diplomová práce

Bc. Daniel Maňhal

Výživa a potraviny

doc. Ing. Lenka Kouřimská, Ph.D.

© 2019 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Vliv podmínek chovu na nutriční jakost jedlého hmyzu" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucí diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 12. 4. 2019

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval paní doc. Ing. Lence Kouřimské, PhD. za odborné vedení diplomové práce a podmětné rady při jejím zpracování. Paní Ing. et Ing. Anně Adámkové, Ph.D. patří mé díky za pomoc při praktické části diplomové práce. Dále bych velice rád poděkoval panu Ing. Martinu Kulmovi, Ph.D. za věcné připomínky a vstřícnost při konzultování diplomové práce.

Vliv podmínek chovu na nutriční jakost jedlého hmyzu

Souhrn

Tato diplomová práce se zabývá vlivem chovných podmínek a stravy na nutriční složení potměníka moučného (*Tenebrio molitor*), konkrétně na spektrum mastných kyselin v obsaženém tuku. Určujícími faktory byly teplota chovu a složení podávané stravy. Literární rešerše se zabývá fenoménem entomofágie, která je tradiční součástí života mnoha kultur po celém světě, přičemž z historického hlediska se zároveň jedná o jeden z nejstarších způsobů obživy lidí. Při současném trendu růstu populace by zvýšení zájmu o konzumaci hmyzu a zařazení entomofágie do běžné stravy západní civilizace mohlo představovat dobrý ekologický i ekonomický koncept, jak zabezpečit kvalitní zdroj živin pro stále rostoucí světovou populaci. Na rozdíl od ostatních druhů potravin, kde je obsah živin vesměs uniformní, vykazuje hmyz velkou variabilitu v obsahu mikro a makronutrientů i v rámci jednoho druhu. Jejich obsah závisí, kromě jiného, na způsobu chovu a předkládané potravě. Určení ideálních chovných podmínek a složení stravy jsou proto klíčové faktory pro kvalitní hmyz jako potravinu. Obecně je však hmyz nutričně srovnatelný s konvenčními potravinami. Při správném způsobu chovu může být pro lidský organismus ještě prospěšnější.

V praktické části byla provedena analýza nutričního obsahu u vzorků larev potměníka moučného. Vzorky se lišily v teplotě chovu (15 °C, 20 °C, 25 °C) a složení stravy (čočka, otruby, směs čočka a otruby). Ze vzorků byla pomocí infračervených vah určena sušina a metodou dle Soxhleta vyextrahován tuk, který byl následně esterifikován. Poté bylo pomocí plynového chromatografu stanoveno spektrum obsažených mastných kyselin. Z profilu mastných kyselin vyplývá, že celkově nejzastoupenější jsou u zkoumaných vzorků *T. molitor* monoenoové a polyenoové mastné kyseliny. Konkrétně nejvyšší obsah má linolová kyselina (C18:2 cis-9,12). Druhou nejvíce zastoupenou byla olejová kyselina (C18:1 cis-9). Z celého spektra mastných kyselin byly následně vypočítány indexy aterogenity (IA) a trombogenity (IT). Průměrné hodnoty obou indexů jsou srovnatelné, nebo nižší, s hodnotami uváděnými u konvenčně konzumovaných tuků. U všech vzorků nadále platí, že nejvyšší množství polyenových mastných kyselin bylo při chovné teplotě 15 °C a s rostoucí teplotou jejich obsah přímo úměrně klesal. Dále je zde naznačen trend, že s rostoucím množstvím sacharidů ve stravě roste obsah tuku obsaženého v hmyzu.

Klíčová slova: Jedlý hmyz, nutriční hodnoty, potměník moučný, tuk, mastné kyseliny

Effect of rearing conditions on nutritional quality of edible insects

Summary

This thesis investigates the impact of breeding conditions and diet on the nutritional composition of mealworm (*Tenebrio molitor*), specifically on the spectrum of fatty acids. The rearing temperature and diet composition represent the determining factors. The aim of the literature research is to investigate entomophagy: a practice of insects eating, historically common to many non-Western cultures. In the West, there has been growing interest in entomophagy as a potential alternative source of nutrients for an ever-growing world population. Great variability in both micro and macronutrient content within one species distinguishes it from other food sources with generally uniform nutrient content. Method of breeding and diet have a considerable effect on the nutritional value of insects and are two of the crucial aspects for producing high quality edible insects. Although nutritional values of insects and other conventional sources are comparable, insect consumption may become for humans more beneficial if the right breeding conditions are utilized.

In the experimental part, an analysis of nutritional content was carried out on mealworm larvae samples. The samples differed in the breeding temperature (15 °C, 20 °C, 25 °C) and the food composition (lentils, bran, lentils and bran mixture). First, the dry matter was measured using infrared scales. Second, the fat was extracted using the Soxhlet method and then esterified. Lastly, the spectrum of the fatty acids was determined utilizing gas chromatography. The fatty acid profile of the *Tenebrio molitor* samples shows that mostly monounsaturated and polyunsaturated fatty acids were represented. Specifically, the most abundant in descending order were linoleic acid (C18: 2 cis-9,12) and oleic acid (C18: 1 cis-9). The Atherogenic (IA) and Thrombogenic (IT) indices were then calculated from the entire fatty acid spectrum. The average values of both indices are comparable with or lower than the values of fats from conventional sources. The results of the experiment show that, for *Tenebrio molitor*, the breeding temperature of 15 °C and lentils feed produce insects with the highest amount of unsaturated fatty acids. Furthermore, increasing amounts of carbohydrates in the diet leads to higher amount of fat.

Keywords: Edible insects, nutritional values, mealworm, fat, fatty acids

Obsah

1	Úvod.....	7
2	Cíl práce.....	8
3	Literární rešerše.....	9
3.1	Entomofágie.....	9
3.2	Nutriční obsah.....	10
3.2.1	Energie.....	10
3.2.2	Bílkoviny.....	11
3.2.3	Sacharidy.....	15
3.2.4	Tuky.....	16
3.2.5	Vitamíny a minerální látky.....	20
3.3	Potemník moučný (<i>Tenebrio molitor</i>).....	23
4	Materiál.....	24
5	Metodika.....	25
5.1	Stanovení sušiny.....	25
5.2	Extrakce tuku.....	25
5.3	Esterifikace tuku.....	25
5.4	Stanovení profilu mastných kyselin.....	26
5.5	Statistické vyhodnocení.....	26
6	Výsledky.....	27
6.1	Stanovení obsahu tuku.....	27
6.1.1	Profil mastných kyselin.....	28
6.1.2	Stanovení indexu aterogenity a trombogenity.....	31
6.2	Stanovení sušiny.....	32
7	Diskuze.....	33
8	Závěr.....	36
9	Literatura.....	37
10	Seznam příloh.....	43

1 Úvod

Podle zprávy Organizace spojených národů má do roku 2050 čítat světová populace na 9,2 miliardy obyvatel. Takovýto nárůst představuje výzvu pro zlepšení potravinových zdrojů, především zavedení nových a účinnějších postupů v boji se škůdci a nalezení nových potravinových zdrojů. Dle odhadů FAO bude třeba zvětšení plochy půdy využívané pro chov hospodářských zvířat až o 70 %. Zavedení hmyzu do stravy západní populace by mohlo znamenat znatelné zmenšení této plochy. Hmyz na rozdíl od hospodářských zvířat potřebuje mnohem méně prostoru na chov, rychle se reprodukuje a má lepší konverzi krmiva. Pro vytvoření 1 kg hovězího masa je třeba dodat přibližně 8 kg krmiva, u hmyzu jsou třeba na vytvoření stejného množství živočišné hmoty pouze 2 kg krmiva (de Oliveira et al., 2017). Další výhodou hmyzu je nízká emise škodlivých plynů. Oonincx et al. (2015) provedli studii týkající se zjištění produkce CO₂, NO₂, metanu a amoniaku v poměru k průměrnému dennímu přírůstu. K analýze bylo použito 5 druhů hmyzu, který je přípustný pro konzumaci v západní společnosti: potěmník moučný (*Tenebrio molitor*), cvrček domácí (*Acheta domestica*), zlatohlávek konžský (*Pachnoda marginata*), šváb argentinský (*Blaptica dubia*) a saranče stěhovavá (*Locusta migratoria*). Hmyz v této studii vykazoval vyšší přírůstky při stejných, nebo nižších emisích skleníkových plynů.

Hmyz je ekonomicky výhodnější a ekologičtější než chov ostatních hospodářských zvířat a mohl by představovat udržitelný zdroj živočišných bílkovin pro sociálně slabší obyvatele, jelikož hlavní příčinou podvýživy je chudoba. S rostoucí cenou živočišných produktů se některé komodity jako je maso, mléko a vejce, stávají pro řadu lidí nedostupnými. Rozšíření produktů z hmyzu nebo fortifikace stávajících potravin hmyzími produkty by mohly značně pomoci řešit tento problém (Ghosh et al, 2017).

2 Cíl práce

Cílem diplomové práce je v teoretické části zpracování literární rešerše zaměřené na entomofágii, složení a nutriční hodnotu jedlého hmyzu a vlivem podmínek chovu na nutriční jakost jedlého hmyzu. V praktické části budou proměřeny a porovnány vybrané nutriční parametry (obsah sušiny, tuku a profil mastných kyselin) u druhu potěmník moučný (*Tenebrio molitor*), který bude krmen krmnou dávkou s různým složením a chován při různých teplotách.

Hypotéza: Nutriční vlastnosti jedlého hmyzu se liší v závislosti na složení krmné dávky a teplotě chovu.

Obrázek 1: Příklad servírování hmyzu (foto: Daniel Maňhal)



3 Literární rešerše

3.1 Entomofágie

Samotný pojem „entomofágie“ vychází z řeckých slov „hmyz“ a „jíst“, doslova tedy znamená „pojídání hmyzu“. Konkrétněji pak „antropo-entomofágie“ vyjadřuje konzumaci hmyzu lidmi (Sponheimer et al., 2005). Společně s různými kořínky, semeny, lesními plody a drobnými obratlovci byl hmyz tradiční součástí jídelníčku již odprvopočátku lidských dějin, jelikož se dal snadno získat volně v přírodě (Pánek, 2002). S rozvojem lovu velkých zvířat a následně s rozmachem zemědělství během neolitické revoluce došlo ke snížení podílu hmyzu v lidském jídelníčku. Vlivem dalších faktorů, především kulturních a náboženských, již není hmyz běžnou součástí jídelníčku v dnešním Evropě a USA (Schouteten et al., 2016). Stále je však konzumován v řadě kultur po celém světě, zejména je v oblastech Afriky a Asie. Doposud bylo zdokumentováno více než 2000 druhů jedlého hmyzu a entomofágie běžně praktikují nejméně 2 miliardy lidí, tedy přibližně 50 % světové populace, což z hmyzu činí jednu ze světově nejrozšířenějších poživatin (Ghosh et al, 2017; van Huis et al., 2013). V rozvojových zemích se navíc jedná o snadné řešení, jak při absenci jiných potravin získat živiny (De Folliart, 1992; Ramos-Elorduy et al., 2006)

Do nedávna byla konzumace hmyzu řadou obyvatel západního světa stigmatizována jako strava chudých, znak rozvojových zemí či mediátor přenosu chorob (Schouteten et al., 2016; Sun-Waterhouse et al., 2016). V posledních letech se však můžeme v některých evropských státech setkat s potravinami obsahujícími hmyz, například ve Finsku lze zakoupit pečivo fortifikované moukou ze cvrčků (Patino, 2017). Hmyz je nově povolen jako potravinová novinka také v Dánsku, Belgii, Nizozemsku, Velké Británii a Švýcarsku (Schlup et al., 2018). Také některé restaurace začínají zavádět pokrmy s hmyzem do svým jídelních lístků (de Oliveira et al., 2017). Od 1. ledna 2018 je hmyz považován za potraviny nového typu. V České republice byla zřízena pracovní skupina z odborníků na produkci hmyzu určeného pro entomofágie, která vypracovala dokument „Zásady správné zemědělské a výrobní praxe produkce hmyzu určeného pro lidskou spotřebu“ (MZe, 2018). Jako druhy vhodné pro produkci k potravinářským účelům, uvádějí potemníka moučného (*Tenebrio molitor*), potemníka stájového (*Alphitobius diaperinus*), cvrčka domácího (*Acheta domestica*), cvrčka krátkokřídlého (*Grylodes sigillatus*) a cvrčka banánového (*Gryllus assimilis*) (Informační portál bezpečnost potravin, 2018).

Existuje zde i několik aspektů, které je nutné monitorovat z hlediska bezpečnosti potravin. Jedním z nich je skutečnost, že určité druhy hmyzu jsou schopny produkovat nebezpečné toxiny, které by mohly ohrozit zdraví konzumenta. Může se jednat o různé aldehydy, alkaloidy, alkoholy, estery, ketony, fenoly, laktony, steroidy a další. Některé druhy také mohou sloužit jako mezipřenositelé či přenašeči různých bakterií, parazitických červů, prvků a virů. Z žádných studií však nevyplývá, že by hmyz obecně způsoboval nějaké závažné zdravotní problémy (De Foliart, 1992).

Další překážkou, pro zařazení hmyzu do stravy, může být u některých jedinců to, že hmyz je schopen vyvolávat různé alergické reakce. Lidé, kteří trpí alergickými reakcemi po konzumaci korýšů, mají vysokou pravděpodobnost vzniku imunopatologické reakce také po konzumaci hmyzu. Za alergickou reakci může protein tropomyosin, který se vyskytuje v korýších, ale také v hmyzu. Alergie se následně může projevit vznikem ekzémů, dýchacích obtíží, rýmy nebo zánětem spojivek (Ramos-Elorduy, 1998). Někteří jedinci jsou alergičtí už od narození, jiní mohou alergii získat vlivem senzibilizace v průběhu života. Zvláště náchylné jsou pak osoby, která v rámci profese přicházejí často do kontaktu s hmyzem – laboratorní pracovníci, entomologové, zemědělci nebo pracovníci v průmyslu. Při chovu larev potemníka moučného (*Tenebrio molitor*) a jeho příbuzného potemníka stájového (*Alphitobius diaperinus*) může dojít ke kontaktu s jejich trusem, který může vyvolat alergické reakce a následně způsobit záněty sliznice nosu a očí, otoky, svědění a vyrážky (van Huis et al., 2013).

3.2 Nutriční obsah

Nutriční složení jedlého hmyzu se liší v závislosti na druhu, vývojovém stádiu, pohlaví a místě výskytu. Obecně platí, že hmyz je bohatým zdrojem energie, bílkovin, tuků, minerálních látek a vitamínů. Stačí například 100 g housenek, aby byla přibližně ze 76 % pokryta denní potřeba bílkovin a téměř 100 % doporučené množství vitamínů (Rumpold and Schlüter, 2012).

3.2.1 Energie

Hodnota obsažené energie se mírně liší dle analyzovaného druhu a vývojového stádia, ve kterém se hmyz zrovna nachází. Obecně platí, že larvální stádia a druhy bohaté na obsah tuku, jako je například zavíječ voskový (*Galleria mellonella*), jsou energeticky bohatšími zdroji

než druhy, u nichž převažuje obsah bílkovin. Nejnižší obsah energie byl naměřen 432 kcal/100 g sušiny u *Schistocerca gregaria*, vyšší obsah, přibližně 444 kcal/100 g sušiny pro *T. molitor* a 452 kcal/100 g sušiny pro *Gryllodes sigillatus*. Tento energetický obsah je porovnatelný s energií obsaženou v hovězím mase (414 kcal/100 g) nebo v rybách (397 kcal/100 g) (Zielińska et al. 2015). Van Huis et al. (2013) analyzovali 78 druhů hmyzu, pocházejícího z volné přírody v Mexiku. Naměřené hodnoty energetického obsahu se mezi druhy pohybovaly od 293 do 762 kcal/100 g sušiny. Finke (2002) uvádí energetický obsah hmyzu od 67,4 kcal/100 g sušiny u larev bource morušového (*Bombyx mori*), do 274,1 kcal/100 g sušiny u zavíječe voskového (*Galleria mellonella*).

3.2.2 Bílkoviny

Bílkoviny, jsou polymerní látky složené z řetězců aminokyselin. Ve své struktuře obsahují 55 % uhlíku, 21 % kyslíku, 17 % dusíku a 7 % vodíku. Dále mohou obsahovat síru, fosfor a řadu dalších látek. Pro lidský organismus jsou nepostradatelným zdrojem dusíku, jelikož lipidy ani sacharidy jej ve své struktuře neobsahují. Jejich funkce je především stavební, v případě nedostatku ostatních makroživin, mohou sloužit jako zdroj energie. Dále regulují látkovou výměnu v buňkách i mezi nimi a ve formě apoenzymů se účastní enzymatické aktivity (Horniaková et al., 2010; Zachar, 2004).

Obsah bílkovin se obvykle počítá z množství celkového dusíku pomocí konverzního faktoru (Kp) 6,25. Nicméně tento faktor často nadhodnocuje obsah bílkovin, protože nerozlišuje bílkovinný a nebílkovinný dusík, který bývá u hmyzu obsažený nejčastěji v chitinu tvořící jeho exoskelet. Chitinová vlákna jsou polysacharidem glukosaminu a N-acetylglukosaminu obsahujících atomy dusíku, který pak ovlivňuje výsledné množství bílkovin. Při výpočtu obsahu bílkovin u hub, které obsahují také velké množství chitinu, se používá konverzní faktor 4,39 a je tedy již počítáno s množstvím nebílkovinného dusíku. Množství obsaženého chitinu se liší v závislosti na druhu a vývojovém stádiu hmyzu a není proto možné stanovit jednotný konverzní faktor (Jonas-Levi and Martinez 2017). Janssen et al. (2017) pomocí analýzy aminokyselin vypočetli specifický konverzní faktor $4,76 \pm 0,09$ pro larvy druhů *Tenebrio molitor*, *Alphitobius diaperinus* a *Hermetia illucens*. Po následné extrakci a purifikaci proteinů byl pro tyto tři druhy hmyzu určen konverzní faktor $5,60 \pm 0,39$. Počítáním s těmito hodnotami Kp se zabrání nadhodnocování celkového obsahu bílkovin u hmyzu.

Ghosh et al. (2017) analyzoval celkem pět druhů jedlého hmyzu, které se běžně využívají v Jižní Koreji ke konzumaci (*Allomyrina dichotoma*, *Protaetia brevitarsis*, *Tenebrio molitor*, *Teleogryllus emma* a *Gryllus bimaculatus*). Výsledné obsahy proteinu se ve vzorcích pohybovaly konzistentně od 53,2 % do 58,3 % v sušině, kromě *Protaetia brevitarsis*, v jehož vzorcích bylo naměřeno 44,2 % bílkovin v sušině. Oproti tomu Bednářová et al. (2013) ve své práci uvádějí širší rozpětí obsahu bílkovin v jedlém hmyzu. To u většiny druhů nabývá hodnot v rozmezí 50,9 – 62,2 %, přičemž na dolní hranici spektra se pohyboval potěmník moučný (*Tenebrio molitor*) a na horní saranče stěhovavé (*Locusta migratoria*). Mimo průměr ostatních druhů se pohyboval zavíječ voskový (*Galleria mellonella*), typický pro svůj vysoký obsah tuku, u něhož byl obsah bílkovin pouze 38,41 %. Dle komplexní analýzy 9 řádů jedlých druhů hmyzu, kterou provedli Rumpold and Schlüter (2013), může obsah bílkovin nabývat ještě vyšších hodnot. Jako nejbohatší zdroj bílkovin uvádějí druh *Melanoplus mexicanus* s obsahem 77,13 % bílkovin v sušině. To koresponduje také s průměrně nejvyšší hodnotou 61,32 % u řádu rovnokřídlí (*Orthoptera*). Naopak nejnižší obsah (35,34 %) byl u řádu všekazi (*Isoptera*). Průměrné obsahy bílkovin u všech analyzovaných řádů jsou znázorněny v tabulce 1. Konkrétně pro larvy potěmníka moučného (*Tenebrio molitor*) je obsah dusíkatých látek uváděn v rozmezí 45,1 % (Broekhoven et al. 2015) až 50,9 % (Bednářová et al., 2013)

Tabulka 1: Průměrný obsah bílkovin v sušině u jednotlivých řádů jedlého hmyzu (Rumpold and Schlüter, 2013)

Řád	Obsah bílkovin [%]
Rovnokřídlí (<i>Orthoptera</i>)	61,32
Švábi (<i>Blattodea</i>)	57,30
Vážky (<i>Odonata</i>)	55,23
Dvoukřídlí (<i>Diptera</i>)	49,48
Polokřídlí (<i>Hemiptera</i>)	48,33
Blanokřídlí (<i>Hymenoptera</i>)	46,47
Motýli (<i>Lepidoptera</i>)	45,38
Brouci (<i>Coleoptera</i>)	40,69
Všekazi (<i>Isoptera</i>)	35,34

Kvalita bílkovin obsažených ve stravě se značně odvíjí od skladby obsažených aminokyselin. Obsah esenciálních aminokyselin v testovaném hmyzu je srovnatelný s ostatními živočišnými bílkovinami a jeho hodnoty splňují doporučení od FAO (Organizace pro výživu a zemědělství), WHO (Světová zdravotnická organizace) i UNU (Univerzita OSN). Z celkového spektra aminokyselin tvoří esenciální 46-96 %, v závislosti na druhu hmyzu (Oonincx et al., 2015). Pozornost byla kladena na obsah lysinu, který je limitní aminokyselinou v rýži, pšenici, kukuřici a manioku. Jeho obsah byl nízký pouze u druhů *P. brevitarsis* a *G. bimaculatus*. Vysoký obsah u všech druhů měl arginin, který je esenciální zejména pro děti v období růstu (Ghosh et al., 2017). Průměrné obsahy esenciálních aminokyselin u jednotlivých řádů jedlého hmyzu jsou uvedeny v tabulce 2. Co se týče neesenciálních aminokyselin, nejvyšší obsah u všech analyzovaných druhů měla glutamová kyselina, jejíž obsah byl průměrně 96,84 mg/g bílkoviny (Rumpold and Schlüter, 2013).

Stravitelnost hmyzích bílkovin je ve srovnání s konvenčními zdroji proteinu také vysoká. V testu stravitelnosti na potkanech dosahuje hmyzí protein hodnot 86-89 %, což je téměř srovnatelné se stravitelností 95 % u vaječného bílku a 98 % u hovězího masa. Tato hodnota je také vyšší, než u všech rostlinných bílkovin (Finke, 2002).

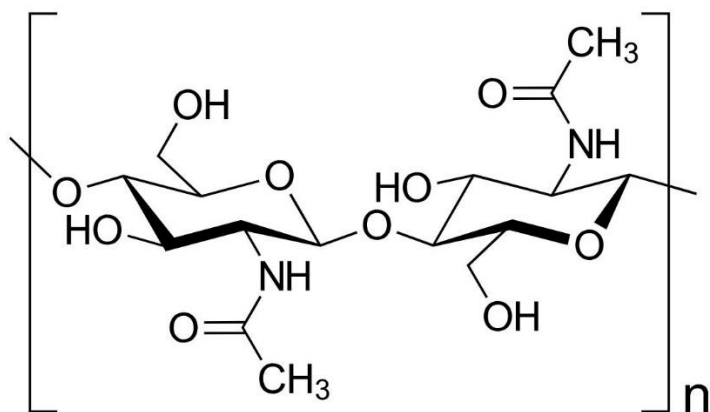
Tabulka 2: Průměrný obsah esenciálních aminokyselin v bílkovině hmyzu [mg/g] (Rumpold and Schlüter, 2013)

Řád	His	Ile	Leu	Lys	Met + Cys	Phe + Tyr	Thr	Trp	Val
	mg/g bílkoviny								
Švábi (<i>Blattodea</i>)	19,4	29,9	56,4	48	41,4	92,9	34,6	6	53,8
Brouci (<i>Coleoptera</i>)	26,3	45,6	74,2	50,6	31,9	98,6	35,2	10,1	51,9
Dvoukřídlí (<i>Diptera</i>)	22,3	32,6	57,4	62,9	36,6	107,3	38,8	28,3	46,9
Polokřídlí (<i>Hemiptera</i>)	15,7	31,5	49,8	28	32,2	63,8	29,9	10,3	44,3
Blanokřídlí (<i>Hymenoptera</i>)	27	47,8	78,4	53,8	30,5	104,3	41,7	10,3	60,5
Všekazi (<i>Isoptera</i>)	51,4	51,1	78,3	54,2	26,2	74	27	14,3	73,3
Motýli (<i>Lepidoptera</i>)	23,7	40,4	62,7	57,7	34,7	95,8	40	11,2	54,1
Rovnokřídlí (<i>Orthoptera</i>)	21,2	39,6	74,8	53,9	29,8	100,3	35,8	8,1	50,3
Medián	23	40	68,5	53,9	32	97,2	35,5	10,3	52,9
Požadavek ve výživě	15	30	59	45	22	30	23	6	39

3.2.3 Sacharidy

Název pochází z latinského *saccharum*, znamenající cukr. Jejich členění je podle počtu sacharidových jednotek na monosacharidy, oligosacharidy a polysacharidy. Nejjednodušší monosacharidy se podílejí na tvorbě nukleových kyselin, glykolipidů a komplexních proteino-lipido-sacharidových sloučenin. V lidské stravě by sacharidy, převážně ve formě polysacharidů, měly tvořit převážně 60 % denní přijaté energie (Zachar, 2004).

Sacharidy u hmyzu tvoří chitin a bezdusíkaté látky výtažkové (NFE – nitrogen free extract) (Mlček et al., 2014). Chitin je lineární polymer složený z N-acetyl- β -D-glukosaminu a β -D-glukosaminy vzájemně propojených glykosidickou vazbou (Velíšek, 2002). Základní stavební jednotkou chitinu je disacharid chitobiosa. Nejhojněji bývá zastoupen jako strukturní molekula v houbách, korýších, hmyzu a dalších bezobratlých (Finke, 2007). Byl však také nalezen u řady obratlovců (Tang, 2015). Je nerozpustný ve vodě a velice málo v kyselém prostředí. V lidském organismu je téměř nestravitelný, jelikož střevní mikroflóra neobsahuje potřebné trávicí enzymy. Částečná hydrolyza probíhá pouze lysozymem ve slinách a kyselinou chlorovodíkovou v žaludku. Vysoký obsah chitinu v potravě může snižovat její stravitelnost, avšak zároveň podporuje střevní peristaltiku a tím zlepšuje celkovou funkčnost trávicí soustavy. Díky své funkci na pročištění bývá chitin přezdívaný jako živočišná vláknina (Borkovcová et al., 2009). Deacetylací chitinu vzniká polysacharid chitosan, který snižuje hladinu cholesterolu v krvi, má pozitivní vliv na metabolismus glukózy, váže na sebe těžké kovy a má antibiotické vlastnosti (Valíček, 2011). Jelikož je chitin obsažen především v exoskeletu hmyzu, kde představuje přibližně 25-40 % hmotnosti sušiny exoskeletu, druhy s pevnější schránkou ho mají přirozeně více (Finke, 2002). Jeho obsah se u různých druhů hmyzu pohybuje v rozpětí přibližně 5-16 %. Některé druhy však mohou vybočovat z tohoto průměru. Například larvy bource morušového (*Bombyx mori*) obsahují jen 3,73 % chitinu (Bednářová, 2013). U larev *Tenebrio molitor* je obsah chitinu v rozpětí 4,80-6,73 % (Marono et al., 2015)



Obrázek 2: Chemická struktura chitinu (Dschanz, 2007)

Bezdušičkaté látky výtažkové (NFE) jsou ty, které zůstanou z původní hmotnosti vzorku po odečtu hmotnosti dusíkatých látek, tuku, vlákniny, vlhkosti a popela, které se stanoví chemickou analýzou. Jedná se především o sacharidy, které jsou primárně tvořeny rezidui potravy. Podobně jako u ostatních makronutrientů je i obsah sacharidů v hmyzu velice variabilní. Nízké hodnoty mají vážky (*Odonata*), kde sacharidy tvoří jen 4,63 %. Velice široké rozpětí hodnot NFE 2,33-85,30 % má cvrček *Brachytrupes ssp.* z řádu rovnokřídlí (*Orthoptera*). Podobně široké rozpětí hodnot má včela medonosná (*Apis mellifera*), u níž NFE tvoří 22-73,60 %. Vysoký obsah sacharidů, je u mravenců *Atta mexicana*, kde se hodnoty pohybují kolem 77 %. Potemník moučný (*Tenebrio molitor*) má velice nízké hodnoty sacharidů, pohybující se od 0,01 do 3,86 % (Rumpold and Schlüter, 2013). Bednářová (2013) uvádí obsah sacharidů v průměru 1-10 %, jejich zastoupení je tedy nižší než u bílkovin a tuků.

3.2.4 Tuky

Tuky mají v organismu funkci především jako zásobárna energie, tepelný izolant a solvent pro lipofilní vitamíny A, D, E a K. Další jejich podstatnou funkcí je výstavba buněčných membrán. U dospělé osoby by měly tvořit přibližně 30 % denního energetického příjmu.

Obsah tuku je u hmyzu velice variabilní a jeho hodnoty nebývají jednotné ani v rámci jednoho druhu. Jeho množství závisí na pohlaví, vývojovém stádiu a přijímané potravě. Obecně mají samice vyšší podíl tuku než samci a larvy nebo nymfy vyšší než dospělí jedinci (Finke, 2002). Průměrně je obsah tuku v hmyzu 10–50 %. Velice nízký obsah tuku má saranče *Oxya chinensis*, u něhož bylo naměřeno pouze 2,2 %. Dalším „light“ druhem, vhodným jako dietní složka jídelníčku, je bourec morušový, který obsahuje průměrně 8 % tuku v sušině. Naopak

velmi kaloricky bohaté jsou larvy zavíječe voskového, které mohou obsahovat až 60 % tuku v sušině (Bednářová, 2013; Finke 2002).

Prospěšnost tuku pro lidský organismus, a tím také jeho potřebné zastoupení ve stravě, se odvíjí od skladby obsažených mastných kyselin. Nezbytné pro fungování organismu jsou monoenoové a polyenoové mastné kyseliny. Z nich můžeme v hmyzu nalézt esenciální kyselinu linolovou (C18:2, n-6), α -linolovou (C18:3, n-3) a γ -linolovou (C18:3, n-6) (Bukkens, 1997). Rumpold et Schlüter (2013) uvádějí obsah nasycených mastných kyselin v hmyzím tuku v rozpětí od 30,83 % u mravenců, včel a vos až do 41,97 % u všekazů. Ve většině případů jsou nejvíce zastoupenými nasycenými mastnými kyselinami kyseliny palmitová (C16:0) a stearová (C18:0). Výjimkou je například housenka *Imbrasia erli*, u které tvoří hlavní složku nasycených mastných kyselin arachidonová kyselina (C20:0), s obsahem až 38 %. Monoenoových mastných kyselin mají obecně nejméně, průměrně 22 %, všekazi. Naopak nejvíce jich lze nalézt v tuku blanokřídlých, kde dosahují hodnot až 46,60 %. Nejdominantnější zastoupení z nich mají kyseliny palmitoolejová (C16:1, n-7) a olejová (C18:1, n-9). Hodnoty polyenoových mastných kyselin jsou nejnižší u dvoukřídlých, kde tvoří průměrně podíl 15,95 %. Nejvyšší podíl jich mají motýli s hodnotou 39,75 %.

Paul et al. (2016) porovnávali obsah a složení tuku u cvrčka domácího, sarančeti obecného a kobyly dlouhokřídlé s množstvím a složením tuku u larev potměníka moučného. Největší podíl tuku v sušině měly larvy potměníka moučného a to 32 %, z porovnávaných rovnokřídlých byl nejučinnější cvrček domácí s 15 %, poté s 13 % a nejméně tuku obsahovalo saranče obecné s 10 %. Tuk zástupců řádu rovnokřídlí obsahoval mnohem vyšší podíl esenciálních mastných kyselin než tuk z larev *T. molitor*. U cvrčka domácího a kobyly dlouhokřídlé byla nejvýznamnější z mastných kyselin linolová kyselina, zatímco u sarančete obecného α -linolenová kyselina. Oproti tomu potměník moučný měl ve svém tuku nejhojněji zastoupenou olejovou kyselinu. Podobně vysoký obsah tuku analyzovali Rumpold and Schlüter (2013), kteří naměřili v larválním stádiu *T. molitor* celkový obsah 37,7 %.

Tabulka 3: Porovnání obsahu tuku a mastných kyseliny u různých druhů hmyzu (Paul et al., 2016)

Parametr	Cvrček domácí (<i>Acheta domestica</i>), dospělí	Saranče obecná (<i>Chorthippus parallelus</i>), dospělí	Kobylka dlouhokřídlá (<i>Conocephalus discolor</i>), dospělí	Potemník moučný (<i>Tenebrio molitor</i>), larvy
% obsah tuku (v sušině)	15	10	13	32
Hlavní mastná kyselina	linolová kyselina	α -linolenová kyselina	linolová kyselina	olejová kyselina
Poměr PUFA : SFA	1,3	1,8	2,8	0,7
Poměr n-6: n-3	37	0,3	25,1	204,2

Zielinska et al. (2015) uvádějí celkový obsah tuku u *T. molitor* pouze 24,7 %. Shodně však uvádějí jako hlavní složku tuku olejovou kyselinu, o obsahu 40,9 %. Obsah monoenoových kyselin se pohybuje v rozmezí 34,3–43,3 %. Jako další významné monoenoové kyseliny lze uvést kyseliny palmitoolejovou (C16:1), heptadekanovou (C17:1) a eikosanovou (C20:1). Obsah polyenoových kyselin je uváděn 26,3-31,9 %. Jedná se především o kyseliny linolovou (C18:2) s obsahem 29,7 % a linolenovou (C 18:3) s obsahem 1,7 %. Z nasycených mastných kyselin tvořila podstatnou část také palmitová kyselina (C16:0) o obsahu 18 %. Ostatní nasycené mastné kyseliny byly v zastoupení menším než 0,5 %.

Tabulka 4: Složení mastných kyselin jedlého hmyzu [%] (Rumpold and Schlüter, 2013)

Řád	SFA	MUFA	PUFA	SFA/UFA
% z tuku				
Brouci (<i>Coleoptera</i>)	38,5	35,7	27,1	0,6
Dvoukřídli (<i>Diptera</i>)	33	47,2	16	0,5
Polokřídli (<i>Hemiptera</i>)	43,9	32,4	22,9	0,8
Blanokřídli (<i>Hymenoptera</i>)	29,9	48,8	21,2	0,4
Všekazi (<i>Isoptera</i>)	42	22	36	0,7
Motýli (<i>Lepidoptera</i>)	37	23,36	39,8	0,6
Rovnokřídli (<i>Orthoptera</i>)	32	29,4	37,1	0,5
<i>Dictyoptera</i>	41,2	49,6	1,1	0,8

O vhodnosti skladby tuků na lidské zdraví vypovídají tzv. indexy aterogenity a trombogenicity. Index aterogenity (IA) označuje vztah mezi součtem hlavních nasycených mastných kyselin, které jsou považovány za nejvíce aterogenní s tendencí způsobovat adhezi lipidů na buňky imunologické a oběhové soustavy, a součtem tří hlavních nenasycených mastných kyselin, které mají naopak schopnost snižovat hladinu esterifikovaných mastných kyselin, cholesterolu a fosfolipidů. Tím zabraňují vzniku mikro a makro koronárních chorob. Index trombogenicity (IT) je definován jako vztah mezi pro-trombogenními nasycenými mastnými kyselinami a anti-trombogenními mastnými kyselinami (MUFA, PUFA *n*-3, PUFA *n*-6). Tímto indexem lze vyjádřit tendenci k vytváření sraženin v cévách. Indexy IA a IT lze spočítat dle následujících vzorců (Žák et al., 2011).

$$IA = \frac{C12:0 + 4 * C14:0 + C16:0}{\sum MUFA + \sum PUFA n - 6 + \sum PUFA n - 3}$$

$$IT = \frac{C14:0 + C16:0 + C18:0}{0,5 \sum MUFA + 0,5 \sum PUFA n - 6 + 3 \sum PUFA n - 3 + \left(\frac{\sum n-3}{\sum n-6} \right)}$$

Neméně variabilní je hmyzu také cholesterol. Hmyz si ho sám nevytváří a jeho obsah tedy závisí na stravě, kterou je hmyz krmen. Ramos-Bueno et. al (2016) naměřili u potemníka moučného obsah cholesterolu 83 mg/100 g sušiny. Jeho blízký příbuzný potemník brazilský (*Zophobas morio*) obsahuje cholesterolu až 110 mg/100 g. Rumpold and Schlüter (2013) uvádějí obsah cholesterolu 105 mg/100 g u cvrčka domácího, u *Nomadacris succincta* 66 mg/100 g a u rodu vrubounovití 56 mg/100 g. Pro srovnání obsahu cholesterolu v jiných potravinách obsahuje máslo přibližně 240 mg cholesterolu / 100 g, telecí maso 65-70 mg cholesterolu / 100 g a majonéza 110 mg cholesterolu / 100 g sušiny (Velíšek, 2002).

3.2.5 Vitamíny a minerální látky

Vitamíny a minerální látky tvoří nezastupitelnou část lidské výživy. Jejich nedostatek vede k celé řadě zdravotních komplikací. Může se jednat například o poruchy imunity, poruchy růstu, nedostatečný psychický a fyzický vývoj či poruchy reprodukce. Hodnoty vitamínů a minerálních látek v hmyzu nelze s přesností určit, jelikož jejich obsah je značně variabilní. Z velké části je obsah mikronutrientů ovlivněn stupněm vývoje hmyzu a potravou, kterou přijímá. Vzorek hmyzu z chovu se může svým nutričním složením zcela odlišovat od stejného druhu pocházejícího z volné přírody. Velký vliv na obsah živin má také forma, v jaké je hmyz konzumován. Při konzumaci celého organismu, včetně všech tkání, je množství přijatých vitamínů a minerálů větší, než při konzumaci jen určitých částí (van Huis et al., 2013).

Finke (2002) uvádí, že jediný druh s významným obsahem vitamínu D₃ byla včela medonosná, v jejichž larvách bylo nalezeno 425-808 mg vitamínu D / kg sušiny. Vitamínu E mají nejvíce včelky (93 mg / kg sušiny) a dospělí jedinci cvrčků (42 mg / kg sušiny). Lipofilní vitamín E, tedy směs antioxidantů tokoferolů a tokotrienolů, je zastoupen především v druzích bohatých na tuk, jako jsou například larvy zavíječe voskového, kde tvoří tuk až 60 % sušiny. Velice málo vitamínu E bylo detekováno v larvách potemníka moučného, avšak u larev potemníka brazilského byl zjištěn obsah vitamínu E pokrývající 61% denní potřebu. Van Huis et al. (2013) uvádějí, že vysoký obsah vitamínu E se vyskytuje u larev *Rhynchophorus ferrugineus*, konkrétně až 35 mg α-tokoferolu / 100 g a 9 mg β + γ tokoferolu / 100 g sušiny. Doporučený příjem tokoferolu je 15 mg / den. Z vitamínů skupiny B je v hmyzu bohatě zastoupen riboflavin apantothénová kyselina. Některé druhy rovnokřídlých a brouků obsahují

také listovou kyselinu. Obsah vitamínu A, vitamínu C, niacinu a thiaminu je u hmyzu velmi nízký (Rumpold and Schluter, 2013).

Tabulka 5: Obsah vitamínů a minerálních látek u vybraných druhů hmyzu [mg / 100 g sušiny] (Rumpold and Schluter, 2013)

Druh	vit. A	vit. B2	vit. C	Ca	P	Fe	Mg
	($\mu\text{g}/100\text{ g}$)	mg / 100 g sušiny					
<i>Macrotermes bellicosus</i>	2,9	2	3,4	21	136	27	0,2
<i>Macrotermes notalensis</i>	2,56	1,54	3	18	114	29	0,3
<i>Brachytrupes spp.</i>	0	0	0	9,2	127	0,68	0,1
<i>Cytacanthacris aeruginosus unicolor</i>	1	0,1	1	4,4	100,2	0,4	0,1
<i>Zonocerus variegatus</i>	6,8	0,1	8,6	42,2	131,2	2	8,2
<i>Analeptes trifasciata</i>	12,5	2,6	5,4	61,3	136,4	18,2	6,1
<i>Anaphe infracta</i>	3	2	4,52	8,56	111,3	1,8	1
<i>Anaphe reticulata</i>	3,4	2	2,2	10,5	102,4	2,2	2,6
<i>Anaphe spp.</i>	2,8	0,1	3,2	7,6	122,2	1,6	1
<i>Anaphe venata</i>	3,1	1,3	2,2	8,6	100,5	2	1,6
<i>Cirina forda</i>	3	2,2	2	8,2	111	1,8	1,9
<i>Apis mellifera</i>	12,4	3,2	10,3	15,4	125	25,2	5,2
<i>Oryctes boas</i>	8,6	0,1	7,6	45,7	130,2	2,3	6,6
<i>Rhynchophorus phoenicis</i>	11,3	2,2	4,3	39,6	126,4	12,2	7,5

Vápníku bylo nejméně naměřeno u potměníka moučného s obsahem 349,2 mg / kg sušiny, naopak nejvíce je ho v druhu *Protaetia brevitarsis seoulensis* (2282 mg / kg sušiny) (Kim et al., 2017). Většina druhů hmyzu neposkytuje nedostatečný zdroj vápníku. Je to z důvodu chybějícího endoskeletu, který je běžně největší zásobárnou tohoto prvku. Výjimku tvoří pouze larvy mouchy domácí, které jsou schopny poskytnout denní doporučenou dávku. Oproti tomu, většina vzorků obsahuje velké množství fosforu. Obsah tohoto prvku je v rozpětí 5105 - 8875,1 mg / kg sušiny (Rumpold and Schlüter, 2013). Dospělci *T. molitor* obsahují fosfor s vápníkem v poměru 1:3,6 a jejich larvy dokonce v poměru 1:16,9, zatímco savci potřebují tyto prvky přijímat v poměru 1,5-2:1. Nejnižší hodnoty má *Verlarifictorus aspersus*, na horní

hranici hodnot se pohybuje *Protaetia brevitarsis seulensis*. Množství hořčíku se pohybuje od 502,2 mg / kg sušiny u *Verlarifictorus aspersus* do 2522,9 mg / kg sušiny u bource morušového (*Bombyx mori*) (Kim et al., 2017). Rumpold et Schlüter (2013) analyzovali 77 druhů jedlého hmyzu, z nichž pouze 23 obsahovalo dostatečné množství hořčíku. Ze všech řádů hmyzu ho mají nejvíce polokřídli a rovnokřídli. Pozitivní vliv na lidské zdraví má nízký obsah sodíku, který se ve větší míře vyskytuje pouze u některých housenek motýlů kde jeho obsah může dokonce překračovat jeho doporučenou denní dávku 1500 mg.

Z analýzy 14 druhů hmyzu, nejčastěji konzumovaných v jihozápadní Nigerii, vychází *Macrotermes natalensis* jako druh nejvíce bohatý na železo (29 mg / 100 g sušiny) a *Zonocerus variegatus* jako druh s nejvyšším zastoupením hořčíku (8,21 mg / 100 g sušiny). Obě hodnoty jsou několiknásobně vyšší, než u zbylých 12 druhů. U brouka rodu *Analeptes trifasciata* byl analyzován nejvyšší obsah fosforu (136 mg / 100 g sušiny), vápníku (61,25 mg / 100 g sušiny) a vitamínu A (12,54 µg / 100 g sušiny). Nejvíce riboflavinu (3,24 mg / 100 g sušiny) a vitamínu C (10,25 mg / 100 g sušiny) se vyskytuje u včely medonosné (*Apis mellifera*) (Banjo et al., 2006). V tabulce 6 jsou uvedeny hodnoty minerálních látek u 3 vybraných druhů jedlého hmyzu, jak je uvádějí Zielińska et al. (2015).

Tabulka 6: Hodnoty minerálních látek u 3 druhů hmyzu [mg/100 g sušiny] (Zielińska et al., 2015)

Druh	Fe [mg/100 g]	Cu [mg/100 g]	Zn [mg/100 g]
<i>Grylloides sigillatus</i>	4,23 ± 0,1	4,79 ± 0,4	13,9 ± 0,6
<i>Tenebrio molitor</i>	3,29 ± 0,1	1,86 ± 0,1	11,2 ± 0,6
<i>Schistocerca gregaria</i>	8,38 ± 0,3	6,32 ± 0,2	18,6 ± 0,7
Doporučený denní příjem	7,5–58,8	0,9–1,3	3–14

Tabulka 7: Hodnoty minerálních látek u 3 druhů hmyzu [mg/100 g] (Zielińska et al., 2015)

Druh	K [mg/100 g]	Mg[mg/100 g]	Na [mg/100 g]	Ca [mg/100 g]
<i>Grylloides sigillatus</i>	1190 ± 10	101 ± 5,5	330 ± 6,5	130 ± 5,9
<i>Tenebrio molitor</i>	835 ± 8,5	304 ± 6,2	57 ± 5,5	41 ± 5,2
<i>Schistocerca gregaria</i>	749 ± 8,2	82 ± 4,6	173 ± 6,2	70 ± 5,5
Doporučený denní příjem	4700	220–260	1500	1000–1300

3.3 Potemník moučný (*Tenebrio molitor*)

Tenebrio molitor je druh potemníka z čeledi *Tenebrionidae*. Dospělí jedinci měří 1,25 až 1,8 cm. Larvy, zvané též jako mouční červy, sorůstají až do 30 mm. Je to převážně synantropní druh, jehož larva i imago škodí na obilí, mouce a produktech z mouky. V přírodě žije v trouchu starých stromů nebo v ptačích hnízdech. V zajetí je chován převážně jako krmivo pro plazy a ptáky (Skuhřavý, 1968). Larvy bývají chovány v akrylových boxech o rozměrech 48 x 49,5 x 10,5 cm. Jako krmení se používají otruby, kterými je pokryto dno boxu, navíc s listem zelí, který slouží jako zdroj vlhkosti (Park et al., 2014). V případě potřeby je možno dokrmovat zeleninou, ovocem nebo kvasnicemi (Hůrka, 2005). Po naklazení vajec se za 5-8 dnů začínají líhnout larvy, které dále rostou další 2–4 měsíce (Park et al., 2014). Při chovu se udržuje teplota 22 – 30 °C a vlhkost 65 – 70 %. Z analýzy různých teplot chovu vyplývá, že se zvyšující se teplotou se zvyšuje i rychlost vývoje potemníků, přičemž nejrychlejší vývoj (59,9 dní) byl při teplotě 32 °C, naopak nejdélší (97 dní) při teplotě 20 °C. V nepřímé úměře s rychlostí vývoje je životnost – jedinci chovaní při teplotě 20 °C se dožívali 51 dní, jedinci chovaní při 32 °C pouze 36 dní. Jako ideální kompromis mezi rychlostí vývoje a životností je pro *Tenebrio molitor* teplota 27,8 °C (Xu et al., 2012).

4 Materiál

K analýze byly použity larvy potěmníka moučného (*Tenebrio molitor*) od komerčního dodavatele Radek Frýželka, Brno. Chovaný byl paní doc. Ing. Marií Borkovcovou PhD. z Mendelovy univerzity v Brně. Vzorky byly rozděleny podle chovných podmínek. První skupina byla chována při 15 °C, druhá při 20 °C a třetí při 25 °C. Každá z těchto skupin byla dále rozdělena do dalších tří podskupin dle předkládané potravy. První byla krmena čočkovou moukou, druhá pšeničnými otrubami a třetí směsí skládající se z 50 % z čočkové mouky a 50 % pšeničných otrub. Pšeničné otruby byly zakoupeny u firmy Country Life, s.r.o., Beroun. Čočková mouka pocházela od firmy Extrudo Bečice, s.r.o., Týn nad Vltavou. Nutriční hodnoty obou krmiv, pocházející z obalů výrobků, jsou uvedeny v tabulce č. 8. Larvy byly odebrány z chovu v předposledním instaru těsně před zakuklením, s plnou délkou těla, a ponechány 48 hodin na vylačnění. Potém byly usmrceny vroucí vodou, sušeny při 105 °C a následně zhomogenizovány. Do okamžiku samotné laboratorní analýzy byly vzorky uchovány při teplotě 4 až 7 °C.

Tabulka 8: Nutriční hodnoty krmiv [údaje na 100 g] (Zdroj: Údaje na obalu potravin)

	Čočková mouka	Pšeničné otruby
Energetická hodnota	1250 kJ / 298 kcal	1210 kJ / 292 kcal
Tuky	2,0 g	5,3 g
Z toho nasycené mastné kyseliny	0,5 g	0,88 g
Sacharidy	49,6 g	24,9 g
Z toho cukry	2,2 g	2,2 g
Vláknina	11,4 g	40,2 g
Bílkoviny	24,1 g	16,2 g
Sůl	6,7 mg	0,1 g

5 Metodika

5.1 Stanovení sušiny

Ke stanovení sušiny bylo odváženo přibližně 0,5 g vzorku, který byl rovnoměrně rozprostřen na hliníkovou folii a analyzován dle normy ISO 1442:1997 pomocí infračervené váhy Precisa HA 300, Precisa Gravimetrics AG, Dietikon, Schweiz.

5.2 Extrakce tuku

Obsah tuku byl stanoven extrakcí podle Soxhleta (Soxhlet, 1879, Davídek, 1977). Ze zhomogenizovaného materiálu bylo na analytických vahách odváženo přibližně 5 g vzorku, který byl poté umístěn do extrakčních patron a překryt vatou. Poté byly patrony vloženy do předem zvážených 250 ml varných baněk s varnými kamínky. Dále bylo do baňky přidáno 75 ml petroletheru. Do extrakčních patron bylo odváženo přibližně 5 g zhomogenizovaného materiálu. Takto připravené vzorky byly vloženy do Soxhletova extraktoru a kontinuálně extrahovány přibližně 4 hodiny. Po dokončení extrakce bylo z baněk odpařeno všechno rozpouštědlo pomocí vakuové odparky při 40 °C. Pro odpaření zbylého rozpouštědla byly vzorky vloženy do sušičky. Po vysušení byly baňky ponechány v exsikátoru až do vychladnutí a poté zváženy. Z rozdílu hmotnosti baňky po extrakci a hmotnosti samotné varné baňky s varnými kamínky byla vypočítána hmotnost vyextrahovaného tuku.

5.3 Esterifikace tuku

Esterifikace tuku pro stanovení zastoupení jednotlivých mastných kyselin probíhala dle ISO 12966-2: 2011. Ze vzorku bylo vyextrahováno přibližně 0,5 g tuku. K tuku se poté přidalo 5 ml methanolu, 0,5M methanolického roztoku KOH, 1,5 ml BF₃ a varný kamínek. Následně byla baňka ponechána v topném hnízdě přibližně 2 hodiny. Po ukončení varu a zchlazení baňky na laboratorní teplotu, bylo přes chladič přidáno 5 ml hexanu. Po sundání baňky z varného hnízda byl přilít nasycený roztok NaCl přibližně do poloviny objemu baňky. Po krátkém promíchání byl roztokem doplněn celý objem baňky až po hrdlo. Oddělená horní vrstva byla opatrně odebrána pipetou a převedena do vialky, spolu s bezvodným síranem sodným. Takto připravené vzorky byly uchovány v mrazicím boxu až do provedení plynové chromatografie.

5.4 Stanovení profilu mastných kyselin

Pro stanovení profilu mastných kyselin byl použit plynový chromatograf GC-2010 od výrobce Shimadzu, s plamenově ionizačním detektorem (FID). K separaci byla použita vysoce polární chromatografická kolona HP-88 (100 m x 0,25 mm x 0,2 μ m), od firmy Agilent Technologies, USA. Objem nástřiku byl 1 μ l, teplota nástřiku 250 °C, splitovací poměr 1:100, nosný plyn dusík, teplotní program 80 °C / 5 min, 200 °C / 30 min, 250 °C / 15 min. Ke kvalitativní analýze mastných kyselin bylo využito vnitřní normalizace použitím standardu FAME Mixture C4-C24 (Supelco, PA, USA), obsahující 37 methylesterů mastných kyselin. Zastoupení jednotlivých mastných kyselin bylo přepočteno na procenta z celkového obsahu přítomných metylesterů.

5.5 Statistické vyhodnocení

Data byla sjednocena a statisticky vyhodnocena za použití softwaru Microsoft Excel (Microsoft Corporation, USA). Ze získaných dat byly získány charakteristiky souboru: průměr, medián a směrodatná odchylka. Z důvodu nedostatku materiálu k analýze nebylo možné provést dostatečný počet měření pro získání relevantního množství dat k vypočítání variability v datech pomocí neprametrické analýzy rozptylu.

6 Výsledky

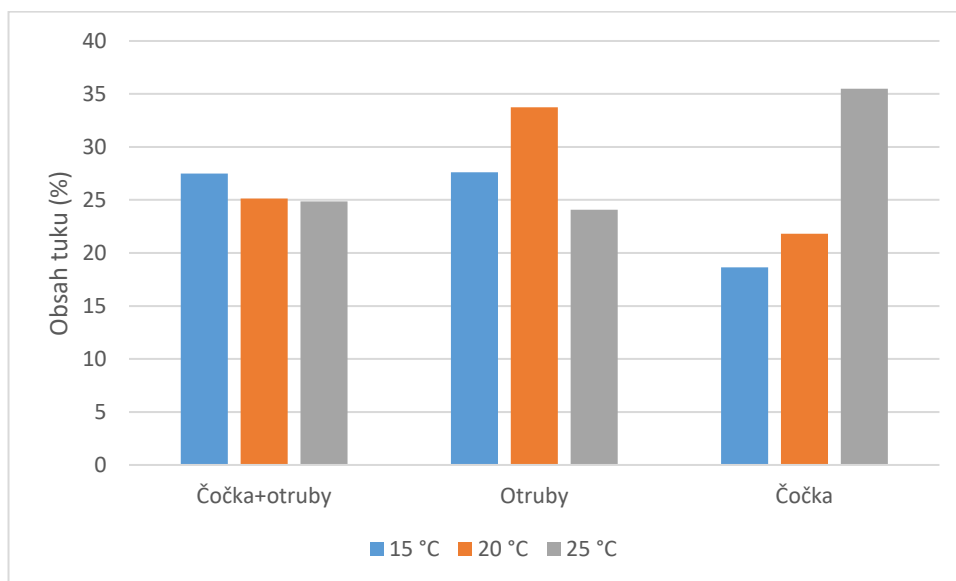
6.1 Stanovení obsahu tuku

Nejvyšší obsah tuku 35,5 % v sušině byl stanoven u vzorku *Tenebrio molitor* krmeného pouze čočkou, a to při teplotě 25 °C. Nejméně tuku obsahoval vzorek chovaný při teplotě 15 °C, který byl krmen také čočkou. Největší variabilita v procentuálním zastoupení tuku tedy byla u vzorků krmených pouze čočkou. Naopak nejmenší rozdíly v procentuálním obsahu tuku se pohybují u vzorků krmenými čočkou i otrubami. Zde je nejnižší hodnota 24,87 % (25 °C) a nejvyšší 27,48 % (15 °C) v sušině. Jednotlivé hodnoty obsahů tuku jsou uvedeny v tabulce 9.

Tabulka 9: Stanovení obsahu tuku extrakcí dle Soxhleta

Vzorek	Navážka (g)	Baňka + kamínky (g)	Tuk (g)	Tuk (%) Sušený vzorek	Tuk (%) DM	Směrodatná odchylka
Č+O; 15 °C	4,0073	99,4598	0,99	24,61	27,48	1,03
Č+O; 20 °C	4,0094	126,4721	0,89	22,24	25,15	
Č+O; 25 °C	4,0166	150,4067	0,91	22,67	24,87	
Otruby; 15 °C	4,0227	137,0830	0,97	24,10	27,6	3,44
Otruby; 20 °C	4,0590	150,3127	1,20	29,54	33,74	
Otruby; 25 °C	4,0119	128,9309	0,85	21,24	24,08	
Čočka; 15 °C	4,0515	131,2483	0,67	16,63	18,64	6,42
Čočka; 20 °C	4,0216	113,1089	0,80	19,95	21,82	
Čočka; 25 °C	4,0411	124,0169	1,28	31,61	35,5	

Graf 1: Obsah tuku u jednotlivých vzorků



6.1.1 Profil mastných kyselin

Celkově nejzastoupenější jsou monoenové a polyenové mastné kyseliny, které tvoří průměrně 71,9 % z celkového obsahu. Nejvíce zastoupenou mastnou kyselinou je linolová kyselina (C18:2 *cis*-9,12), která tvoří průměrně 37,6 % a zároveň je její obsah napříč jednotlivými vzorky nejvíce variabilní. Nejvyšší procentuální zastoupení tvoří u vzorku krmeného pouze čočkou a chovaného při teplotě 15 °C. Naopak nejméně jí bylo stanoveno u vzorku krmeného otrubami a chovaného při 15 °C. Druhou nejvíce zastoupenou byla olejová kyselina (C18:1 *cis*-9), jejíž nejvyšší obsah 37 % byl u vzorku krmeného pouze čočkou při teplotě 25 °C. Nižší podíl mají nasycené mastné kyseliny, z nichž nejvyšší obsah tvoří palmitová kyselina (C16:0) s maximem 18,8 % u vzorku krmeného otrubami při teplotě 20 °C. Další s významným obsahem je stearová kyselina (C18:0), jejíž nejvyšší zastoupení je u vzorku krmeného pouze čočkou při teplotě 15 °C a to 12,6 %. Myristová kyselina (C14:0) byla nejvíce zastoupena s obsahem 2,9 % ve vzorku krmeném čočkou při 25 °C. Jedinou majoritní trienovou mastnou kyselinou, obsaženou ve spektru, byla α -linolenová kyselina (C18:3 *cis*-9,12,15) s nejvyšší hodnotou 1,4 % u vzorku krmeného čočkou při 15 °C. Ostatní kyseliny laurová (C12:0), palmitoolejová (C16:0), heptadecylová (C17:0) a heptadecenová (C17:1 *cis*-10) byly v průměru zastoupeny v obsahu pod 1 %.

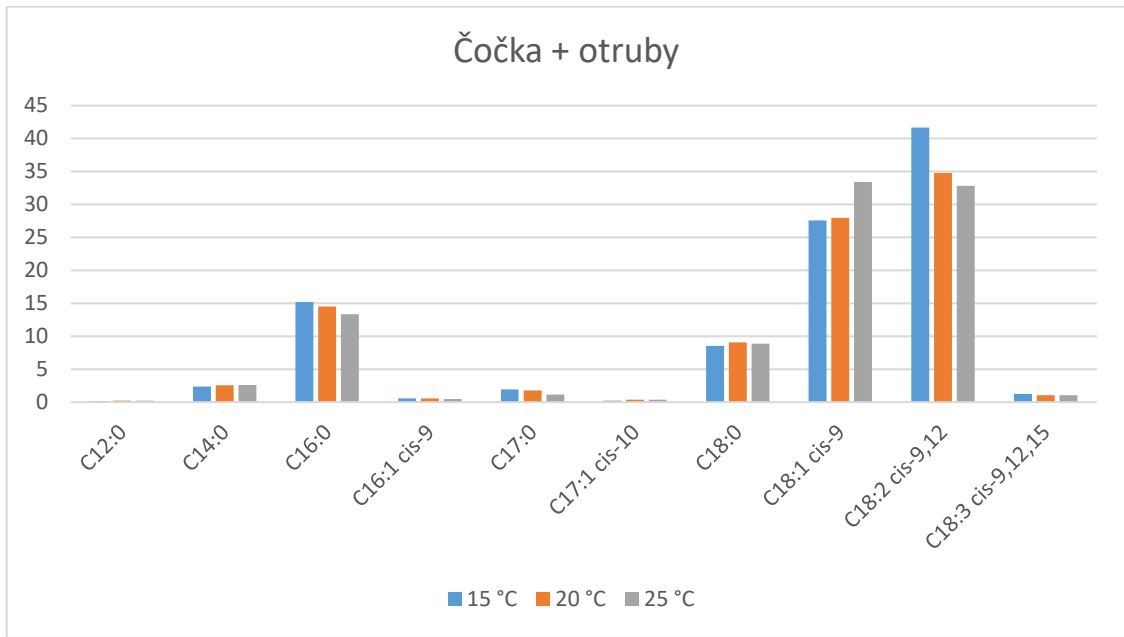
Z jednotlivých vzorků jsou na nenasycené mastné kyseliny nejbohatší ty, které byly krmeny pouze čočkou, zde dosahují průměrné hodnoty 77,7 %. Co se týče vlivu teploty, tak nejvyšší zastoupení MUFA a PUFA bylo stanoveno u vzorků chovaných při teplotě 15 °C, kde

tvořily 85,86 %. S rostoucí teplotou poté jejich obsah klesá. V grafech 2, 3 a 4 jsou znázorněny obsahy mastných kyselin u jednotlivých skupin vzorků dle potravy (čočka + otruby; otruby; čočka) a jejich jednotlivé obsahy dle teploty chovu.

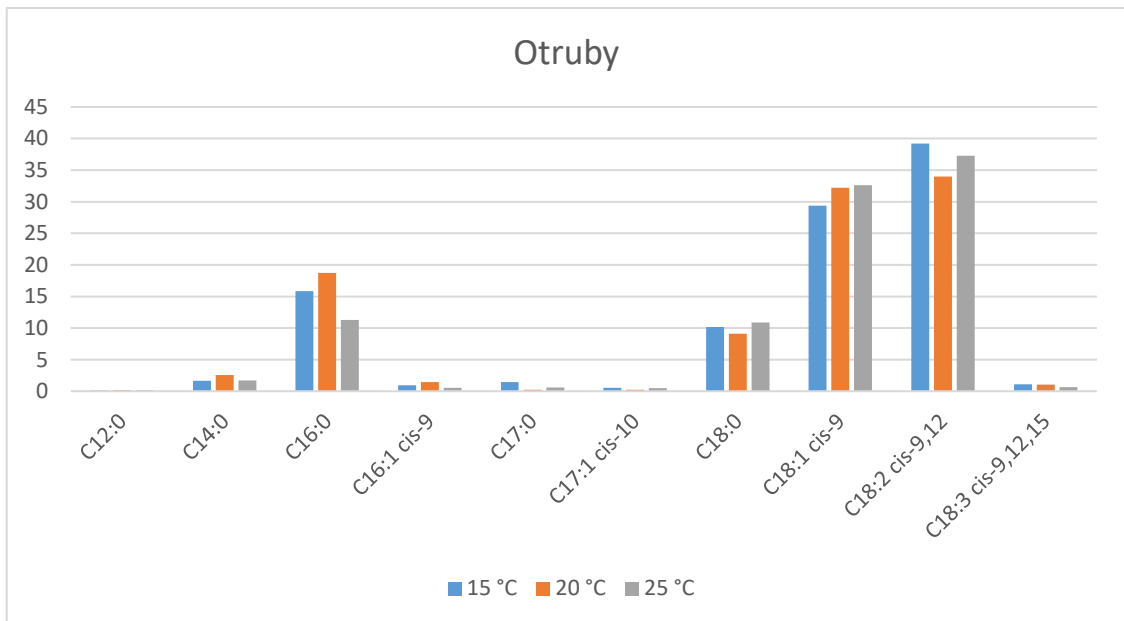
Tabulka 10: Stanovení mastných kyselin (výsledky jsou v relativních % všech mastných kyselin)

	Č+O	Č+O	Č+O	Otruby	Otruby	Otruby	Čočka	Čočka	Čočka	σ
	15 °C	20 °C	25 °C	15 °C	20 °C	25 °C	15 °C	20 °C	25 °C	
C12:0	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	< 0,1
C14:0	2,3	2,6	2,6	1,7	2,6	1,7	2,7	2,2	2,9	0,4
C16:0	15,2	14,5	13,3	15,8	18,8	11,3	13,8	10,8	10,6	2,5
C16:1 <i>cis</i> -9	0,6	0,6	0,5	1	1,5	0,5	1,1	1,1	1,1	0,3
C17:0	1,9	1,8	1,1	1,5	0,2	0,6	0,7	0,6	0,4	0,6
C17:1 <i>cis</i> -10	0,2	0,4	0,4	0,6	0,2	0,5	0,6	0,5	0,1	0,1
C18:0	8,5	9,1	8,9	10,2	9,1	10,9	12,6	10	7,3	1,4
C18:1 <i>cis</i> -9	27,6	28	33,4	29,4	32,2	32,6	33,4	34,3	37	2,9
C18:2 <i>cis</i> -9,12	41,7	34,8	32,8	39,2	34	37,3	49,4	36,1	33	5
C18:3 <i>cis</i> -9,12,15	1,3	1,1	1,1	1,1	1	0,7	1,4	1,4	1,1	0,2

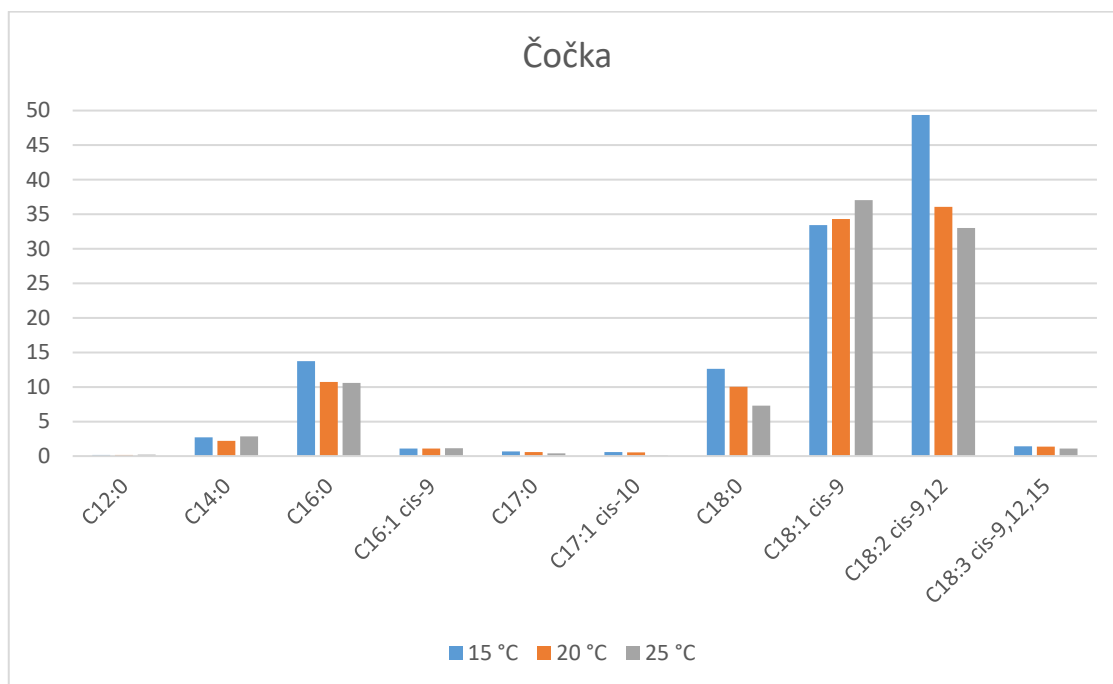
Graf 2: Zastoupení mastných kyselin u *Tenebrio molitor* krmeného čočkou + otrubami (%)



Graf 3: Zastoupení mastných kyselin u *Tenebrio molitor* krmeného otrubami (%)



Graf 4: Zastoupení mastných kyselin u *Tenebrio molitor* krmeného čočkou (%)



6.1.2 Stanovení indexu aterogenity a trombogenity

Z profilů mastných kyselin u jednotlivých vzorků byl stanoven index aterogenity (IA) a trombogenity (IT). Jednotlivé hodnoty jsou uvedeny v tabulce 11. Nejnižší aterogenní index 0,26 byl stanoven u vzorku krmeného pouze otrubami při 25 °C. Naopak nejvyšší hodnota 0,46 byla u vzorku, který byl rovněž krmený pouze otrubami, ale při 20 °C. Průměrná hodnota aterogenního indexu u vzorků byla 0,33.

Index trombogenity (IT) byl stanoven nejnižší pro vzorek krmený čočkou při 25 °C s hodnotou 0,53. Nejvyšší hodnota, shodně s nejvyšším indexem aterogenity, byla stanovena pro vzorek krmený otruby při 20 °C a to 0,82. Průměrná hodnota indexu trombogenity u analyzovaných vzorků byla 0,67.

Tabulka 11: Stanovení indexu aterogenity a trombogenity u analyzovaných vzorků

	Čočka + otruby		Otruby		Čočka	
	IA	IT	IA	IT	IA	IT
15 °C	0,35	0,67	0,32	0,72	0,29	0,63
20 °C	0,39	0,75	0,42	0,82	0,27	0,57
25 °C	0,35	0,68	0,26	0,64	0,31	0,53

6.2 Stanovení sušiny

Sušina původních čerstvých vzorků byla 31-38 %. Vzorky byly dodány k analýze v již sušeném stavu a následně z nich byla sušením odpařena vlhkost absorbovaná při skladování a transportu. Z hodnot uvedených v tabulce 12 vyplývá, že nejvyšší procentuální zastoupení sušiny (z již usušeného materiálu) je u vzorků chovaných při teplotě 25 °C, sušina zde zaujímá v průměru 89,46 %. Vzorky chované při teplotě 20 °C obsahují průměrně 89,15 % sušiny a vzorky chované při nejnižší teplotě obsahují průměrně 88,69 % sušiny. Co se jednotlivých krmiv týká, tak nejvyšší podíl sušiny mají vzorky krmené pouze otrubami, u nichž je průměrná hodnota 89,9 %. Vzorky krmené čočkou a otrubami dosahovaly průměrně 89,7% podílu sušiny a vzorky krmené pouze čočkou měly obsah sušiny nejnižší, konkrétně 87,7 %.

Tabulka 12: Stanovení obsahu sušiny ve vzorcích sušeného hmyzu

	Čočka + otruby	Čočka	Otruby
	Sušina (%)		
15 °C	89,54	87,32	89,21
20 °C	88,43	87,56	91,45
25 °C	91,14	88,21	89,04

7 Diskuze

Obsah tuku v sušině byl stanoven v rozmezí od 18,64 % do 35,5 %, tyto hodnoty spadají do škály uváděné v literatuře, kde je pro hmyz uváděn obsah tuku v rozmezí 10 - 50 % sušiny (Finke, 2002). Paul et al. (2016) uvádějí průměrný obsah tuku u *Tenebrio molitor* 32 %. Této hodnotě se nejvíce přibližuje vzorek krmený čočkou při 25 °C, který měl zastoupení tuku 31,6 %, se snižující se teplotou poté obsah tuku klesal. Vzorek chovaný při 20 °C obsahoval 20 % sušiny a vzorek chovaný při 15 °C pouze 16,6 %. Rozdílné zastoupení obsahu tuku bylo u vzorků, jejichž stravou byly pouze otruby. Zde byl nejvyšší obsah tuku naměřen u vzorku chovaném při 20 °C a to 29,5 %, při 15 °C byl 24,1 % a nejnižší při teplotě 25 °C a to 21,2 %. Při otrubové dietě je tedy pro nejvyšší obsah tuku ideální teplota 20 °C, přičemž se s rostoucí i klesající teplota vedla ke snížení obsahu tuku. Přísun krmné směsi složené z poloviny čočkou a z poloviny otrubami způsobil, že u vzorků chovaných při 20 °C a 25 °C jsou naměřené hodnoty téměř stejné (22,3 % a 22,7 %) a nejvyšší obsah 24,6 % byl při nejnižší teplotě. Zielinska et al. (2015) uvádějí průměrný obsah tuku pro larvy potemníka moučného 24,7 %, což je přibližně stejné množství, jako bylo průměrně naměřeno zde. Oproti tomu podstatně vyšší obsah tuku udávají Gnosh et al. (2017), jejichž vzorky *T. molitor* původem z Jižní Koreje obsahovaly v průměru 34,5 % tuku v sušině. Jejich stravu tvořily pšeničné otruby doplněné o listy čínské zelí. Ještě vyšší obsah tuku udává Bednářová (2013), jejíž vzorky byly chovány při teplotě 22 °C, která naměřila průměrně 36,1 % tuku. Podobně vysoký obsah tuku udávají Rumpold et Schlüter (2013), kteří naměřili pro vzorky *T. molitor*, původem z chovu z USA a Mexika, průměrnou hodnotu tuku v sušině 37,7 %. Neuvádí však přesné podmínky chovu a takto rozdílný obsah tuku tedy může být zapříčiněn skladbou krmiva, teplotou v chovu nebo odlišným vývojovým stádiem larev.

Jako nejvíce zastoupené mastné kyseliny v tuku *T. molitor* uvádějí Bukkens (1997) a Gnosh (2017) kyseliny linolovou (C18:2 *cis*-9,12), palmitovou (C16:0), palmitolejovou (C16:1 *cis*-9) a stearovou (C18:0). Zielinska et al. (2015) uvádějí nejvyšší obsah olejové kyseliny (C18:1 *cis*-9). Tyto mastné kyseliny tvořily většinový podíl i zde. Nejzastoupenější mastnou kyselinou byla linolová kyselina (C18:2 *cis*-9,12) s maximálním zastoupením 49,38 % u vzorku krmeného čočkou při teplotě 15 °C. S rostoucí teplotou poté obsah C18:2 *cis*-9,12 klesal až na 32,99 %. Shodně s literaturou byl vysoký obsah olejové kyseliny (C18:1 *cis*-9), které však bylo největší množství u vzorku krmeného čočkou při 25 °C a s klesající teplotou se přímo úměrně snižoval obsah i této mastné kyseliny. Bukkens (1997) uvádí jako jednu

z hlavních mastných kyselin α -linolenovou kyselinou (C18:3), které zde byl naměřen nejvyšší obsah pouze 1,4 % (vzorek krmený čočkou při 15 °C). Průměrně tvořily polyenové kyseliny 38,7 %, což je shodné s rozmezím 15,95-39,75 % uváděným v literatuře (Rumpold and Schlüter, 2013). U všech skupin vzorků platí, že nejvyšší obsah polyenových mastných kyselin je u vzorků chovaných při nejnižší teplotě a s rostoucí teplotou nadále jejich obsah klesá. Toto je nejspíše způsobeno tím, že vyšší podíl polyenových mastných kyselin zaručuje kapalnost tuku i při nízkých teplotách. Nasycené mastné kyseliny tvoří v průměru 26,9 %, což je méně, než průměrný obsah 30,83-41,97 %, jak jej uvádějí Rumpold et Schlüter (2013). Shodně s literaturou patří mezi hlavní nasycené mastné kyseliny palmitová kyselina (C16:0) s nejvyšším obsahem u vzorku krmeném otruby při 20 °C. Druhá nejzastoupenější SFA je kyselina stearová (C18:0) s nejvyšším obsahem 12,6 % u vzorku krmeném čočkou při 15 °C.

Kromě samotného profilu mastných kyselin obsažených v tuku je pro lidské zdraví také důležitý poměr nasycených, monoenových a polyenových mastných kyselin. Ten by v ideálním případě měl být 1:1-2:1 (Dostálová et al., 2012). Zde tomuto ideálnímu trojpoměru neodpovídal žádný vzorek. Zielinska et al. (2015) uvádějí SFA:MUFA:PUFA v tuku *T. molitor* 1:1,9:1,4. Vzorek krmený pouze čočkou při teplotě 15 °C měl největší množství monoenových mastných kyselin v poměru k nasyceným a polyenovým mastným kyselinám, poměr zde byl 1:1,8:1,6. Největší množství polyenových mastných kyselin v poměru k ostatním obsaženým bylo u vzorku krmeného čočkou při 15 °C, kde poměr SFA:MUFA:PUFA byl 1:1,2:1,7. Naopak nejvíce vyrovnaný poměr 1:1,1:1,1 je u vzorku krmeném pouze otrubami při 20 °C. U všech vzorků platí, že nejvíce aterogenní nasycené mastné kyseliny tvoří nejmenší část v poměru k ostatním. *Tenebrio molitor* je tedy dobrým zdrojem nenasycených mastných kyselin, především pak vzorky krmené pouze čočkou, jejich poměr však není ideální.

Průměrná hodnota aterogenního indexu u vzorků byla 0,33, přičemž nejnižší hodnota IA 0,26 byla stanovena u vzorku krmeného pouze otrubami při 25 °C a naopak nejvyšší IA 0,46 byl u vzorku krmeného pouze otrubami při 20 °C. Při porovnání těchto hodnot s literaturou je tuk z potměníka moučného nižší než obsažené v jiných živočišných druzích. Například pro hovězí lůj byl ze spektra mastných kyselin, uváděný Woodgatem and van der Veenem (2014), vypočítán IA 0,94, pro vepřové sádlo 0,55, pro kuřecí tuk 0,41 a pro rybí olej 0,52. O poznání nižší index aterogenity mají rostlinné tuky. Jako úplně nejnižší hodnotu má řepkový olej s IA 0,05. Následují slunečnicový olej s hodnotou 0,11, řepkový a olivový olej se shodnými hodnotami 0,13. Z rostlinných tuků vybočuje kokosový tuk, který má aterogenní index 13,63.

Průměrná hodnota indexu trombogenity byla stanovena 0,67. Nejnižší IT 0,53 byl u vzorku krmeného čočkou při 25 °C, nejvyšší IT 0,82 měl vzorek krmený otruby při 20 °C. Pro potměníka brazilského naměřila Adámková (2017) trombogenní index 1,4. V porovnání s ostatními živočišnými tuky má této hodnotě nejbližší tuk kuřecí s hodnotou IT 0,63. Více než dvojnásobný index trombogenity má vepřové sádlo s hodnotou 1,42, následované hovězím lojem o IT 2,26. Nejnižší index trombogenity z živočišných tuků má rybí olej, který je svou hodnotou 0,21 srovnatelný s rostlinnými oleji. Z nich je nejméně trombogenní olej řepkový s IT 0,09. Naopak nejvíce trombogenní je kokosový tuk s IT 6,53 (Woodgatem and van der Veenem, 2014). Z hlediska aterogenity tedy vychází analyzovaný tuk z potměníka moučného rizikovější než většina rostlinných olejů, avšak jeho hodnoty IA jsou srovnatelné, nebo nižší, v porovnání s tuky živočišnými. Trombogenní index analyzovaného tuku je nižší než u ostatních běžně konzumovaných tuků živočišného původu. Pro jiný druh jedného hmyzu, konkrétně *A. domestica*, uvádějí Kulma et. al. (2019) aterogenní index v rozmezí 0,53-0,57 a trombogenní index v rozmezí 1,2-1,5. Obě tyto rozmezí jsou tedy vyšší, než hodnoty naměřené u *T. molitor* zde.

8 Závěr

V teoretické části této diplomové práce byla zpracována literární rešerše zaměřující se na entomofáгий a její výhody a nevýhody. Mezi výhody lze zařadit vysokou efektivitu konverze krmiva, nízké nároky na prostor, vodu a nízké emise skleníkových plynů. Mezi nevýhody lze zařadit možný vznik alergických reakcí na některé toxické metabolity hmyzu. Dále zde byly shrnuty základní nutriční parametry jedlého hmyzu, konkrétně obsah energie, proteinů, sacharidů, tuků, vitamínů a minerálů. U všech těchto parametrů bylo provedeno porovnání mezi jednotlivými druhy hmyzu a také vůči konvenčně konzumovaným živočišným produktům. Jako hlavní faktory ovlivňující nutriční obsah jedlého hmyzu jsou uváděny výživa hmyzu, chovné podmínky, pohlaví, nebo vývojové stádium.

Z výsledků vyplývá, že obsah tuku byl shodný s rozmezím uváděným v literatuře. Z důvodu nedostatku materiálu k analýze nebylo možné provést dostatečný počet měření pro adekvátní statistické vyhodnocení, nicméně dle výsledků je naznačen trend, že s rostoucím podílem sacharidů (pšeničné otruby), roste také podíl tuku u hmyzu. Při krmení pšeničnými otrubami byl nejvyšší obsah tuku při chovné teplotě 20 °C, s rostoucí i klesající teplotou obsah tuku klesal. Při krmení hmyzu potravou pohatší na bílkoviny (čočková mouka) klesá celkový obsah tuku, avšak s rostoucím zastoupením proteinů ve stravě roste také podíl nutričně významných mastných kyselin. Současně u všech vzorků platí, že nejvyšší množství polyenových mastných kyselin bylo při chovné teplotě 15 °C a s rostoucí teplotou jejich obsah přímo úměrně klesal. Například esenciální linolová kyselina (C18:2 *cis*-9,12) tvořila u vzorku krmeného pouze čočkou při 15 °C téměř 50 % všech mastných kyselin. S rostoucí teplotou její obsah klesnul na 33 %. Pokud tedy zvolíme jako krmivo čočkovou mouku (či jinou stravu bohatou na bílkoviny) a nízkou teplotu chovu, docílíme nižšího obsahu tuku při současně vyšším množství zdraví prospěšných mastných kyselin. Touto kombinací chovných podmínek tedy lze získat jedlý hmyz, jehož nutriční složení má pozitivní vliv na lidské zdraví. Tento závěr však nelze s určitostí aplikovat na všechny druhy jedlého hmyzu, neboť každý druh je ve svých nutričních hodnotách specifický.

9 Literatura

Adámková, A. 2017. Nutriční rozbor a optimalizace chovu vybraných druhů jedlého hmyzu v podmínkách ČR s ohledem na zdraví člověka. Praha. doktorská disertační práce. Česká Zemědělská Univerzita v Praze. Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů Katedra kvality zemědělských produktů. Vedoucí práce doc. Ing. Lenka Kouřimská, Ph.D.

Banjo, A. D.; Lawal, O. A.; Songonuga, E. A. 2006. The nutritional value of fourteen species of edible insects in southwestern Nigeria. *African journal of Biotechnology*, 5 (3): 298-301. ISSN: 16845315.

Bednářová, M., Borkovcová, M., Mlček, J., Rop, O., Zeman, L. 2013. Edible insects - species suitable for entomophagy under condition of Czech Republic. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 61 (3). 587- 593.

Borkovcová, M., Bednářová, M., Fišer, V., Ocknecht, P. 2009. *Kuchyně hmyzem zpestřená 1*. Lynx. Brno. 135 s. ISBN 978-80-86787-37-4.

van Broekhoven, S., Bastiaan-Net, S., de Jong, N. W., Wichers, H. J. 2015. Influence of processing and in vitro digestion on the allergic cross-reactivity of three mealworm species. *Food Chemistry*. 196. 1075- 1083.

Bukkens, S. G. 1997. The nutritional value of edible insects. *Ecology of Food and Nutrition*, 36(2-4), 287-319.

Davídek, J. 1977. *Laboratorní příručka analýzy potravin*. SNTL. Praha. 255-256 s.

DeFoliart, G. R. 1992. Insects as human food. *Crop Protection*. 11. 395 – 399.

Dostálová, J., Dlouhý, P., Tláškal, P. 2012. Výživová doporučení pro obyvatelstvo České republiky. [online]. *Společnost pro výživu*. 16. 4. 2012 [cit. 2016-10-18]. Dostupné z <http://www.vyzivaspol.cz/vyzivova-doporuceni-pro-obyvatelstvo-ceskerepubliky/>

Dschanz. 2007. Chemical structure of chitin (part of the polymer chain) - own work (drawn with BKchem), Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2606282>

Finke, M. D. 2002. Complete nutrient composition of commercially raised invertebrates used as food for insectivores. *Zoo Biology*. 21 (3). 269-285.

Finke, M. D. 2007. Estimate of chitin in raw whole insects. *Zoo Biol*. 26. 105–115.

Ghosh, S., L., S. M., Jung, C., Meyer-Rochow, V. B. 2017. Nutritional composition of five commercial edible insects in South Korea. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 20(2), 686-694.

Horniaková, E., Bíro, D., Pajtáš, M., Gálik, B., Šimko, M., Juráček M., Rolinec M. 2010. *Základy výživy*. 1st ed. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita, 137 p. ISBN 978-80-552-0446-8.

van Huis, A., van Itterbeeck, J., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G., Vantomme, P. 2013. *Edible insects: Future prospects for food and feed security*. FAO UN,

Hůrka, K. 2005. *Brouci České a Slovenské republiky*. Klabourek. Zlín. 390 s. ISBN 8086447111.

Informační portál bezpečnost potravin. 2018. Hmyz. Available from <http://www.bezpecnostpotravin.cz/kategorie/hmyz.aspx> (accessed 26.11.2018)

ISO 12966-2:2011. *Animal and vegetable fats and oils -- Gas chromatography of fatty acid methyl esters*. International Organization for Standardization. Geneva, Switzerland. p. 15.

ISO 1442:1997. *Meat and meat products -- Determination of moisture content (Reference method)*. International Organization for Standardization. Geneva, Switzerland. p. 4.

Janssen, R. H., Vincken, J. P., van den Broek, L. A., Fogliano, V., Lakemond, C. M., 2017. Nitrogen-to-protein conversion factors for three edible insects: *Tenebrio molitor*, *Alphitobius*

diaperinus, and *Hermetia illucens*. *Journal of agricultural and food chemistry*, 65(11), 2275-2278.

Jonas-Levi, A., Martinez, J. I., 2017. The high level of protein content reported in insects for food and feed is overestimated. *Journal of Food Composition and Analysis*, 62: 184-188.

Kim, S. K., Weaver, C. M., Choi, M. K., 2017. Proximate composition and mineral content of five edible insects consumed in Korea. *CyTA-Journal of Food*, 15(1), 143-146.

Kulma, M., Kouřimská, L., Plachý, V., Božik, M., Adámková, A., & Vrabec, V. 2019. Effect of sex on the nutritional value of house cricket, *Acheta domestica* L. *Food chemistry*, 272, 267-272.

Marono, S. Piccolo, G. Loponte, R. Di Meo, C. Attia, Y. A. Nizza, A. Bovera, F. 2015. In vitro crude protein digestibility of *Tenebrio molitor* and *Hermetia illucens* insect meals and its correlation with chemical composition traits. *Italian Journal of Animal Science*. 14:3889. p. 338-343

Mlček, J., Rop, O., Borkovcova, M., Bednarova, M., 2014. A comprehensive look at the possibilities of edible insects as food in Europe—a review. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 64(3), 147-157.

MZe. 2018. *Zasady produkce hmyzu*. Ministerstvo zemědělství, Praha. Available from http://eagri.cz/public/web/file/576458/Zasady_produkce_hmyzu_4__2_.pdf?fbclid=IwAR1u_ojvZhDjrB2-HbhpWCtdu2X9R9GTVVcwMJx66TL9KdNHLA7OVNZK7i4 (accessed 26.11.2018)

de Oliveira, L. M., da Silva Lucas, A. J., Cadaval, C. L., & Mellado, M. S., 2017. Bread enriched with flour from cinereous cockroach (*Nauphoeta cinerea*). *Innovative food science & emerging technologies*, 44, 30-35.

Oonincx, D.G.A.B., van Broekhoven, S., van Huis, A., van Loon J.J.A. 2015. Feed Conversion, Survival and Development, and Composition of Four Insect Species on Diets Composed of Food By-Products. *PLoS ONE*. 10 (12). 1-20.

- Pánek, J., Pokorný, J., Dostálová, J. 2002. Základy výživy a výživová politika. Vysoká škola chemicko-technologická. Praha. 219 s. ISBN: 80-7080-468-8.
- Park, J. B., Choi, W. H., Kim, S. H., Jin, H. J., Han, Y. S., Kim, N. J., 2014. Developmental characteristics of *Tenebrio molitor* larvae (Coleoptera: Tenebrionidae) in different instars. *International Journal of Industrial Entomology*, 28(1), 5-9.
- Patino, H. 2017. Crunch or cringe? Finnish companies cultivate insect cuisine - thisisFINLAND. thisisFINLAND [online]. [cit. 07.04.2019]. Dostupné z: <https://finland.fi/life-society/crunch-crige-finnish-companies-cultivate-insect-cuisine/>
- Paul, A., Frederich, M., Uyttenbroeck, R., Hatt, S., Malik, P., Lebecque, S., Hamaidia, M., Miazek, K., Goffin, D., Willems, L., Deleu, M., Fauconnier, M.L., Richel, A., De Pauw, E., Blecker, C., Monty, A., Francis, F., Haubruge, E., Danthine, S. 2016. Grasshoppers as a food source? A review. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*. 20 (1). 337-352.
- Ramos-Bueno, R. P., González-Fernández, M. J., Sánchez-Muros-Lozano, M. J., García-Barroso, F., & Guil-Guerrero, J. L. 2016. Fatty acid profiles and cholesterol content of seven insect species assessed by several extraction systems. *European Food Research and Technology*, 242(9), 1471-1477.
- Ramos-Elorduy, J. 1998. *Creepy Crawly Cuisine: The Gourmet Guide to Edible Insects*. Park Street Press. South Paris. p. 160
- Ramos-Elorduy, J. 2006. Threatened edible insects in Hidalgo, Mexico and some measures to preserve them. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*. 2 (1). 1-10.
- Rumpold, B. A., Schlüter, O. K. 2013. Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular Nutrition and Food Research*. 57 (5). 802-823.
- Schlup, Y., Brunner, T., 2018. Prospects for insects as food in Switzerland: A tobit regression. *Food Quality and Preference*, 64, 37-46.

Schouteten, J. J., De Steur, H., De Pelsmaeker, S., Lagast, S., Juvinal, J. G., De Bourdeaudhuij, I., Verbeke, W., Gellynck, X. 2016. Emotional and sensory profiling of insect-, plant- and meat-based burgers under blind, expected and informed conditions. *Food Quality and Preference*. 52. 27 - 31.

Skuhřavý, V. 1968. *Metody chovu hmyzu*, Praha: Academia. s. 285.

Soxhlet, F. 1879. Die gewichtsanalytische Bestimmung des Milchfettes. *Dingler's Polytechnisches Journal*. 232. 461-465.

Sponheimer, M., De Ruiter, D., Lee-Thorp, J., Späth, A. 2005. Sr/Ca and early hominin diets revisited: New data from modern and fossil tooth enamel. *Journal of Human Evolution*. 48. 147–156.

Sun-Waterhouse, D., Waterhouse, G. I., You, L., Zhang, J., Liu, Y., Ma, L., Dong, Y., 2016. Transforming insect biomass into consumer wellness foods: a review. *Food Research International*, 89, 129-151.

Tang, W. J., et al. Chitin is endogenously produced in vertebrates. *Current Biology*, 2015, 25.7: 897-900.

Ulbricht, T., Southgate, D., 1991. Coronary heart disease: Seven dietary factors. *The Lancet*, 338(8773), 985–992.

Valíček, Pavel, 2011. *Houby a jejich léčivé účinky*. 1.vyd. Benešov: Start, 151 s. ISBN 978-80-86231-54-9.

Velíšek, J. 2002. *Chemie potravin*. OSSIS. Tábor. 303 s. ISBN 80-86659-01-1.

Woodgate, S.L., van der Veenem, J.T., 2014. Fats and Oils – Animal Based. In: *Food Processing: Principles and Applications*, Second Edition. Edited by Stephanie Clark, Stephanie Jung, and Buddhi Lamsal. 2014 John Wiley & Sons, Ltd., 481 p.

Xu, S. C., Gu, M. Z., Liu, X. W., Yang, L. L. 2012. Experimental Population Life Table of *Tenebrio molitor* at Different Temperatures. *Journal of Henan Agricultural Sciences*. 41 (3)

Zachar, D. 2004. *Humánna výživa II.: Živiny*. Technická univerzita vo Zvolene. Zvolen. ISBN: 8022812935

Zielińska, E., Baraniak, B., Karaś, M., Rybczyńska, K., Jakubczyk, A. 2015. Selected species of edible insects as a source of nutrient composition. *Food Research International*. 77 (3). 460-466.

Žák, A., Macásek, J., Slabý, A., Staňková, B., Tvrzická, E., Vařeka, T., Vecka, M., Vitek, L., Zeman, M. 2011. *Ateroskleróza. Nové pohledy*. Grada Publishing a.s. Praha. 192 s. ISBN: 8024730529

10 Seznam příloh

Graf 1: Obsah tuku u jednotlivých vzorků.....	28
Graf 2: Zastoupení mastných kyselin u <i>Tenebrio molitor</i> krmeného čočkou + otrubami (%)	30
Graf 3: Zastoupení mastných kyselin u <i>Tenebrio molitor</i> krmeného otrubami (%).....	30
Graf 4: Zastoupení mastných kyselin u <i>Tenebrio molitor</i> krmeného čočkou (%).....	31
Tabulka 1: Průměrný obsah bílkovin v sušině u jednotlivých řádů jedlého hmyzu (Rumpold and Schlüter, 2013).....	12
Tabulka 2: Průměrný obsah esenciálních aminokyselin v bílkovině hmyzu [mg/g] (Rumpold and Schlüter, 2013).....	14
Tabulka 3: Porovnání obsahu tuku a mastných kyseliny u různých druhů hmyzu (Paul et al., 2016).....	18
Tabulka 4: Složení mastných kyselin jedlého hmyzu [%] (Rumpold and Schlüter, 2013).....	19
Tabulka 5: Obsah vitamínů a minerálních látek u vybraných druhů hmyzu [mg / 100 g sušiny] (Rumpold and Schlüter, 2013).....	21
Tabulka 6: Hodnoty minerálních látek u 3 druhů hmyzu [mg/100 g sušiny] (Zielińska et al., 2015).....	22
Tabulka 7: Hodnoty minerálních látek u 3 druhů hmyzu [mg/100 g] (Zielińska et al., 2015).....	23
Tabulka 8: Nutriční hodnoty krmiv [údaje na 100 g] (Zdroj: Údaje na obalu potravin).....	24
Tabulka 9: Stanovení obsahu tuku extrakcí dle Soxhleta.....	27
Tabulka 10: Stanovení mastných kyselin (výsledky jsou v relativních % všech mastných kyselin).....	29
Tabulka 11: Stanovení indexu aterogenity a trombogenity u analyzovaných vzorků.....	31
Tabulka 12: Stanovení obsahu sušiny ve vzorcích sušeného hmyzu.....	32
Obrázek 1: Příklad servírování hmyzu (foto: Daniel Maňhal).....	8
Obrázek 2: Chemická struktura chitinu (Dschanz, 2007).....	16