

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra kvality zemědělských produktů**



**Stanovení nutričních hodnot moučných červů v závislosti  
na podmínkách jejich chovu**

**Diplomová práce**

**Autor práce: Bc. Lenka Petrášová**

**Obor studia: Výživa a potraviny**

**Vedoucí práce: doc. Ing. Lenka Kouřimská, Ph.D.**

© 2017 ČZU v Praze

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Stanovení nutričních hodnot moučných červů v závislosti na podmínkách jejich chovu" jsem vypracovala 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 autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 13. 4. 2017 \_\_\_\_\_

### **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala doc. Ing. Lence Kouřimské, Ph.D. za odborné a podnětné připomínky při zpracování diplomové práce. Dále bych chtěla poděkovat Ing. Anně Adámkové a paní Boženě Riljákové za vedení a pomoc při laboratorních pokusech.

# Stanovení nutričních hodnot moučných červů v závislosti na podmínkách jejich chovu

## Souhrn

Tato práce se zabývá teoretickým popisem chovu jedlého hmyzu potemníka moučného neboli *Tenebrio molitor*, vlivem vnějších podmínek na chov a jeho nutričním složením. V teoretické části jsou popsány obecné charakteristiky chovu potemníka moučného, vliv teploty a krmiva na chov a nutriční složení, které je zaměřeno na obsah tuků, bílkovin, sacharidů, vitaminů a minerálních látek v *Tenebrio molitor*. Potemník moučný obsahuje vysoké procento sušiny, která je složena z vysokého obsahu bílkovin a tuků. Bílkoviny *Tenebrio molitor* jsou složeny takřka ze všech esenciálních a neesenciálních aminokyselin, tudíž je tento druh jedlého hmyzu vhodným zdrojem bílkovin. *Tenebrio molitor* obsahuje vysoký podíl tuku a jeho složení je převážně z polyenových mastných kyselin včetně n-3 a n-6 mastných kyselin, které jsou v lidské stravě nezanedbatelné pro správný vývoj a udržení zdraví.

Praktická část této diplomové práce je věnována samotnému stanovení nutričních hodnot u jedlého hmyzu *Tenebrio molitor* v závislosti na teplotě chovu. *Tenebrio molitor* byl chován při třech různých teplotách (17 °C, 23 °C a 28 °C) do stádia larev, které byly šetrně usmrceny varem a následně usušeny. Následně byl stanoven obsah sušiny, obsah tuku, profil mastných kyselin a obsah dusíkatých látek. Sušina stanovená v usušeném vzorku *Tenebrio molitor* byla stanovena na vahách s infrazářičem do konstantní hmotnosti v rozmezí od 47,0 % do 52,8 %. Obsah tuku byl stanoven dle Soxhleta v rozmezí 22,25 % až 32,50 % sušiny. Obsah dusíkatých látek byl stanoven dle Kjeldahla, které byly přepočítány na obsah bílkovin v rozmezí od 63,22 % do 64,19 %.

Složení a množství bílkovin a tuků v potemníku moučném jsou v ideálním poměru pro lidský organismus, avšak obsah chitinu u dospělých jedinců může vyvolávat alergické reakce u lidí s alergií na koryšce. Proto se doporučuje konzumovat jedlý hmyz ve stádiu larev, které obsahují chitinu méně.

**Klíčová slova:** Jedlý hmyz, nutriční hodnota, tuk, profil mastných kyselin, dusíkaté látky, potemník moučný

# Determination of nutritional values of mealworms in relation to their breeding conditions

## Summary

This thesis deals with the theoretical description of the breed conditions of edible insect *Tenebrio molitor*, the influence of external conditions on the breeding and nutritional composition. In the theoretical part, there were describes general characteristics of breeding mealworm, influence of temperature and feed for breeding and nutritional composition, which is focused on the content of fat, protein, carbohydrates, vitamins and minerals in *Tenebrio molitor*. Mealworm contains a high percentage of dry matter composed of a high content of proteins and fats. Proteins of *Tenebrio molitor* are composed of almost all essential and nonessential amino acids, therefore, this type of edible insect is suitable source of protein. *Tenebrio molitor* contains a high proportion of fat. Fat was mainly composed of polyunsaturated fatty acids including n-3 and n-6, which are important in the human diet for proper development and maintenance of health.

The practical part of this thesis is devoted to the determination of the nutritional values of edible insects *Tenebrio molitor*, depending on the temperature of the breed. *Tenebrio molitor* was kept at three different temperatures (17 °C, 23 °C and 28 °C) into larvae, which were killed by boiling water and subsequently dried. Then the content of dry matter was determined, fat content, fatty acid profile and protein content. Dry matter in dried *Tenebrio molitor* was determined with infrared moisture analyzer to constant weight ranging from 47.0 % to 52.8 %. The content of fat was determined by the Soxhlet method in the range of 22.25 % to 32.50 %. Content of protein was determined by the Kjeldahl method, which were recalculated to the protein of 63.22 % to 64.19 %.

The composition and amount of protein and fat of mealworm are an ideal ratio for the human body, but the content of chitin in adults of *Tenebrio molitor* can cause allergic reactions for people, who are allergic to the crustaceans. Therefore, it is recommended to consume edible insects in the larval stage, which contain less chitin.

**Keywords:** Edible insects, nutritional value, fat, fatty acid profile, crude protein, mealworm

# Obsah

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b> .....	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>HYPOTÉZA A CÍL PRÁCE</b> .....	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>10</b>
<b>3.1</b>	<b>Systémové zařazení <i>Tenebrio molitor</i></b> .....	<b>10</b>
<b>3.2</b>	<b>Charakteristika a chov <i>Tenebrio molitor</i></b> .....	<b>10</b>
3.2.1	Vliv teploty na chov .....	12
3.2.2	Vliv krmiva na nutriční složení <i>Tenebrio molitor</i> .....	14
<b>3.3</b>	<b>Nutriční hodnota jedlého hmyzu</b> .....	<b>15</b>
3.3.1	Energetická hodnota .....	15
3.3.2	Bílkoviny .....	15
3.3.3	Tuky .....	20
3.3.4	Sacharidy .....	24
3.3.5	Vitaminy .....	25
3.3.6	Minerální látky.....	26
3.3.7	Kulinární úprava <i>Tenebrio molitor</i> .....	28
<b>4</b>	<b>MATERIÁL A METODIKA</b> .....	<b>29</b>
<b>4.1</b>	<b>Materiál</b> .....	<b>29</b>
<b>4.2</b>	<b>Stanovení obsahu tuku dle Soxhleta</b> .....	<b>29</b>
4.2.1	Stanovení profilu mastných kyselin.....	29
<b>4.3</b>	<b>Stanovení dusíkatých látek</b> .....	<b>30</b>
<b>4.4</b>	<b>Stanovení sušiny na vahách s infrazářičem</b> .....	<b>31</b>
<b>5</b>	<b>VÝSLEDKY</b> .....	<b>32</b>

<b>5.1 Stanovení obsahu tuku dle Soxhleta.....</b>	<b>32</b>
5.1.1 Stanovení mastných kyselin v <i>Tenebrio molitor</i> .....	33
<b>5.2 Stanovení obsahu dusíkatých látek .....</b>	<b>36</b>
<b>5.3 Stanovení sušiny na vahách s infrazářičem .....</b>	<b>39</b>
<b>6 DISKUZE .....</b>	<b>40</b>
<b>7 ZÁVĚR .....</b>	<b>44</b>
<b>8 SEZNAM LITERATURY.....</b>	<b>45</b>

# 1 Úvod

*Tenebrio molitor* neboli potěmník moučný patří všeobecně do skupiny potravinových škůdců, avšak díky svým nutričním hodnotám, snadnosti chovu a minimálnímu zatížení životního prostředí je potenciálním zdrojem plnohodnotných živin pro lidstvo. Především pro svůj obsah bílkovin a obsah tuků. Skladba bílkovin bývá připodobněna k vaječnému bílku, tudíž k jedné z nejvíce stravitelných bílkovin s ideálním zastoupením aminokyselin.

*Tenebrio molitor* obsahuje všechny esenciální aminokyseliny, které lidský organismus není schopen sám vytvořit. Některé studie dokonce uvádějí, že by *Tenebrio molitor* mohl být zdrojem bílkovin pro astronauty. Taktéž skladba mastných kyselin v tuku *Tenebrio molitor* je příznivá pro lidský organismus, především proto, že svým obsahem převažují polyenové mastné kyseliny včetně n-3 a n-6. A proto se původní druh *Tenebrio molitor* z Jižní Ameriky stal zájmem výzkumů pro využití v potravinářském průmyslu.

Předpokladem nejvýhodnějšího nutričního složení využitelného pro lidský organismus je správná technika chovu *Tenebrio molitor*, aby měl ideální podmínky pro růst a rozmnožování. Vliv vnějšího prostředí se přímo promítá v délce cyklu, velikosti, hmotnosti, počtu snesených vajíček, a dokonce i v nutričním složení. Životní cyklus *Tenebrio molitor* je ovlivněn hlavně teplotou, zpravidla se se zvyšující teplotou životní cyklus krátí a roste počet snesených vajíček. Dalším důležitým vnějším vlivem je i krmivo, které svým složením ovlivňuje i nutriční složení *Tenebrio molitor*.



## 2 Hypotéza a cíl práce

Hypotézou této diplomové práce bylo, že nutriční vlastnosti jedlého hmyzu moučných červů druhu potěmnik moučný (*Tenebrio molitor*) se liší v závislosti na teplotních podmínkách chovu. Předpokladem pro zpracování této diplomové práce bylo, že teplota může ovlivnit nutriční složení *Tenebrio molitor*.

Cílem bylo zpracovat v teoretické části literární rešerši zaměřenou na hmotnostní přírůstek, složení a nutriční hodnotu u *Tenebrio molitor* v závislosti na podmínkách chovu. V praktické části byly proměřeny a porovnány základní nutriční parametry u *Tenebrio molitor*, který byl chován při třech různých teplotách.

### 3 Teoretická část

#### 3.1 Systémové zařazení *Tenebrio molitor*

Kategorie	Název
ŘÍŠE	Živočichové ( <i>Animalia</i> )
KMEN	Členovci ( <i>Arthropoda</i> )
TRÍDA	Hmyz ( <i>Insecta</i> )
ŘÁD	Brouci ( <i>Coleoptera</i> )
PODRÁD	Všežraví ( <i>Polyphaga</i> )
ČELEĎ	Potemníkovití ( <i>Tenebrionidae</i> )
ROD	Potemník ( <i>Tenebrio</i> )
DRUH	Potemník moučný ( <i>Tenebrio molitor</i> )

#### 3.2 Charakteristika a chov *Tenebrio molitor*

*Tenebrio molitor* neboli potemník moučný je řazen do čeledi *Tenebrionidae*, jeho vývoj prochází čtyřmi stádii. Samička naklade 200 až 300 nažloutlých vajíček, která jsou oválná, lesklá a neprůhledná. Z vajíčka se vylíhne hnědá larva známá pod názvem moučný červ, která dorůstá až do 30 mm. Larvy *Tenebrio molitor* se živí hlavně obilnými produkty, a proto je *Tenebrio molitor* považován za nežádoucího škůdce v moukách při skladování, kde se hojně vyskytuje. Když larva dospěje tak se nadále zakuklí a dosahuje až 16 mm, je pozorována hlavně na povrchu mouk, má charakteristické lamely na obou bočních stranách a přibližné zakuklení trvá okolo 3 týdnů, posléze se přemění na dospělého brouka. Nejkratší známá perioda od vajíčka po dospělého jedince je 120 dní a nejdelší 629 dní. Proto se předpokládá, že vývoj *Tenebrio molitor* je závislý na teplotách chovu. Optimální laboratorní podmínky pro chov jsou 25 °C, a vlhkost 60 až 70 % (Skuhravý, 1968).

*Tenebrio molitor* neboli potemník moučný je brán hlavně jako škůdce uskladněného obilí (Schroeckenstein et al., 1990) nebo také jako „chlebový brouk“ (Wang et al., 2012). Původně pochází z Jižní Ameriky, hojně se *Tenebrio molitor* používá jako krmivo pro želvy, ryby a ptáky (Wang et al., 2012). Nicméně nutriční hodnoty *Tenebrio molitor* vykazují dobrý předpoklad ve

využití v potravinářském průmyslu (Park et al., 2014). Z ekonomického hlediska je jeho chov levný a rychlý s minimálními vlivy na životní prostředí (Wang et al., 2012). Podle Li et al. (2013) je životní cyklus *Tenebrio molitor* velice krátký, stádium vajíček trvá 3 až 9 dní, stádium larev 26 až 76 dní a stádium kukel 5 až 17 dní. Chov *Tenebrio molitor* přináší i jisté výhody, například velmi účinnou biodegradaci organického odpadu, kdy přeměňuje organický odpad na proteiny (Veldkamp et al., 2012).

Chov *Tenebrio molitor* probíhá v chovných nádržích, kde jsou získávána vajíčka. Uvnitř chovné nádrže (30 x 30 x 60 cm) je druhá bedna, která má dno z jemného pletiva, kam jsou snášena vajíčka. Na dně je směs šrotu, sušeného mléka a masokostní moučky v poměru 2:1. Snesená vajíčka se inkubují v 5 l lahvích po dobu 12 až 14 dní. Po vylíhnutí do stádia larev jsou larvy přeneseny do plastových nádob, kde rostou 2 až 3 měsíce (Hůrka, 2005). Podle Wu et al. (2009) mají na růst *Tenebrio molitor* vliv ekologické faktory, například teplota, vlhkost, hustota brouků v chovných nádržích, intenzita osvětlení a složení krmiva. Na obrázku 1 je příklad chovné nádoby *Tenebrio molitor*.

Obrázek 1

Chovná nádoba.

([http://www.insectivore.co.uk/articles\\_invertebrates\\_breeding\\_mealworms.html](http://www.insectivore.co.uk/articles_invertebrates_breeding_mealworms.html))



### 3.2.1 Vliv teploty na chov

Teplota chovu je jedním z faktorů ovlivňující rychlost vývoje. Xu et al. (2012) zkoumali, při kterých teplotách je chov *Tenebrio molitor* optimální, kdy je nejrychlejší a kdy naopak nejpomalejší. Bylo sledováno pět různých teplot (20 °C, 23 °C, 26 °C, 29 °C a 32 °C), kdy z pokusu vyšlo, že se zvyšující teplotou roste i rychlost vývoje *Tenebrio molitor* (Xu et al, 2012). Nejdelší doba cyklu byla 97 dní při 20 °C, a naopak nejkratší doba cyklu byla 59,9 dní při 32 °C (Xu et al, 2012). Avšak vyšší teplota má i vliv na životnost dospělého jedince, kdy nejdelší životnost byla při teplotě 20 °C celkem 51 dní a nejkratší životnost byla při teplotě 32 °C celkem 36 dní (Xu et al, 2012). Teplota taktéž ovlivnila i počet snesených vajíček, kdy maximální počet snesených vajíček na samici byl při teplotě 29 °C v počtu 237,1 vajíček a minimální počet snesených vajíček byl při teplotě 20 °C v počtu 147,2 vajíček na samici (Xu et al, 2012). Punzo and Huff (1989) zjistili, že vyšší množství nakladených vajec bylo při teplotách od 25 °C do 35 °C. Podle Xu et al. (2012) je ideální teplota pro vývoj a růst *Tenebrio molitor* 27,8 °C a ideální teplota pro reprodukci 26 až 29 °C. Podle Hůrka (2005) je optimální teplota chovu 22 až 30 °C, která se blíží i ideální teplotě podle Wu et al. (2009), která byla stanovena v rozmezí 25 až 30 °C.

V další studii byla zkoumána teplota a její vliv na vývoj vajíček, období larev a kukel, tělesnou hmotnost kukel a dospělých jedinců a také velikost kukel a dospělých jedinců (Kim et al., 2015). Vývoj vajíček byl zkoumán při různých teplotách chovu, vývoj probíhal při 12,5 °C, 15 °C, 17,5 °C, 20 °C, 22,5 °C, 27,5 °C, 30 °C, 32,5 °C a 35 °C, přičemž se vzrůstající teplotou byl vývoj vajíček rychlejší. U teploty 12,5 °C nebyl naměřen počet dní, jelikož vajíčka nepřežila. Při teplotě 15 °C trval vývoj vajíček přibližně 34,45 dní, naopak při teplotě 35 °C trval vývoj vajíček pouze 5,06 dní. Vývojová stádia larev, kukel a dospělých jedinců byla rozdělena dle teplot a způsobu chovu. *Tenebrio molitor* byl chován v individuálním chovu a ve společném chovu při teplotách 17,5 °C, 20 °C, 22,5 °C, 25 °C, 27,5 °C a 30 °C. V individuálním chovu při teplotě 17,5 °C *Tenebrio molitor* nepřežil v žádném stádiu. Se vzrůstající teplotou se období larev a kukel krátilo, při teplotě 20 °C byl vývoj larvy 204,14 dní a kukel 14 dní, při teplotě 30 °C byl vývoj larvy 165,06 dní a kukel 6 dní (Kim et al., 2015).

V témže experimentu byla měřena hmotnost kukel a dospělých jedinců, přičemž se vzrůstající teplotou byla hmotnost i velikost menší. Při teplotě 20 °C byla hmotnost kukel přibližně 190,00 mg a dospělých jedinců 160,00 mg a při teplotě 30 °C byla hmotnost kukel přibližně 140,00 mg a dospělých jedinců 120,00 mg. Jako ideální teplota pro chov z hlediska hmotnosti kukel i dospělých jedinců byla 25 °C, kdy byla hmotnost kukel 210,00 mg a

dospělých jedinců 180,00 mg. Taktéž i u velikosti dospělých jedinců byla ideální teplota 25 °C, kdy byla délka těla naměřena 16,30 mm. U teploty 20 °C byla délka těla naměřena 15,30 mm a u teploty 30 °C byla délka dospělých jedinců 14,80 mm (Kim et al., 2015). Na obrázku 2 jsou znázorněna jednotlivá vývojová stádia potemníka moučného, respektive larva, svlékající se larva, kukla a dospělý jedinec.

Obrázek 2- Vývojová stádia *Tenebrio molitor* (<http://mealwormcare.org/life-cycle/>)



Ve společném chovu bylo období larev a kukel se vzrůstající teplotou taktéž kratší, při teplotě 17,5 °C u larev trval vývoj 215,88 dní, 20 °C trval vývoj larev 168,59 dní a při teplotě 30 °C trval vývoj larev 129,01 dní. U kukel trval vývoj při 17,5 °C cca 20,24 dní, při teplotě 20 °C cca 15,5 dní a při teplotě 30 °C trval vývoj kukel 6,76 dní. Hmotnost u kukel a dospělých jedinců byla nejvyšší při teplotě 25 °C, u kukel byla hmotnost 200,00 mg a u dospělých jedinců 160,00 mg. U kukel byla hmotnost při teplotách 17,5 °C a 20 °C stejná 180,00 mg, zatímco u dospělých jedinců byly různé, při teplotě 17,5 °C byla hmotnost 160,00 mg a při teplotě 20 °C byla hmotnost 150,00 mg. U teploty 30 °C byly hmotnosti u kukel 180,00 mg a u dospělých 140,00 mg. Na rozdíl od individuálního chovu byla velikost dospělého jedince přibližně stejná, při teplotě 17,5 °C byla velikost 15,50 mm, při 20 °C byla velikost 15,80 mm a při teplotě 30 °C byla velikost 15,60 mm. Z hlediska velikosti byla stanovena ideální teplota 25 °C (Kim et al., 2015).

Vorhees et al. (2012) zjistili, že maximální teplota pro všechna stádia, při kterých je *Tenebrio molitor* schopen přežít, je 46,5 °C. Při rozsahu teplot 47,5 až 49 °C hynou dospělí jedinci, při 46,5 až 48 °C hynou larvy a kukly hynou při teplotách 46,5 až 48 °C. Podle Li et al.

(2013) je *Tenebrio molitor* velice přizpůsobivý, optimální teplota chovu je 15 až 40 °C, ale dokáže přežít i při 0 až 15 °C a 40 až 45 °C.

### 3.2.2 Vliv krmiva na nutriční složení *Tenebrio molitor*

Li et al. (2013) zkoumali vliv krmiva, které bylo určené pro larvy *Tenebrio molitor*. Larvy *Tenebrio molitor* byly rozděleny na experimentální skupinu a na kontrolní skupinu. Experimentální skupina byla krmena pšeničnými otrubami, starými zelnými listy a fermentovanou slámou. Sláma byla inokulována třemi různými skupinami mikroorganismů, fakultativně anaerobními mikroorganismy M1 (*Bacillus subtilis*, *Lactobacillus plantarum*, *Trichoderma viride* a *Candida utilis*), které byly uloženy v lahvi se širokým hrdlem při 28 °C, aerobními mikroorganismy M2 (*Trichoderma pseudokoningii*, *Trichoderma longibrachiatum* a *Bacillus subtilis*), které byly uloženy v nerezové nádobě při 35 °C a kvasinkou M3 *Saccharomyces cerevisiae* uložené v plastové tašce při 35 °C. Kontrolní skupina byla krmena pouze pšeničnými otrubami a zelnými listy. Byl sledován obsah sušiny, redukujících cukrů a vlákniny. Kontrolní skupina vykazovala obsah redukujících cukrů v množství 4,42 mg/g. Oproti kontrolní skupině měla experimentální skupina M1 o 22,2 % vyšší obsah redukujících cukrů v obsahu 5,40 mg/g. U skupiny M3 byl obsah redukujících cukrů nižší oproti kontrolní skupině v množství 2,76 mg/g. Nejnižší obsah redukujících cukrů byl zaznamenán u experimentální skupiny M2 v množství 0,74 mg/g (Li et al., 2013).

Li et al. (2013) také sledovali přírůstek larev *Tenebrio molitor* v závislosti na krmivu, chov byl sledován 38 dní, než se larvy zakuklily. Byl sledován přírůstek v g/100 larev, živé váhy a sušiny. Přírůstek u živé váhy *Tenebrio molitor* nevykazoval do 15. dne chovu žádné odlišnosti mezi kontrolní a experimentální skupinou, nicméně mezi 15. a 25. dnem chovu došlo ke vzniku rozdílu mezi jednotlivými dietami *Tenebrio molitor*. Kontrolní skupina nabývala vyšších hmotností, například 25. den vážilo 100 larev *Tenebrio molitor* 5,5 g, 30. den vážilo 100 larev 7,5 g a 38. den chovu vážilo 100 larev dokonce 11,5 g. Hmotnostní přírůstky u experimentální skupiny byly nižší, 25. den vážilo 100 larev 4 g, 30. den vážilo 100 larev 5 g a 38. den 6,5 g. Obdobné přírůstky byly zjištěny i u sušiny, avšak k rozdílu mezi obsahem sušiny došlo již mezi 10. a 15 dnem. Hmotnostní přírůstek byl rovněž vyšší u kontrolní skupiny larev, 25. den vážilo 100 usušených larev 1,75 g, 30. den vážilo 100 usušených larev 2,25 g a 38. den vážilo 100 usušených larev 3,5 g. U experimentální skupiny byly přírůstky následující, 25. den vážilo 100 usušených larev 1 g, 30. den vážilo 100 usušených larev 2,25 g a 38. den vážilo 100 usušených larev 1,5 g (Li et al., 2013).

Experimentální skupina *Tenebrio molitor* měla vyšší obsah bílkovin a nižší obsah tuku. Obsah bílkovin v sušině, v experimentální skupině byl 76,14 % a tuku v sušině bylo 6,44 %. Kontrolní skupina *Tenebrio molitor* obsahovala 68,14 % bílkovin a 17,43 % tuku v sušině (Li et al., 2013).

### **3.3 Nutriční hodnota jedlého hmyzu**

#### **3.3.1 Energetická hodnota**

Energetická hodnota je množství energie, která je získána organismem po rozkladu živin přijímaných v potravě. Energetická hodnota bývá rozmanitá u různých druhů potravin, taktéž i u jedlého hmyzu závisí energetická hodnota na konkrétním druhu jedlého hmyzu. Energetická hodnota *Tenebrio molitor* byla stanovena v rozmezí 1821 až 1896 kJ/100 g. Taková energetická hodnota by byla schopna nahradit z hlediska energetického příjmu například hovězí maso (1735 kJ/100 g) nebo ryby (1662 kJ/100 g), (Zienlinska et al., 2015). Podle Payne et al. (2016) se energetická hodnota různých druhů hmyzu pohybuje od 427 kJ/100 g do 2 215 kJ/100 g. Podle FAO (2013) je obsah energie larvy *Tenebrio molitor* 206 kcal/100 g čerstvé hmotnosti a obsah energie dospělého jedince 138 kcal/100 g čerstvé hmotnosti. Rumpold and Schlüter (2013) uvedli energetické hodnoty pro kukly, larvy, dospělé jedince chované v Mexiku a energetické hodnoty pro larvy a dospělé jedince chované v USA. U *Tenebrio molitor* chovaného v Mexiku byla stanovena energetická hodnota ve stádiu larvy 554,30 kcal/100 g sušiny, ve stádiu kukly 550 kcal/100 g sušiny a v dospělém stádiu 427,9 kcal/100 g sušiny. U *Tenebrio molitor* chovaného v USA byla stanovena energetická hodnota pro stádium larev 577,44 kcal/100 g sušiny a pro stádium dospělé 379,61 kcal/100 g sušiny (Rumpold et Schlüter, 2013). Podle Bednářové et al. (2013) jsou energeticky bohatší druhy jedlého hmyzu, které obsahují více tuků nebo jsou v larválním stádiu, v porovnání s druhy, které obsahují více bílkovin nebo jsou v dospělém stádiu.

#### **3.3.2 Bílkoviny**

Obsah a složení bílkovin závisí na druhu jedlého hmyzu stejně jako jejich energetická hodnota. Ve většině druhů jedlého hmyzu je obsaženo více než 50 % bílkovin, což dělá z jedlého hmyzu ideální zdroj. Jedlý hmyz nejen že obsahuje vysoký podíl bílkovin, ale zároveň obsahuje i veškeré esenciální aminokyseliny, které lidský organismus není schopen syntetizovat

a musí být konzumovány ve stravě (Zielinska et al., 2015). Podle Bednářové et al. (2013) byl obsah bílkovin v *Tenebrio molitor* 50,86 g/100 g sušiny. Obsah bílkovin v larválním stádiu *Tenebrio molitor* byl zjištěn v rozmezí 50 až 60 % (Wang et al., 2012). Ve stádiu kukly bylo zjištěno 57 % bílkovin a v dospělém vývojovém stádiu 64 % (Wang et al., 2012). Rumpold and Schlüter (2013) zkoumali obsah bílkovin v jednotlivých stádiích vývoje. *Tenebrio molitor*, který byl chován v Mexiku, obsahoval ve stádiu larvy 47,7 % v sušině, ve stádiu kukly 53,10 % v sušině a v dospělém stádiu 60,2 % v sušině. U *Tenebrio molitor* chovaného v USA byl obsah bílkovin stanoven ve stádiu larvy v rozmezí 47,18 % v sušině a 49,43 % v sušině a ve stádiu dospělce v množství 65,29 % v sušině (Rumpold et Schlüter., 2013).

Celkový obsah esenciálních aminokyselin u *Tenebrio molitor* byl stanoven v množství 235,8 mg/g bílkoviny (Zielinska et al., 2015). Mezi esenciálními aminokyselinami byl stanoven izoleucin, lysin, metionin, cystein, fenylalanin, tyrosin, treonin, valin, histidin a leucin. V *Tenebrio molitor* byl stanoven i obsah neesenciálních aminokyselin, konkrétně asparagové kyseliny, serinu, glutamové kyseliny, prolinu, glycinu, alaninu a argininu (Zielinska et al., 2015). Aminokyseliny a jejich množství jsou uvedeny v tabulce 2.



**Tabulka 2 – Obsah aminokyselin v *Tenebrio molitor*, (Zielinska et al., 2015) – vlastní zpracování**

<b>Název</b>	<b>Množství mg/g bílkoviny</b>
<b>Izoleucin</b>	21,4
<b>Lysin</b>	45,8
<b>Metionin</b>	9,6
<b>Cystein</b>	5,5
<b>Valin</b>	39,7
<b>Fenylalanin</b>	16,1
<b>Tyrosin</b>	28,8
<b>Treonin</b>	26,1
<b>Histidin</b>	16,1
<b>Leucin</b>	45,8
<b>Asparagová kyselina</b>	50,5
<b>Serin</b>	28,8
<b>Glutamová kyselina</b>	79,9
<b>Prolin</b>	43,4
<b>Glycin</b>	31,8
<b>Alanin</b>	44,3
<b>Arginin</b>	25,6

Podle Bednářová et al. (2013) byly ve vzorcích *Tenebrio molitor* stanoveny aminokyseliny, jejichž množství je uváděno v g/100 g sušiny. Mezi stanovenými aminokyselinami byly alanin, asparagová kyselina, arginin, cystein, glycin, glutamová kyselina, histidin, izoleucin, leucin, lysin, methionin, fenylalanin, prolin, serin, threonin, tryptofan, tyrosin a valin. Uvedené aminokyseliny a jejich obsah jsou uvedeny v tabulce 3.

**Tabulka 3 - Obsah aminokyselin v *Tenebrio molitor*, (Bednářová et al., 2013) – vlastní zpracování**

<b>Název</b>	<b>Množství g/100 g sušiny</b>
<b>Alanin</b>	3,24
<b>Asparagová kyselina</b>	3,96
<b>Arginin</b>	4,57
<b>Cystein</b>	2,94
<b>Glycin</b>	1,45
<b>Glutamová kyselina</b>	6,93
<b>Histidin</b>	2,48
<b>Izoleucin</b>	3,18
<b>Leucin</b>	6,12
<b>Lysin</b>	3,58
<b>Metionin</b>	1,93
<b>Fenylalanin</b>	2,94
<b>Prolin</b>	0,94
<b>Serin</b>	0,94
<b>Treonin</b>	1,29
<b>Tryptofan</b>	0,31
<b>Tyrosin</b>	0,92
<b>Valin</b>	0,71

Podle Ghaly et al. (2009) byl stanoven obsah aminokyselin v *Tenebrio molitor* 4,8 g isoleucinu, 8,2 g leucinu, 5,3 g lysinu, 4 g threoninu, 0,7 g tryptofanu, 6,4 g valinu, fenylalanin a tyrosin v množství 8,6 g na 100 g bílkoviny. Podle Su et al. (2001) byl stanoven obsah methioninu a cysteinu v množství 2,9 g na 100 g bílkoviny.

Ravzanaadii et al. (2012) stanovili obsah aminokyselin v larválním a dospělém stádiu *Tenebrio molitor*. V následující tabulce 4 jsou uvedeny rozdíly mezi jednotlivými obsahy aminokyselin v závislosti na vývojovém stádiu.

**Tabulka 4 – Obsah aminokyselin v závislosti na vývojovém stádiu *Tenebrio molitor*, Ravzanadii et al. (2012) – vlastní zpracování**

<b>Aminokyselina</b>	<b>Larvální stádium g/ 100 g bílkoviny</b>	<b>Dospělé stádium g/100 g bílkoviny</b>
<b>Cystein</b>	0,517	0,587
<b>Methionin</b>	0,672	0,547
<b>Asparagová kyselina</b>	3,591	3,95
<b>Threonin</b>	1,807	2,153
<b>Serin</b>	2,091	2,204
<b>Glutamová kyselina</b>	5,676	5,236
<b>Glycin</b>	2,41	5,443
<b>Alanin</b>	3,685	4,786
<b>Valin</b>	2,439	3,368
<b>Isoleucin</b>	3,556	3,918
<b>Leucin</b>	3,405	5,165
<b>Tyrosin</b>	3,46	1,635
<b>Fenylalanin</b>	1,759	1,538
<b>Lysin</b>	2,906	2,227
<b>Histidin</b>	1,527	1,71
<b>Arginin</b>	2,434	2,632
<b>Prolin</b>	3,019	3,433
<b>Celkový obsah</b>	<b>44,954</b>	<b>50,532</b>

Z tabulky vyplývá, že v dospělém stádiu je obsah aminokyselin přibližně o 12 % vyšší než v larválním stádiu. Výjimku tvoří methionin, glutamová kyselina, tyrosin, fenylalanin a lysin, které jsou v larválním stádiu zastoupené více než v dospělém stádiu.

Rumpold and Schlüter (2013) se také zabývali rozdíly mezi obsahy aminokyselin u jednotlivých vývojových stádií *Tenebrio molitor* chovaného v USA. Mezi stanovenými aminokyselinami byl histidin, leucin, methionin, izoleucin, valin, prolin, fenylalanin a tyrosin. V dospělém stádiu *Tenebrio molitor* byly stanoveny aminokyseliny v zastoupení histidin, izoleucin, leucin, lysin, methionin, cystein, fenylalanin, tyrosin, threonin, tryptofan, valin,

arginin, serin, prolin, alanin a glycin. Celkový přehled a obsah aminokyselin v larválním a dospělém stádiu podle Rumpold and Schlüter (2013) je uveden v tabulce 5.

**Tabulka 5 – Přehled aminokyselin obsažených v různých vývojových stádiích *Tenebrio molitor* chovaného v USA, (Rumpold et al., 2013) – vlastní zpracování**

Aminokyseliny mg/g bílkoviny	Larva 1	Larva 2	Larva 3	Dospělý jedinec
Histidin	37,9	35,3	31,6	28,7
Izoleucin	49,4	46,7	50,3	43,5
Leucin	82,2	77,7	106,4	82,7
Lysin	64,9	60,9	54,5	44,3
Methionin	19,5	14,1	12,8	12,7
Cystein	10,9	8,2	8,6	6,8
Fenylalanin	43,7	40,8	35,3	26,2
Tyrosin	79,9	77,7	74,5	33,3
Threonin	40,8	34,8	41,8	34,2
Tryptofan	10,3	9,2	8,0	11,0
Valin	69,0	66,3	58,8	63,3
Arginin	60,3	56,0	51,9	43,0
Serin	54,6	49,5	51,3	41,4
Prolin	74,1	65,8	69,5	63,3
Alanin	80,5	74,5	82,4	76,4
Glycin	59,8	53,8	55,6	84,4

Bílkoviny jedlého hmyzu se řadí mezi vysoce kvalitní bílkoviny (Yi et al., 2013), které jsou schopny tvořit gely a mohly by nalézt uplatnění v potravinářském průmyslu jako stabilizátory, například do zmrzlin. (Mariod et al., 2011). Dalším z ukazatelů kvality bílkovin je jejich stravitelnost neboli využití lidským organismem. Podle Finke (2002) je stravitelnost bílkovin u jedlého hmyzu až 86-89 %.

### 3.3.3 Tuky

Jedlý hmyz je považován za bohatý zdroj tuků, podle Belluco et al. (2015) jeho obsah může nabývat hodnot od 7 do 77 g/100 g sušiny jedlého hmyzu. Hlavně obsahuje polyenové mastné

kyseliny, které zahrnují i n-6 a n-3 mastné kyseliny převážně v poměru 5,8:10 až 57,7:10 (Kinyuru et al., 2013). Podle Paul et al. (2016) je obsah mastných kyselin podmíněn různými faktory například druhem jedlého hmyzu, fází metamorfózy, environmentálními faktory a výživou.

Rumpold and Schlüter (2013) stanovili celkový obsah tuků u *Tenebrio molitor* chovaného v Mexiku a v USA v závislosti na vývojovém stádiu. Larva *Tenebrio molitor* chovaná v Mexiku obsahovala 37,7 % tuku v sušině, kukla obsahovala 36,7 % tuku v sušině a dospělý jedinec obsahoval 20,8 % tuku v sušině. Hmyz chovaný v USA obsahoval, oproti hmyzu chovanému v Mexiku, nižší podíl tuku v dospělém stádiu celkem 14,88 % v sušině. Ve stádiu larvy bylo stanoveno od 38,07 % do 43,08 % tuku v sušině (Rumpold et Schlüter, 2013).

Celkový obsah tuku v *Tenebrio molitor* podle Zielinska et al. (2015) je 24,7 %. Obsah nasycených mastných kyselin byl pro *Tenebrio molitor* stanoven v množství 25,32 %, kdy hlavní dvě složky tvořily palmitová kyselina C16:0 v množství 18 % a stearová kyselina C18:0 v množství 3,84 %. Mezi další nasycené mastné kyseliny stanovené v *Tenebrio molitor* patří laurová kyselina C12:0 v množství 0,21 %, myristová kyselina C14:0 v množství 0,05 %, pentadekanová kyselina C15:0 v množství 0,16 %, heptadekanová kyselina C17:0 v množství 0,19 %, arachidonová kyselina C20:0 v množství 0,17 % a trikosanová kyselina C23:0 v množství 0,08 %.

Celkový obsah tuku je tvořen monoenoovými, polyenoovými a nasycenými mastnými kyselinami, přičemž obsah monoenoových mastných kyselin byl stanoven v množství od 34,33 do 43,27 %, obsah polyenoových mastných kyselin byl stanoven v množství od 26,28 do 31,91 % a obsah nasycených mastných kyselin byl stanoven od 25,32 do 35,3 % z celkového obsahu mastných kyselin v jedlém hmyzu (Zielinska et al., 2015).

Monoenové mastné kyseliny tvořily největší podíl z celkového obsahu mastných kyselin v *Tenebrio molitor*. Jednou z nejvýznamnějších mastných kyselin, která patří mezi monoenové mastné kyseliny, byla olejová kyselina, která je obsažena v množství 40,86 %. Dalšími monoenoovými mastnými kyselinami byly C16:1 palmitolejová kyselina, C17:1 heptadekanová kyselina a C20:1 eikosanová kyselina. V největším zastoupení mezi polyenoovými mastnými kyselinami byla linolová kyselina C18:2, následně byla linolenová kyselina C 18:3 a C22:2 (cis, cis) -13, 16- dokosadienová kyselina. V *Tenebrio molitor* byl stanoven i vysoký obsah n-6 v množství 29,68 % a n-3 mastných kyselin 1,61 % (Zielinska et al, 2015). Ravzanaadii et al. (2012) uvádí n-6 v množství 30,23 %, a n-3

v množství 1,36 % v larválním stádiu a v dospělém stádiu uvádí obsah n-6 v množství 32,49 % a n-3 v množství 0,74 %. Obsah mastných kyselin je uveden v tabulce 6.

<b>Systematický název</b>	<b>Triviální název</b>	<b>Označení</b>	<b>Obsah %</b>
<b>Dodekanová</b>	Laurová	C12:0	0,21
<b>Tetradekanová</b>	Myristová	C14:0	0,05
<b>Pentadekanová</b>		C15:0	0,16
<b>Hexadekanová</b>	Palmitová	C16:0	18
<b>Heptadekanová</b>		C17:0	0,19
<b>Oktadekanová</b>	Stearová	C18:0	3,84
<b>Ikosanová</b>	Arachová	C20:0	0,17
<b>Trikosanová</b>		C23:0	0,08
<b>Cis-hexadec-9- enová</b>	Palmitolejová	C16:1	2,07
<b>Heptadekanová</b>		C17:1	0,18
<b>Cis-oktadec-9- enová</b>	Olejová	C18:1	40,86
<b>Cis-11- eikosenová</b>	Eikosenová	C20:1	0,17
<b>9- cis, 12- cis-oktadeka-9,12- dienová</b>	Linolová	C18:2	29,68
<b>9- cis, 12- cis, 15- cis-oktadeka-9, 12, 15- trienová</b>	Linolenová	C18:3	1,67
<b>(cis, cis) - 13, 16- dokosadienová</b>		C22:2	0,08

V larvách *Tenebrio molitor* je podle Finke (2015) nejvíce zastoupena monoenová mastná kyselina C18:1, olejová kyselina v množství 27,3 g/kg, polyenová mastná kyselina C18:2, linolová kyselina 24,3 g/kg. Obsah monoenových mastných kyselin podle Finke (2015) byl stanoven podstatně nižší oproti polyenovým. Nejvíce zastoupená nasycená mastná kyselina byla stanovena palmitová kyselina C16:0 v množství 12,3 g/kg, myristová kyselina C14:0 v množství 1,43 g/kg a stearová kyselina C18:0 v množství 2,56 g/kg (Finke, 2015).

Podle Kinyuru et al. (2013) obsahoval jedlý hmyz od 44,64 do 56,10 % monoenoových mastných kyselin z celkového obsahu tuku. Celkový obsah polyenoových mastných kyselin byl uveden v množství od 5,90 do 12,18 % a nasycené mastné kyseliny v množství od 32,9 do 49,4 % z celkového obsahu tuku (Kinyuru et al., 2013). Kinyuru zjistil, že největší zastoupení mají mastné kyseliny s 18 uhlíky, mezi tyto mastné kyseliny je řazena olejová kyselina C18:1, která byla stanovena v množství od 41,7 do 50,2 % z celkového obsahu tuku. Mezi C18 jsou řazeny i linolová kyselina C18:2 (od 5 do 11,5 %), linolenová kyselina C18:3 (od 0,2 do 1,3 %) a nasycená stearová kyselina C18:0 (od 5,9 do 9,5 %), (Kinyuru et al., 2013).

Bednářová et al. (2013) stanovila mastné kyseliny v *Tenebrio molitor*, v největším zastoupení byla stanovena C18:2 linolová kyselina v množství 14,58 g/100 g sušiny a C18:1 olejová kyselina v množství 11,04 g/100 g sušiny ze zástupců polyenoových mastných kyselin. Nasycené mastné kyseliny byly stanoveny v gramech na 100 g sušiny vzorku, pro C16:0 v množství 7,23 g, C18:0 v množství 1,49 g a C14:0 v množství 0,97 sušiny.

Ravzanaadii et al. (2012) stanovili složení tuků v *Tenebrio molitor* v závislosti na vývojovém stádiu. Jednotlivé množství mastných kyselin bylo stanoveno v gramech na 100 g tuku. V larválním stádiu byl obsah nasycených mastných kyselin zastoupen především C14:0, C16:0 a C18:0. Obsah polyenoových mastných kyselin byl nejvíce zastoupen C18:1, C18:2 C16:1 a C18:3. V dospělém stádiu *Tenebrio molitor* byly stanoveny nasycené mastné kyseliny C16:0 a C18:0 ve větším množství než v larválním stádiu. Obsah nenasyčených mastných kyselin převažoval stejně jako u larválního stádia, nicméně došlo k poklesu C18:1 na 36,74 g a k nepatrnému zvýšení C18:2 na 32,46 g. Stanovené hodnoty naměřené u *Tenebrio molitor* v larválním a dospělém stádiu jsou uvedeny v tabulce 7.

**Tabulka 7 – Stanovení složení tuků v závislosti na vývojovém stádiu *Tenebrio molitor*, Ravzanaadii et al. (2012) – vlastní zpracování**

<b>Mastná kyselina</b>	<b>Larvální stádium g/ 100 g tuku</b>	<b>Dospělé stádium g/100 g tuku</b>
<b>Myristová C14:0</b>	3,05	1,84
<b>Palmitová C16:0</b>	16,72	18,65
<b>Palmitolejová C16:1</b>	2,67	2,2
<b>Stearová C18:0</b>	2,49	6,17
<b>Olejová C18:1</b>	43,17	36,74
<b>Linolová C18:2</b>	30,23	32,46
<b>Linolenová C18:3</b>	1,36	0,74
<b>Eikosanová C20:1</b>	0,24	0,45
<b>Celkový obsah</b>		
<b>Nasycené MK</b>	22,26	26,66
<b>Nenasycené MK</b>	77,67	72,59

Z tabulky vyplývá, že v larválním stádiu je nepatrně vyšší obsah nenasycených mastných kyselin než u dospělého jedince, zatímco v dospělém stádiu je nepatrně vyšší obsah nasycených mastných kyselin oproti larválnímu stádiu.

Stejně jako mastné kyseliny, tak i obsah cholesterolu je podmíněn druhem hmyzu i stravou (Rumpold et Schlüter, 2013). Jelikož hmyz není schopný syntetizovat steroly, které potřebuje ke svému normálnímu růstu a vývoji, je nutné, aby v potravě hmyzu byl obsažen hlavně cholesterol, který je strukturální složkou buněčných membrán a prekurzorem vitamínu D<sub>3</sub> (Ikekawa et al., 2013). Podle Rumpold and Schlüter (2013) se obsah cholesterolu pohybuje od 56 mg do 105 mg/100 g. Mezi další významné steroly, přijímané v potravě, patří sitosterol, kampesterol a stigmasterol, které jsou následně metabolicky přeměňovány na cholesterol (Ikekawa et al., 2013). Finke (2015) stanovil cholesterol larev *Tenebrio molitor* v množství 513 mg/kg.

### **3.3.4 Sacharidy**

Obsah sacharidů v jedlém hmyzu je všeobecně nižší než obsah tuku a bílkovin. U řádu *Coleoptera*, kam patří i *Tenebrio molitor* byly sacharidy stanoveny v hodnotách od 2,71 % do 2,82 % v sušině (Xiaoming et al., 2008). Rumpold and Schlüter (2013) stanovili obsah vlákniny



u *Tenebrio molitor* chovaného v Mexiku a v USA v závislosti na vývojovém stádiu. U larev chovaných v Mexiku byl obsah vlákniny 5 % ze sušiny, u kukel 5,1 % vlákniny ze sušiny a u dospělého jedince 16,3 % vlákniny ze sušiny. Larvy chované v USA obsahovaly vlákninu v rozmezí 6,53 % a 7,44 % v sušině, zatímco dospělý jedinec obsahoval 20,22 % vlákniny ze sušiny (Rumpold et Schlüter, 2013). Podle Finke (2013) obsahuje jedlý hmyz chitin od 6,7 do 21,0 mg/kg. Marono et al. (2015) stanovil chitin ve vzorcích larev *Tenebrio molitor* v rozmezí od 4,80 do 6,73 %. Podle Borkovcové et al. (2009) je chitin neboli „živočišná vláknina“, nestravitelný, často bývá přirovnáván k celulóze. Konzumace hmyzu, ve kterém tvoří chitin hlavně vnější kostru, může u citlivých osob způsobit alergické reakce, jedná se hlavně o osoby, které již trpí alergií na plody moře, respektive na korýše (Bednářová et al., 2014).

### 3.3.5 Vitaminy

V jedlém hmyzu je velké množství vitaminů. Podle Nowak et al. (2016) je procentuální podíl vitaminů v *Tenebrio molitor* celkem 9,1 %. Finke (2015) zjistil, že larvy *Tenebrio molitor* obsahují vitaminy rozpustné v tucích i vitaminy rozpustné ve vodě. Vitaminy rozpustné v tucích (A, D, E, K) byly stanoveny v množství <1,000 IU/kg vitaminu A, <40 IU/kg vitaminu D<sub>2</sub> a D<sub>3</sub>, 36,2 IU/kg vitaminu E a <50 mg/kg vitaminu K (Finke, 2015). Vitaminy rozpustné ve vodě byly stanoveny v množství 99 mg/kg vitaminu C, 1,1 mg/kg vitaminu B<sub>1</sub>, 8,7 mg/kg vitaminu B<sub>2</sub>, 15,6 mg/kg vitaminu B<sub>5</sub>, 46,5 mg/kg vitaminu B<sub>3</sub>, 6,9 mg/kg vitaminu B<sub>6</sub>, 1,55 mg/kg kyseliny listové, 0,43 mg/kg vitaminu B<sub>7</sub>, 1,3 µg/kg vitaminu B<sub>12</sub>, 1,410 mg/kg vitaminu B<sub>8</sub> a 267 mg/kg inositolu (Finke, 2015).

Obsah vitaminů podle Rumpold and Schlüter (2013) byl stanoven v závislosti na vývojovém stádiu u *Tenebrio molitor* chovaného v Mexiku a v USA. Jednotlivé vitaminy jsou uvedeny v tabulce 8.

**Tabulka 8 – Obsah vitamínu v závislosti na vývojovém stádiu *Tenebrio molitor*, (Rumpold et al., 2013) – vlastní zpracování**

		Vitamíny							
země	stádium	A (µg/100 g sušiny)	C (mg/100 g sušiny)	B <sub>1</sub> (mg/100 g sušiny)	B <sub>2</sub> (mg/100 g sušiny)	B <sub>3</sub> (mg/100 g sušiny)	B <sub>5</sub> (mg/100 g sušiny)	B <sub>7</sub> (µg/100 g sušiny)	B <sub>9</sub> (mg/100 g sušiny)
USA	Larva 1	-	6,15	0,31	0,41	10,59	3,72	94,87	0,30
	Larva 2	-	3,15	0,63	2,13	10,68	6,88	78,74	0,41
	Dospělec	-	14,8	0,28	2,34	14,80	6,61	77,13	0,38
Mexiko	Larva	-	36,10	-	-	-	-	-	-
	Kukla	-	15,44	-	-	-	-	-	-
	Dospělec	22,61	45,73	-	-	-	-	-	-

### 3.3.6 Minerální látky

Minerální látky mají důležitou roli v biologických procesech, jejich nedostatek může způsobovat problémy růstu, imunologické poruchy a poruchy mentálního vývoje (Zielinska et al., 2015). Podle Nowak et al. (2016) obsahuje *Tenebrio molitor* až 34,8 % minerálních látek a stopových prvků. Mezi hlavními minerálními látkami obsaženými v *Tenebrio molitor* byly stanoveny železo v množství 3,29 mg/100 g sušiny, měď v množství 1,86 mg/100 g sušiny, zinek v množství 11,2 mg/100 g sušiny, draslík v množství 835 mg/100 g sušiny, hořčík v množství 304 mg/100 g sušiny, sodík v množství 57 mg/100 g sušiny a vápník v množství 41 mg/100 g sušiny (Zielinska et al., 2015). Finke et al. (2015) stanovil minerální látky v množstvích 156 mg/kg vápníku, 2,640 mg/kg fosforu, 620 mg/kg hořčíku, 225 mg/kg sodíku, 3,350 mg/kg draslíku, 1,760 mg/kg chlóru, 20,7 mg/kg železa, 49,5 mg/kg zinku, 8,3 mg/kg mědi, 3,2 mg/kg manganu a 0,123 mg/kg selenu. Ravzanaadii et al. (2012) stanovili obsah minerálních látek pro larvy a dospělé *Tenebrio molitor*. Nejvíce zastoupeným prvkem byl stanoven draslík, fosfor, sodík, magnesium, vápník, zinek, železo, měď, nejmenší množství bylo stanoveno pro rtuť (Ravzanaadii et al., 2012). Pro přehlednost je porovnání obsahu minerálních látek u dospělého a larválního stádia uvedené v tabulce 9.

**Tabulka 9 – Obsah minerálních látek v závislosti na vývojovém stádiu *Tenebrio molitor*, Ravzanaadii et al. (2012) – vlastní zpracování**

<b>Minerální látka</b>	<b>Larvální stádium mg/ kg vzorku</b>	<b>Dospělé stádium mg/ kg vzorku</b>
<b>Draslík (K)</b>	9479,73	10459,8
<b>Fosfor (P)</b>	7060,7	8087,07
<b>Sodík (Na)</b>	3644,84	4302,73
<b>Hořčík (Mg)</b>	2026,88	1932
<b>Vápník (Ca)</b>	434,59	484,39
<b>Zinek (Zn)</b>	104,28	108,98
<b>Železo (Fe)</b>	66,87	78,71
<b>Měď (Cu)</b>	13,27	18,01
<b>Rtuť (Hg)</b>	0,05	0,084

Z tabulky vyplývá, že celkový obsah minerálních látek je v dospělém stádiu nepatrně vyšší než ve stádiu larvy, až na hořčík, který je vyšší u larválního stádia.

Rumpold and Schlüter (2013) stanovili obsah minerálních látek ve stádiu larvy a dospělého jedince *Tenebrio molitor* chovaného v USA, hodnoty jsou uvedené v tabulce 10.

**Tabulka 10 – Obsah minerálních látek v závislosti na vývojovém stádiu *Tenebrio molitor*, (Rumpold et al., 2013) – vlastní zpracování**

<b>Stádium</b>	<b>Minerální látky (mg/100 g sušiny)</b>									
	<b>Ca</b>	<b>K</b>	<b>Mg</b>	<b>P</b>	<b>Na</b>	<b>Fe</b>	<b>Zn</b>	<b>Mn</b>	<b>Cu</b>	<b>Se</b>
<b>Larva 1</b>	47,18	761,54	221,54	697,44	125,38	5,51	11,41	0,92	1,64	0,03
<b>Larva 2</b>	44,36	895,01	210,24	748,03	140,94	5,41	13,65	1,36	1,60	0,07
<b>Dospělec</b>	63,64	936,64	166,94	763,09	174,10	6,01	12,73	1,10	2,07	0,04

### 3.3.7 Kulinární úprava *Tenebrio molitor*

Borkovcová et al. (2009) uvádí, že jedlý hmyz je nejčastěji konzumován bezprostředně po odchytu, avšak konzumace čerstvého hmyzu, který nebyl předtím vylačněn, přináší i jisté mikrobiologické riziko ze střevní mikrobioty hmyzu (Klunder et al., 2012). V případě dalšího zpracování podle Borkovcová et al. (2009) je nejhumnější způsob usmrcení spařením horkou vodou po předchozím vylačnění 1 až 3 dny.

Mezi kulinární úpravy jedlého hmyzu patří například vaření, smažení, pečení či sušení, kdy se velmi často mění barva z původních odstínů na červenou (Ramos-Elorduy, 1998). Jedním z kritérií konzumace hmyzu je jeho chuť, která je velmi rozmanitá a závislá na prostředí, potravě a kulinární úpravě. Například omývání hmyzu způsobí i výrazné oslabení chuti, jelikož se smyjí feromony z povrchu hmyzu, které určují chuť jedlého hmyzu (Ramos-Elorduy, 1998). Podle Ramos-Elorduy (1998) je chuť larev *Tenebrio molitor* podobná celozrnnému pečivu.

Dospělí jedinci mají ve svém exoskeletu chitin, který způsobuje křupavost při konzumaci (Ramos-Elorduy, 1998), jelikož je chitin špatně stravitelný a v některých případech může vyvolat i alergickou reakci (Bednářová et al., 2014) konzumují se častěji larvy hmyzu, které obsahují chitinu méně (Ramos-Elorduy, 1998). Výzkum Vinklové a Borkovcové (2016) o přijetí jedlého hmyzu v potravinách spotřebiteli v České republice, ukázal, že jedlý hmyz by se mohl stát přísadkou do potravin a byl by spotřebiteli přijat.

## **4 Materiál a metodika**

### **4.1 Materiál**

Pro analýzu byl vybrán druh jedlého hmyzu potěmník moučný (*Tenebrio molitor*), který byl zakoupen v obchodě s chovatelskými potřebami Krmiva Hostivice v počtu dostatečném pro analýzu. Potěmník moučný (*Tenebrio molitor*) byl chován při třech různých teplotách (17 °C, 23 °C a 28 °C) do stádia larev a byl krmen směsí pšeničných otrub s mrkví. Před samotnou analýzou byly vzorky připraveny k rozboru a to tak, že larvy byly odebrány z chovu, vyláčnány po dobu 48 hodin a následně usmrceny ve vroucí lázni (100 °C). Po usmrcení byly vzorky usušeny při 105 °C a homogenizovány 1 minutu v mlýnku First Austria 5485 (TIMETRON Warengesellschaft m. b. H., Austria). Případné uskladnění vzorku bylo provedeno při 4 °C až 7 °C v chladicím boxu.

### **4.2 Stanovení obsahu tuku dle Soxhleta**

Stanovení obsahu tuku v *Tenebrio molitor* bylo provedeno extrakční metodou pomocí skleněné aparatury se Soxhletovým nástavcem podle Soxhleta (Soxhlet, 1879). Do varné baňky se zábrusem byly vloženy varné kamínky a jednotlivé baňky byly zváženy. Následně byl do každé z baněk napipetován petroléter (Lach-Ner s.r.o., Neratovice) v množství 75 ml. Homogenizované vzorky o navážce 2,5 g (s přibližnou přesností 0,0001 g) byly vloženy do extrakční patrony. Patrony byly umístěny do aparatury a extrahovány 75 ml petroléterem. Extrakce probíhala při bodu varu petroléteru.

Po uplynutí doby 90 min bylo rozpouštědlo odpařeno za použití rotační vakuové odparky. Vakuová odparka (Heidolph Instrumente, Německo) byla nastavena na teplotu 40 °C a rotaci 120 ot/min. Po odpaření byly baňky umístěny do termostatu a následně do exikátoru, kde vychladly. Po vychladnutí byly baňky zváženy na analytických vahách s přesností 0,0001 g a byl vypočítán obsah tuku.

#### **4.2.1 Stanovení profilu mastných kyselin**

Pro stanovení profilu mastných kyselin bylo potřeba tuky hydrolyticky zmýdelnit za vzniku solí volných mastných kyselin, které byly následně převedeny na metylestery podle ISO 12966-2: 2011. K hydrolytickému zmýdelnění byl použit metanolicový hydroxid draselný, KOH

(Lach-Ner s.r.o., Neratovice,  $c = 0,5M$ ), který byl připravený z 30 ml metanolu a 6 g KOH, metanol (Lach-Ner s.r.o., Neratovice, 5 ml), fluorid boritý (Lach-Ner s.r.o., Neratovice, 1,5 ml), hexan (Penta s.r.o., Praha, 5 ml) a nasycený roztok chloridu sodného (NaCl, Penta s.r.o., Praha).

Do varné baňky s extrahovaným tukem byl napipetován metanol v množství 5 ml a 1 ml metanolickeho hydroxidu draselného. Po dobu 15 min se směs vařila v topném hnízdě. Po uplynutí doby byl přidán 1,5 ml fluoridu boritého přes chladič. Po dobu 60 min byla směs vařena v topném hnízdě. Po uplynutí doby byla baňka chlazená na laboratorní teplotu a bylo přidáno 5 ml hexanu přes chladič. Poté se baňka vypořila z aparatury a bylo přidáno 20 ml nasyceného roztoku chloridu sodného po hrdlo. Vzniklá směs se třepala 45 vteřin a po oddělení vrstev se horní vrstva převedla do vialek s bezvodým síranem sodným.

Samotné složení mastných kyselin bylo provedeno pomocí plynové chromatografie Agilent 7890 (Agilent Technologies, USA) s následnou hmotnostní detekcí. Vzorky byly rozpuštěny v hexanu a nastříknuty pomocí split metody (50:1) na kolonu Restek Rt®-2560 (100 m x 0,25 mm ID x 0,2  $\mu$ m film) v objemu 1  $\mu$ l, kdy teplota injektoru dosahovala 225 °C. Jako nosný plyn bylo použito helium s průtokem 1,2 ml/min. Počáteční teplota analýzy byla 70 °C, která byla udržována 2 min. S gradientem 5 °C/min teplota vzrostla na 225 °C, která byla udržována 9 min. Teplota vzrůstala až do konečné teploty 240 °C, která byla udržována 25 min. Hmotnostní spektrometr s kvadrupólovým detektorem, Agilent 5975 C, byl nastaven na 70 eV.

Profily mastných kyselin ze vzorků *Tenebrio molitor* byly vyhodnoceny metodou vnitřní normalizace a identifikovány pomocí standardu FAME mix (37 components, Restek, výrobce USA). Následně byla provedena detekce pomocí knihovny spekter National Institute of Standards and Technology Library (NIST, USA).

### 4.3 Stanovení dusíkatých látek

Pro stanovení celkového obsahu bílkovin byla využita metoda podle Kjeldahla (ISO 1871:2009). Zhomogenizované vzorky byly naváženy přibližně přesně do kyvety v množství 1 g (s přesností 0,0001 g). Bylo přidáno, 10 ml koncentrované kyseliny sírové a katalyzátorové tablety (3,5 g  $K_2SO_4$ , 3,5 mg Se). Posléze byly vzorky v kyvetách mineralizovány při 420 °C, po dobu 105 min. Obsah mineralizační baňky byl zchlazen. Po přidavku 60 ml destilované vody byl automaticky destilován vodní parou za přidavku 70 ml 40% NaOH na přístroji Kjeltec™ 2200 (FOSS, Dánsko), vzniklý amoniak byl jímán do předlohy s 30 ml 1% kyseliny borité. Vzniklé zelenomodré zabarvení se posléze titruje 0,1M kyselinou sírovou do světle růžového

zabarvení. Ze spotřeby kyseliny sírové byly stanoveny obsahy dusíkatých látek ve vzorku a pomocí koeficientu 6,25 byly přepočteny na množství bílkovin.

#### **4.4 Stanovení sušiny na vahách s infrazářičem**

Sušina v homogenizovaných vzorcích byla stanovena pomocí vah s infrazářičem Precisa HA 300, Precisa Gravimetrics AG, Dietikon, Schweiz. Vzorek o hmotnosti 0,5 g byl rovnoměrně rozprostřen na hliníkové fólii, která byla umístěna na váhy s infrazářičem. Při této metodě je vzorek zahříván a následný úbytek na váze změřen. Sušení vzorku při této metodě je založeno na ohřevu infračerveným zářením při regulované teplotě 105 °C do konstantní hmotnosti, kdy rozdíl dvou po sobě jdoucích měření nebyl menší než 2 mg za minutu.

## 5 Výsledky

### 5.1 Stanovení obsahu tuku dle Soxhleta

V tabulce 11 je uvedena navážka vzorku *Tenebrio molitor*, která byla použita pro stanovení obsahu tuku dle Soxhleta, a hodnoty zvážených baněk s kamínky a extrahovanými vzorky, vypočtenou hodnotou extrahovaného vzorku a procentuálním obsahem tuku ve vzorku.

Po extrakci tuku byly baňky opět zváženy a hodnoty byly zapsány. Od hodnoty baněk s extrahovaným vzorkem byly odečteny hodnoty navážky prázdných baněk s kamínky, kdy byla výpočtem získána čistá hmotnost extrahovaného vzorku. Následně byl vypočítán procentuální obsah tuku z navážky původního vzorku a získané hmotnosti extrahovaného vzorku.

Vzorek	Navážka (g)	Baňka + kamínky (g)	Hmotnost po extrakci tuku (g)	Extrahovaný tuk (g)	Směrodatná odchylka	Procentuální podíl tuku ve vzorku	Směrodatná odchylka	Průměrný procentuální podíl tuku ve vzorku
<i>Tenebrio molitor</i> 17 °C	2,5443	178,0384	178,6085	0,57	0,02	22,36 %	0,12	22,25 %
<i>Tenebrio molitor</i> 17 °C	2,4110	122,3110	122,8461	0,53		22,13 %		
<i>Tenebrio molitor</i> 23 °C	2,4079	122,1069	122,8809	0,77	0,04	31,97 %	0,52	32,50 %
<i>Tenebrio molitor</i> 23 °C	2,5737	131,2522	132,1109	0,85		33,02 %		
<i>Tenebrio molitor</i> 28 °C	2,4691	113,0527	113,8093	0,76	0,04	30,61 %	0,47	31,09 %
<i>Tenebrio molitor</i> 28 °C	2,6359	131,7844	132,6163	0,83		31,56 %		

Největší procentuální obsah tuku v *Tenebrio molitor* byl zjištěn u vzorku chovaného při 23 °C, a to v průměrném množství 32,50 %. U vzorku *Tenebrio molitor*, který byl chován



při 28 °C, byl procentuální obsah tuku 31,09 % a nejmenší zastoupení tuku 22,25 % měl vzorek, který byl chován při 17 °C.

### 5.1.1 Stanovení mastných kyselin v *Tenebrio molitor*

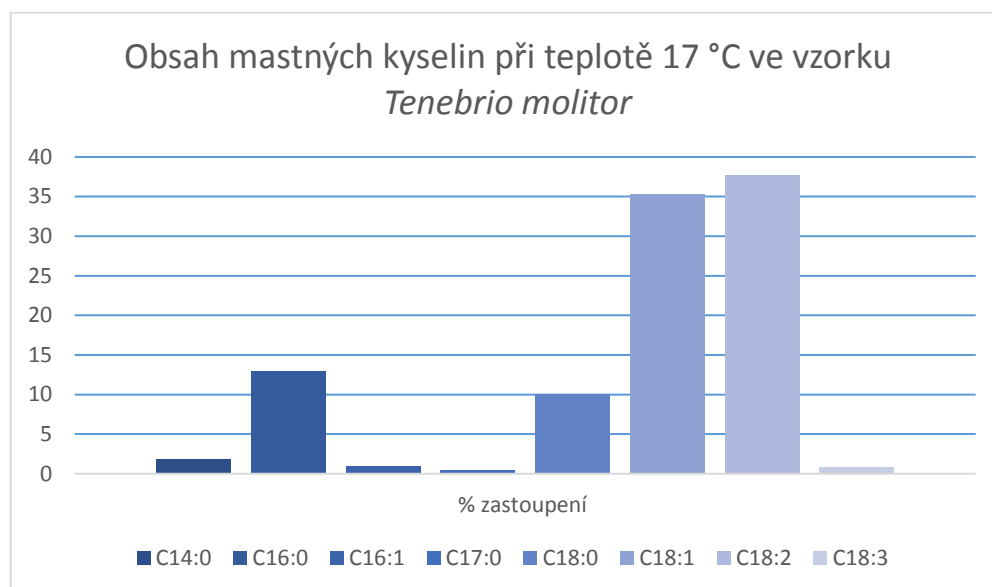
Jednotlivé zastoupení mastných kyselin v závislosti na teplotě chovu *Tenebrio molitor* je uvedeno v tabulce 12.

Název mastné kyseliny	Teploty chovu						Směrodatná odchylna $\Sigma$
	17 °C		23 °C		28 °C		
Myristová C14:0	1,75	1,81	2,06	2,08	2,65	2,59	
	1,78		2,07		<b>2,62</b>		0,35
Palmitová C16:0	12,64	13,24	12,42	12,36	13,36	13,29	
	12,94		12,39		<b>13,325</b>		0,38
Palmitolejová (cis – 9) C16:1	0,95	1,01	0,65	0,97	1,11	1,11	
	0,98		0,81		<b>1,11</b>		0,12
Heptadekanová C17:0	0,48	0,51	0,48	0,44	0,45	0,45	
	<b>0,495</b>		0,46		0,45		0,02
Stearová C18:0	9,75	10,40	9,32	9,31	7,97	7,92	
	<b>10,075</b>		9,315		7,945		0,88
Olejová (cis – 9) C18:1	36,36	34,10	38,02	37,94	37,15	37,12	
	35,23		<b>37,98</b>		37,135		1,15
Linolová (cis – 9,12) C18:2	37,27	38,10	36,23	36,03	36,40	36,63	
	<b>37,685</b>		36,13		36,515		0,66
Linolenová (cis – 6, 9, 15) C18:3	0,80	0,83	0,82	0,86	0,91	0,88	
	0,815		0,84		<b>0,895</b>		0,03

Z hlediska rozdílnosti mezi jednotlivými teplotami chovu *Tenebrio molitor* byly naměřené hodnoty nejvíce odlišné u olejové mastné kyseliny C18:1, největší obsah byl naměřen u vzorku *Tenebrio molitor* chovaného při 23 °C a nejmenší obsah u *Tenebrio molitor* chovaného při 17 °C. Dále u stearové mastné kyseliny C18:0, kdy byl největší obsah naměřen u vzorku *Tenebrio molitor* chovaného při 17 °C a nejmenší u vzorku *Tenebrio molitor* chovaného při 28 °C. U linolové mastné kyseliny C18:2 byl největší obsah naměřen u vzorku *Tenebrio molitor* chovaného při 17 °C a nejmenší u vzorku *Tenebrio molitor* chovaného při

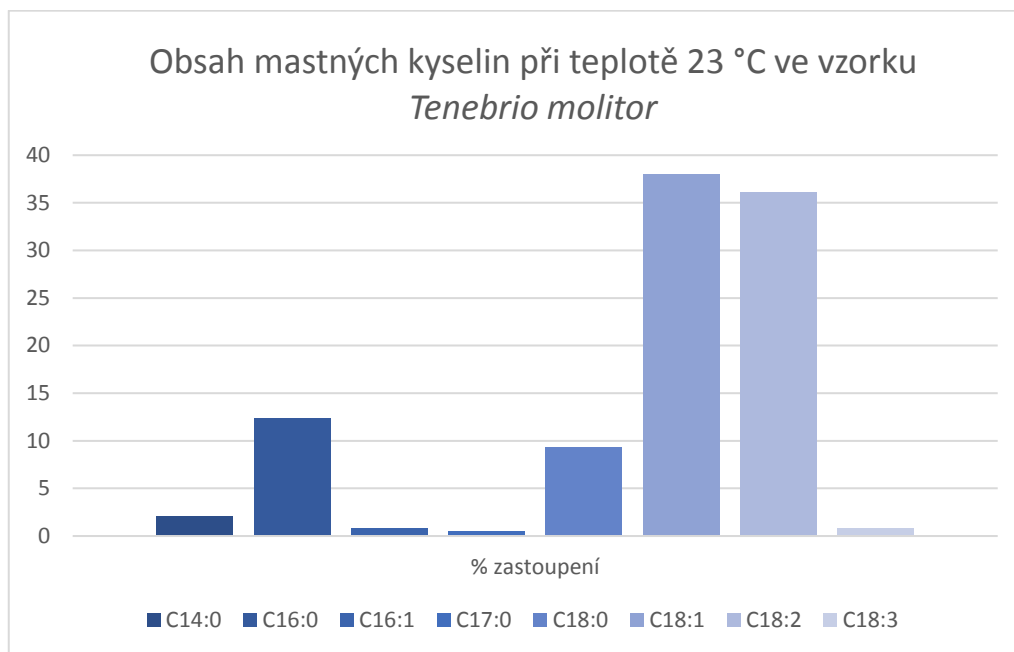
23 °C. U palmitové mastné kyseliny C16:0 byl největší obsah u vzorku chovaného při 28 °C a nejmenší u vzorku chovaného při 23 °C. U myristové mastné kyseliny C14:0 byl naměřen největší obsah u vzorku *Tenebrio molitor* chovaného při 28 °C a nejmenší u vzorku chovaného při 17 °C. U palmitolejové mastné kyseliny C16:1 byl největší obsah u vzorku chovaného při 28 °C a nejmenší u vzorku chovaného při 23 °C. Naopak zanedbatelné rozdíly mezi jednotlivými teplotami chovu vykazovala heptadekanová mastná kyselina C17:0, u které byl nejvyšší obsah naměřen u vzorku chovaného při 17 °C a nejnižší u vzorku chovaného při 28 °C, a linolenové mastné kyseliny C18:3, u které byl nejvyšší obsah naměřen u vzorku chovaného při 28 °C a nejnižší u vzorku chovaného při 17 °C. V následujícím grafu 1 je uvedeno jednotlivé zastoupení mastných kyselin u vzorku *Tenebrio molitor* chovaného při 17 °C.

Graf 1 Obsah mastných kyselin při teplotě 17 °C



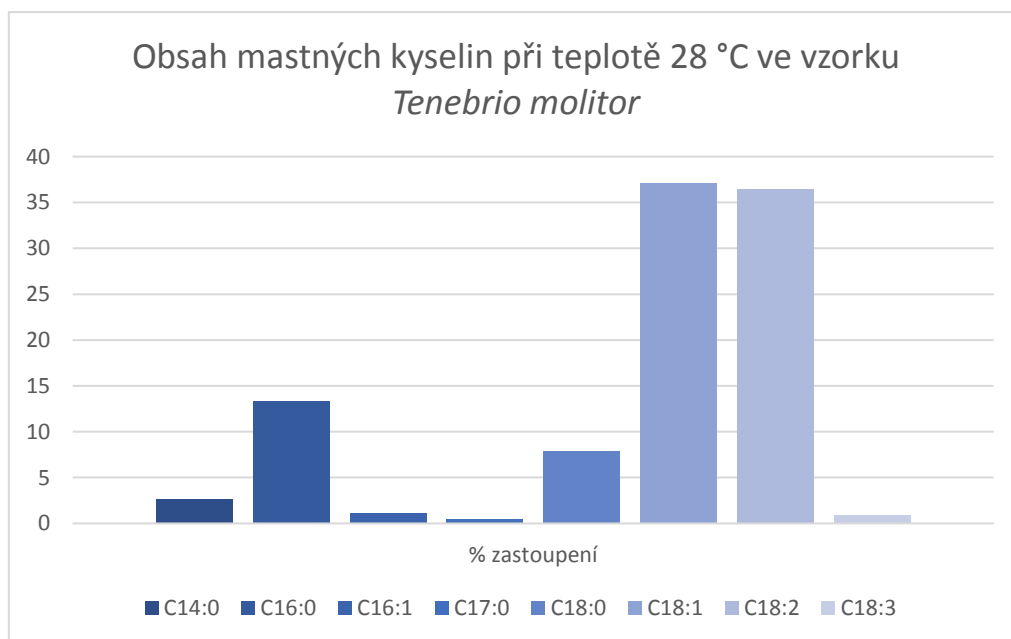
V grafu 2 je znázorněn poměr mastných kyselin u vzorku *Tenebrio molitor* chovaného při 23 °C.

Graf 2 Obsah mastných kyselin při teplotě 23 °C



Graf 3 znázorňuje procentuální obsah jednotlivých mastných kyselin ve vzorku *Tenebrio molitor* chovaného při 28 °C.

Graf 3 Obsah mastných kyselin při teplotě 28 °C



## 5.2 Stanovení obsahu dusíkatých látek

V tabulce 13 jsou uvedeny navážky pro 1. a 2. stanovení obsahu dusíkatých látek v usušených vzorcích *Tenebrio molitor* a jejich průměr.

Vzorek	Stanovení 1.	Stanovení 2.
<i>Tenebrio molitor</i> 17 °C (g)	1,0063	1,0010
<i>Tenebrio molitor</i> 23 °C (g)	1,0826	1,0032
<i>Tenebrio molitor</i> 28 °C (g)	1,0325	1,0311

V tabulce 14 jsou uvedené hodnoty odečtené při titraci 0,1M kyselinou sírovou. Faktor pro výpočet přesné koncentrace 0,1M k. sírové byl 1,0796.

Vzorek	Stanovení 1.	Stanovení 2.	Průměr	Směrodatná odchylka $\sigma$
<i>Tenebrio molitor</i> 17 °C	32,0800	31,3900	31,74	0,34
<i>Tenebrio molitor</i> 23 °C	34,8700	31,4700	33,17	1,70
<i>Tenebrio molitor</i> 28 °C	32,5500	33,3700	32,96	0,41

Obsah bílkovin ve vzorcích *Tenebrio molitor* byl vypočítán dle následujícího vzorce:

$$\% \text{ bílkoviny} = \frac{0,28 \times V(\text{H}_2\text{SO}_4) \times \text{faktor (0,2 N H}_2\text{SO}_4) \times \text{koeficient potraviny}}{\frac{\text{navážka vzorku}}{\text{sušina}}} \times 100$$

V (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	Spotřeba 0,1M H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> V=spotřeba 0,1M H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> odečet při titraci ve vzorku – odečet spotřeby SP slepý pokus
Faktor (0,1 M H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	1,0796
Koeficient potraviny	6,25
Navážka vzorku	Viz. Tabulka 14
sušina	Viz. Kapitola 6.3

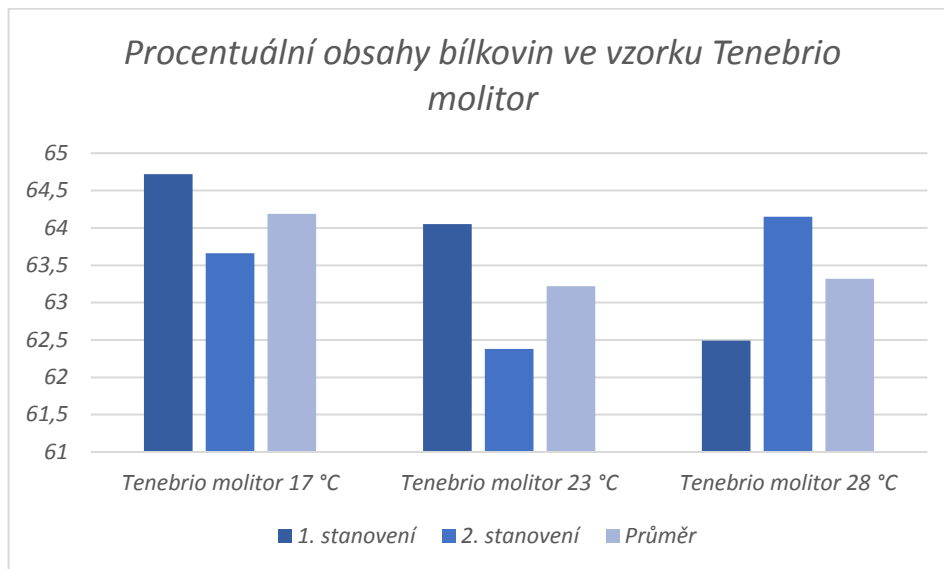
V tabulce 15 jsou uvedeny konečné procentuální obsahy bílkovin ve vzorcích *Tenebrio molitor*. Výpočty jsou uvedené v Příloze 1.

<b>Tabulka 15 – Procentuální obsah bílkovin ve vzorku <i>Tenebrio molitor</i> chovaného při teplotách 17 °C, 23 °C, 28 °C</b>				
<b>vzorek</b>	<b>1. stanovení</b>	<b>2. stanovení</b>	<b>průměr</b>	<b>Směrodatná odchylka</b>
<i>Tenebrio molitor</i> 17 °C	64,72 %	63,66 %	64,19 %	0,53
<i>Tenebrio molitor</i> 23 °C	64,05 %	62,38 %	63,22 %	0,83
<i>Tenebrio molitor</i> 28 °C	62,49 %	64,15 %	63,32 %	0,83

Nejvyšší obsah bílkovin byl zjištěn u vzorku *Tenebrio molitor* chovaného při 17 °C, vzorky chované při 23 °C a 28 °C vykazovaly takřka stejné hodnoty. U teploty chovu 23 °C byl stanoven obsah bílkovin 63,22 % a u teploty chovu 28 °C byl stanoven obsah bílkovin 63,32 %.

Pro lepší hodnocení a přehlednost obsahu bílkovin v jednotlivých vzorcích, jsou průměrné hodnoty převedeny do grafu 4.

Graf 4 Procentuální obsah bílkovin v *Tenebrio molitor*



Nejvyšší obsah bílkovin byl stanoven u vzorku *Tenebrio molitor* chovaného při 17 °C a naopak nejnižší byl u teploty chovu 23 °C.

### 5.3 Stanovení sušiny na vahách s infrazářičem

V tabulce 16 jsou zaznamenány navážky vzorků a procentuální výpočet sušiny *Tenebrio molitor* chované při různých teplotách. Sušina byla měřena na infračervených vahách po usmrcení a usušení *Tenebrio molitor* při 105 °C.

<b>vzorek</b>	<b>Navážka (g)</b>	<b>% sušiny</b>
<i>Tenebrio molitor</i> 17 °C	0,505	47,0
<i>Tenebrio molitor</i> 23 °C	0,521	49,5
<i>Tenebrio molitor</i> 28 °C	0,554	52,8

Z tabulky vyplývá, že s rostoucí teplotou roste procentuální zastoupení sušiny ve vzorku. U *Tenebrio molitor* chovaného při 17 °C byl procentuální obsah sušiny stanoven na 47,0 %. Vzorek *Tenebrio molitor*, který byl chovaný při 23 °C, obsahoval 49,5 % sušiny a nejvyšší obsah sušiny měl vzorek chovaný při teplotě 28 °C, který dosahoval 52,8 %.

## 6 Diskuze

*Tenebrio molitor* patří mezi skupinu jedlého hmyzu, který vykazuje příznivé nutriční hodnoty pro výživu člověka. *Tenebrio molitor* obsahuje vysoký podíl sušiny, která je převážně složena z bílkovin a tuků. Vysoký podíl bílkovin sestává z širokého spektra aminokyselin, které svým složením a stravitelností bývají připodobněny k vaječnému bílku. Finke (2002) uvádí, že stravitelnost bílkovin je 86-89 %. Obsah a složení tuku je taktéž příznivý pro lidský organismus, jelikož obsahují vysoký podíl n-3 a n-6 mastných kyselin. Předpokladem pro optimální složení nutričních hodnot je správná technika chovu, tedy optimální teplota a krmivo (Wu et al., 2009). Kim et al. (2015) prokázali, že teplota měla přímý vliv na růst a životní cyklus *Tenebrio molitor*, kdy s rostoucí teplotou byla velikost a hmotnost menší a životní cyklus kratší. Bylo zjištěno, že ideální teplota pro chov *Tenebrio molitor* je 25 °C. Tvrzení, že optimální teplota je ideálně 25 °C potvrzují i studie Wu et al. (2009), kde byla stanovena optimální teplota mezi 25 °C až 30 °C, a dále Hůrka (2005), který stanovil optimální teplotu v rozmezí 22 až 30 °C. Nicméně podle Xu et al. (2012) je ideální teplota 27,8 °C. Vzhledem k tomu, že *Tenebrio molitor* je původní druh z Jižní Ameriky, dá se předpokládat, že mu lépe vyhovují vyšší teploty. Pravděpodobně proto se jeho životní cyklus při vyšších teplotách zkracuje. Lze předpokládat, že vlivem rychlého životního cyklu nemá možnost dorůst do větších rozměrů, a proto je při vyšších teplotách hmotnost nižší.

Největší procentuální podíl sušiny byl stanoven v usušeném vzorku *Tenebrio molitor* při teplotě 28 °C, kdy dosahovala 52,8 %. Při teplotě 23 °C byla sušina 49,5 % a při teplotě 17 °C byla 47,0 %. Průměrné procentuální zastoupení bílkovin bylo stanoveno v rozmezí 63,22 % až 64,19 %, kdy nejvyšší podíl byl naměřen u vzorku chovaného při 17 °C a nejnižší podíl byl u vzorku při 23 °C. U vzorku chovaného při 28 °C byl obsah bílkovin stanoven v množství 63,32 %. Podle Wang et al. (2012) byl stanoven obsah bílkovin v larválním stádiu mezi 50 až 60 %. Rumpold and Schlüter (2013) uvádí obsah bílkovin u *Tenebrio molitor* chovaného v Mexiku a v USA, v larválním stádiu *Tenebrio molitor* chovaného v Mexiku byl obsah bílkovin 47,70 % a u *Tenebrio molitor* chovaného v USA byl obsah bílkovin 47,18 %. Tyto hodnoty jsou značně nižší než u ostatních autorů, avšak podle Ravzanaadii et al. (2012), kteří vzorky chovali při 25 ± 1 °C, byl obsah bílkovin v sušině v larválním stádiu 44,95 %. Většina studií uvádí vyšší obsah bílkovin v dospělém stádiu. Již zmiňovaná studie Rumpold and Schlüter (2013) uvádí množství bílkovin v dospělém stádiu u *Tenebrio molitor* chovaného v Mexiku 60,20 % v sušině a chovaného v USA 65,29 % v sušině. Taktéž studie Ravzanaadii et al. (2012) uvádí, že obsah bílkovin v dospělém stádiu byl vyšší, konkrétně



50,53 % v sušině. Bednářová et al. (2013) chovali vzorky jedlého hmyzu při 22 °C a stanovili obsah bílkovin v množství 50,86 % ve zmrazeném vzorku. Studie Ravzanaadii et al. (2012) a Bednářová et al. (2013) potvrzují, že s nižší teplotou vzrůstá obsah bílkovin ve vzorku jedlého hmyzu. Nicméně Li et al. (2013) chovali *Tenebrio molitor* při 28 °C s různým krmivem a hodnoty bílkovin nabývaly od 68,14 % do 76,14 % v sušině. Obsah bílkovin byl vyšší u experimentální skupiny krmené krmivem, které bylo obohacené o fermentovanou slámu a staré zelné listy. Lze tedy předpokládat, že obsah bílkovin ovlivňuje i složení krmiva, které je používáno v chovu *Tenebrio molitor*. Všechny studie se shodují, že obsah bílkovin je vyšší v dospělém stádiu, ale z hlediska konzumace jedlého hmyzu je doporučováno konzumovat jedlý hmyz ve stádiu larvy, hlavně pro osoby, u kterých je známa alergie na korýše. Hlavním důvodem, proč jsou doporučované ke konzumaci larvy, je nižší obsah chitinu, který je obsažen v kutikule jedlého hmyzu a taktéž korýšů.

Obsah tuku byl nejvyšší při teplotě 23 °C, následně při 28 °C a nejnižší při teplotě 17 °C. Při teplotě 23 °C byl obsah tuku 32,5 %, při teplotě 28 °C byl 31,09 % a při teplotě 17 °C byl obsah tuku jen 22,25 %. Rozdíl mezi teplotami 23 °C a 28 °C, v obsahu tuku ve vzorku, je takřka zanedbatelný, avšak složením mastných kyselin se liší. Vzorek chovaný při teplotě 17 °C obsahoval nejvíce C18:2, C18:0, C17:0 a nejméně C18:3, C18:1 a C14:0 ze všech vzorků. Vzorek chovaný při 28 °C obsahoval nejvíce C18:3, C16:1, C16:0, C14:0 a nejméně C17:0 a C18:0 ze všech vzorků. Vzorek chovaný při 23 °C obsahoval celkově nejvíce tuku, svým složením vykazoval spíše průměrné hodnoty, až na C18:1, která nabývala nejvyšších hodnot ze všech vzorků, a naopak nejnižších u C16:1 a C18:2. Rumpold and Schlüter (2013) uvádějí obsahy tuků u larev a dospělých jedinců chovaných v Mexiku a USA. *Tenebrio molitor* chovaný v Mexiku obsahoval v larválním stádiu 37,7 % a v dospělém pouze 20,8 %. *Tenebrio molitor* chovaný v USA obsahoval v larválním stádiu 38,07 % a v dospělém pouze 14,88 %. Podle Zielinska et al. (2015) je obsah tuku 24,7 % v sušině. Z hlediska zastoupení mastných kyselin vzorek obsahoval více C18:3, C18:1, C16:1 a C16:0 než například C12:0, C20:0 a další. Ravzanaadii et al. (2012), který choval *Tenebrio molitor* při 25±1 °C, uvádí obsah tuku v larválním stádiu v množství 32,7 %. Stanovili i profil mastných kyselin u larev, ve vyšším množství se vyskytovaly C14:0, C16:0, C16:1, C18:1 a C18:3. Bednářová et al. (2013) uvádí, obsah tuku v larválním stádiu, v množství 36,10 % u *Tenebrio molitor* chovaného při laboratorních podmínkách 22 °C. Studie se shodují v obsahu tuku u larválního stádia, kde většina autorů uvádí množství okolo 30 % a více. Taktéž můžeme dedukovat, že v dospělém stádiu obsah tuku klesá. Avšak vliv teploty na obsah tuků není prokazatelný. Z výsledků vyplývá, že čím větší procentuální podíl bílkovin vzorek obsahuje, tím má menší procentuální

podíl tuku. Pokud bychom mohli tvrdit, že teplota ovlivňuje obsah bílkovin, tak zároveň, avšak nepřímo ovlivňuje i obsah tuku. Studie se taktéž shodují v profilech mastných kyselin, kdy ve většině případů je nejvíce zastoupená olejová kyselina C18:1 (Zielinska et al., 2015), (Finke, 2015), (Kinyuru et al., 2013) a (Ravzanaadii et al., 2012), a dále uvádějí ve větším množství i C18:2, což odpovídá vzorkům chovaných při 23 °C a při 28 °C. Naopak Bednářová et al. (2013) uvádí v největším zastoupení C18:2 a v nižším zastoupení C18:1, což odpovídá vzorku, který byl chován při 17 °C. Lze předpokládat, že teplota může mít vliv na profil mastných kyselin. Tedy, že při nižších teplotách se zvyšuje obsah C18:2 a snižuje C18:1 a naopak. Obsah C18:3 se vzrůstající teplotou roste, ale zcela nepatrně. Právě pro poměr n-6 a n-3 mastných kyselin je *Tenebrio molitor* známý, například Zielinska et al. (2015) uvádí poměr 17,7:1. Poměr n-6: n-3 je pro lidskou výživu doporučován v poměru (5-10):1, podle Ravzanaadii et al. (2012) byl poměr v larválním stádiu 22,23:1 a v dospělém stádiu 43,86:1. Podle Kinyuru et al. (2013) byl poměr n-6 a n-3 mastných kyselin v poměru od 5,8:10 až 57,7:10. Poměr u vzorku *Tenebrio molitor*, který byl chován při 17 °C, byl 44,34:1, při 23 °C byl 43,02:1 a při 28 °C byl 40,79:1. Lze tvrdit, že *Tenebrio molitor* je dobrým zdrojem n-6 a n-3 mastných kyselin, ale poměr zastoupení neodpovídá výživovým doporučením. Mastné kyseliny n-3 jsou v poměru zanedbatelné, jelikož bylo největší zastoupení při teplotě 28 °C, můžeme předpokládat, že teplota může ovlivnit profil mastných kyselin. Dalším ukazatelem kvality složení tuků je poměr SFA: MUFA: PUFA, který je doporučován v poměru 1: (1-2): 1. Poměr při 17 °C byl (0,76:1,09:1,16), při 23 °C byl (0,73:1,16:1,11) a při 28 °C byl (0,73:1,15:1,12). Z toho vyplývá, že *Tenebrio molitor* obsahuje menší množství nasycených mastných kyselin a poměr monoenoových a polyenoových mastných kyselin je dostačující. Toto tvrzení potvrzuje Zielinska et al. (2015), která uvádí poměr SFA: MUFA: PUFA (0,7:1,33:0,97) a Ravzanaadii et al. (2012), který uvádí poměr v larválním stádiu (0,67:1,38:0,95) a v dospělém stádiu (0,81:1,19:1).

Opomeneme-li obsah chitinu v kutikule, je *Tenebrio molitor* vhodným jedlým hmyzem pro lidskou výživu. Hlavně pro vysoký obsah bílkovin a pro složení jeho tuků, kde převažují nejvíce monoenoové a polyenoové mastné kyseliny.

Posoudit, zda má teplota vliv na nutriční složení je obtížné, jelikož mnoho autorů neuvádí teploty, při kterých byly jejich vzorky chovány. Bylo by vhodné podrobněji prozkoumat tuto tematiku s různými teplotami a při měření provádět více opakování. Také nesmíme zapomenout na vliv krmiva, kterým jsou vzorky krmeny. Dalším bodem k možnému bližšímu zkoumání je vzájemná závislost obsahu bílkovin a tuků, zda teplota ovlivňuje obsah bílkovin i obsah tuku, nebo jen bílkoviny a ty posléze obsah tuku.

Z hlediska nutričního složení by *Tenebrio molitor* mohl být vhodným komponentem lidské stravy. V porovnání *Tenebrio molitor* s ostatními zdroji živočišné bílkoviny je jasné, že *Tenebrio molitor* obsahuje srovnatelné množství bílkovin například jako hovězí nebo kuřecí maso. Podle Yang et al. (2010) obsahuje hovězí maso 56,7 % bílkovin v sušině, kuřecí maso 62,3 % a kozí maso 20,0 %. Podle McDonald et al. (2011) je v mléku obsaženo 26,6 % bílkovin a 29,0 % tuku v sušině. Obsah tuků *Tenebrio molitor* je srovnatelný nebo nižší než u ostatních živočišných zdrojů. Hovězí maso obsahuje v sušině 42,0 % tuku, kuřecí maso 30,3 % a kozí 30,3 %. Ze všech výše zmíněných důvodů je *Tenebrio molitor* vhodným druhem jedlého hmyzu určeným ke konzumaci.

## 7 Závěr

Cílem diplomové práce bylo proměřit a porovnat základní nutriční parametry u *Tenebrio molitor*, který byl chován při třech různých teplotách. Na základě laboratorních analýz usušených vzorků bylo zjištěno, že obsah sušiny vzrůstá s teplotou chovu, nejvyšší hodnota byla naměřena u vzorku chovaného při 28 °C. Obsah bílkovin byl nejvyšší při teplotě 17 °C a obsah tuků byl nejvyšší při teplotě 23 °C. Profil mastných kyselin byl složen převážně z monoenových a polyenových mastných kyselin, ze kterých byly nejvíce zastoupeny olejová a linolová kyselina.

*Tenebrio molitor* jako zástupce jedlého hmyzu by mohl v budoucnosti sloužit jako zdroj potravy pro lidstvo. Jeho chov je nenáročný a svým nutričním složením se vyrovná jiným živočišným zdrojům potravy například hovězímu nebo kuřecímu masu.

Hypotézou této práce bylo, že teplota může ovlivnit proměnlivost nutričního složení. Vzhledem ke zjištěným hodnotám nelze hypotézu vyvrátit, ale pro její potvrzení je vhodné provést rozsáhlejší studii.

## 8 Seznam literatury

- Bednářová, M. Borkovcová, M. Mlček, J. Rop, O. Zeman, L. 2013. Edible insect – species suitable for entomophagy under condition of Czech Republic. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 61 (3). p. 587-593
- Bednářová, M. Borkovcová, M. Komprda, T. 2014. Purine derivate content and amino acid profile in larval stages of three edible insects. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 94 (1). p. 71-76
- Belluco, S. Lasasso, C. Maggioletti, M. Alonzi, C. Ricci, A. Paoletti, M. G. 2015. Edible insects: a food security solution or a food safety concern? *Animal Frontiers*. 5 (2). p. 25-30
- Borkovcová, M. Bednářová, M. Fišer, V. Ocknecht, P. 2009. *Kuchyně hmyzem zpestřená*. Lynx. Brno. s. 136. ISBN 978-80-86787-37-4
- Brendell, M. J. D. 1975. Handbooks for the identification of British insects. *Coloptera, Tenebrionidae*. Royal Entomological Society of London. 5 (10). p 22
- FAO. 2013. Edible insects: Future prospects for food and feed security [cit 2013-05-22]
- Finke, M. D. 2002. Complete nutrient composition of commercially raised invertebrates used as food for insectivores. *Zoo Biology*. 21 (3). p 269-285
- Finke, M. D. 2013. Complete Nutrient Content of Four Species of Feeder Insects. *Zoo Biology*. 32. p 27-36
- Finke, M. D. 2015. Complete nutrient content of four species of commercially available feeder insects fed enhanced diets during growth. *Zoo Biology*. 34 (6). p 554-564
- Ghaly, A. E. Alkoaik, F. N. 2009. The yellow mealworm as a novel source of protein for humans in space. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*. 4. p. 319-331

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

Ikekawa, N. Fujimoto, Y. Ishiguro, M. 2013. Reminiscences of research on the chemistry and biology of natural sterols in insects, plants and humans Proceedings of the Japan Academy. Series B Physical and Biological Sciences. 89 (8). p. 349-369

ISO 1871:2009. Food and feed products. General guidelines for the determination of nitrogen by the Kjeldahl method. Geneva. Switzerland: ISO. p. 7

ISO 12966-2:2011. Animal and vegetable fats and oils. Gas chromatography of fatty acid methyl esters. Geneva. Switzerland: ISO. p. 15

Kinyuru, J. N. Konyole, S. O. Roos, N. Onyango, Ch. A. Owino, V. O. Owuor, B. O. Estamble, B. B. Friis, H. Aagaard-Hansen, J. Kenji, G. M. 2013. Nutrient composition of four species of winged termites consumed in western Kenya. Journal of Food Composition and Analysis. 30 (2). p. 120-124

Kinyuru, J. N. Mogendi, J. B. Riwa, CH. A. Ndung, N. W. 2015. Edible insects-a novel source of essential nutrients for human diet: Learning from traditional knowledge. Animal Frontiers. 5 (2). p. 14-19

Kim, S. Y. Park, J. B. Lee, Y. B. Yoon, H. J. Lee, Y. Kim N. J. 2015. Growth characteristics of mealworm *Tenebrio molitor*. Journal of Sericultural and Entomological Science. 53 (1). p. 1-5

Klunder, H. C. Wolkers-Rooijackers, J. Korpela, J. M. Nout, M. J. R. 2012. Microbiological aspects of processing and storage of edible insects. Food Control. 26. p. 628-631

Li, L. Y. Zhao, Z. R. Liu, H. 2013. Feasibility of feeding yellow mealworm (*Tenebrio molitor* L.) in bioregenerative life support systems as a source of animal protein for humans. Acta Astronautica. 92. p. 103-109

- Mariod, A. A. Abdelwahab, S. Ibrahim, M. Mohan, S. Elgadir, M. A. Ain, N. 2011. Preparation and Characterization of Gelatins from Two Sudanese Edible Insects. *Journal of Food*. 1(1). p. 45
- 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
- McDonald, P. Greenhalgh, J. F. D. Dr. Morgan, C. A. Dr. Edwards, R. Sinclair, L. Wilkinson, R. 2011. *Animal Nutrition*. 7. vydání. Benjamin Cummings. p. 712. ISBN 978-1408-2043-38
- Nowak, V. Persijn, D. Rittenschober, D. Charrondiere, U. R. 2016. Review of food composition data for edible insects. *Food Chemistry*. 193, p. 39-46
- Park, J. B. Choi, W. H. Kim, S. H. Jin, H. J. Han, Y. S. Lee, Y. S. Kim, N. J. 2014. Developmental characteristics of *Tenebrio molitor* larvae (*Coleoptera: Tenebrionidae*) in different instars. *International Journal of Industrial Entomology*. 28 (1). p. 5-9
- Paul, A. Frederich, M. Uyttenbroeck, R. Hatt, S. Malik, P. Lebecque, S. Hamaida, M. Miazek, K. Goffin, D. Willems, L. Deleu, M. Fauconnier, M. L. Richel, A. De Pauw, E. Blecker, Ch. Monty, A. Francis, F. Haubruge, É. Danthine, S. 2016. Grasshoppers as a food source? A review. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment*. 20 (1). p. 337-352
- Payne, Ch. L. R. Scarborough, P. Rayner, M. Nonaka, K. 2016. A systematic review of nutrient composition data available for twelve commercially available edible insects, and comparison with reference values. *Trends in Food & Technology*. 47. p. 69-77
- Punzo, F. Huff, G. 1989. Comparative temperature and water relations and the effects of thermal acclimation on *Tenebrio molitor* and *Tenebrio obscurus* (*Coleoptera: Tenebrionidae*). *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*. 93 (3). p. 527-533

- Ramos-Elorduy, J. 1998. Creepy Crawly Cuisine: The Gourmet Guide to Edible Insects. Park Street Press. Vermont. p. 160. ISBN 0-89281-747-X.
- Ravzanaadii, N. Kim, S. H. Choi, W. H. Hong, S. J. Kim, N. J. 2012. Nutritional Value of Mealworm, *Tenebrio molitor* as Food Source. International Journal of Industrial Entomology. 25 (1). p. 93-98
- Rumpold, B. A. Schlüter, O. K. 2013. Nutritional composition and safety aspects of edible insects. Molecular Nutrition & Food Research. 57. p. 802-823
- Schroeckenstein, D. C. Meier-Davis, S. Bush, R. K. 1990. Occupational sensitivity to *Tenebrio molitor* Linnaeus (yellow mealworm). Journal of Allergy and Clinical Immunology. 86 (2). p. 182-188
- Skuhřavý, V. 1968. Metody chovu hmyzu, Praha: Academia. s. 285.
- Soxhlet, F. 1879. Die gewichtsanalytische Bestimmung des Milchfettes. Dinglers Polytechnisches Journal. 232. p. 461-465
- Su, J. Su, N. Wang, I. 2001. Evaluation on the nutrient value of *Tenebrio molitor*. Feed Research. 12. p. 12-14
- Veldkamp, T. van Duinkerken, G. van Huis, A. Lakemond, C. M. M. Ottevanger, E. Bosh, G. van Boekel, T. 2012. Insects as a sustainable feed ingredient in a pig poultry diets: a feasibility study. Lelystad: Wageningen UR Livestock Research 638. p. 48
- Vinklová, S. Borkovcová, M. 2016. The Acceptance of Insects as a part of Food by consumers in the Czech republic. MendelNet. 23. p. 687-692
- Vorhees, A. S. Bradley, T. J. 2012. Differences in critical thermal maxima and mortality across life stages of the mealworm beetle *Tenebrio molitor*. The Journal of Experimental Biology. 215 (13). p. 2319-2326



- Wang, H. C. Liao, H. Y. Chen, H. L. 2012. *Tenebrio* small-scale ecological farming feasibility study. *Advanced Materials Research*. 356-360. p. 267-270
- Wu, S. X. Lin, M. T. Li, M. Y. Tang, X. K. 2009. Determination of some important technique parameters in the course of breeding *Tenebrio molitor*. *Journal of Economic Animal*. 13 (1). p. 28-31
- Xiaoming, Ch. Ying, F. Hong, Z. Zhiyong, Ch. 2008. Review of the nutritive value of edible insects. *Edible forest insects: Humans bite back*. p. 85-92
- 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)
- Yang, Y. N. Wang, G. Pan, X. 2010. *China food composition 2010* in Beijing University Medical Press. Beijing,
- Yi, L. Lakemond, C. M. M. Sagis, L. M. C. Eisner-Schadler, V. van Huis, A. van Boekel, M. A. J. S. 2013. Extraction and characterisation of protein fractions from five insect species. *Food Chemistry*. 141 (4). p. 3341-3348
- Zielinska, E. Baraniak, B. Karas, M. Rybczynska, K. Jakubczyk, A. 2015. Selected species of edible insects as a source of nutrient composition. *Food Research International*. 77. p. 460-466

## **Seznam obrázků**

Str. 7, Obrázek 1 – Chovná nádoba

Str. 9, Obrázek 2 – Vývojová stádia *Tenebrio molitor*

# Příloha

## Příloha 1 – výpočty bílkovin ve vzorku *Tenebrio molitor*

<b>vzorek</b>	<b>Dosazená rovnice % bílkovin</b>	<b>výsledek</b>
<b><i>Tenebrio molitor</i></b> <b>17 °C</b>	$\frac{0,28 \times 32,08 \times 1,0796 \times 6,25}{1,0063} \times 100$	64,72 %
	$\frac{0,28 \times 31,39 \times 1,0796 \times 6,25}{1,0010} \times 100$	63,66 %
<b><i>Tenebrio molitor</i></b> <b>23 °C</b>	$\frac{0,28 \times 34,87 \times 1,0796 \times 6,25}{1,0826} \times 100$	64,05 %
	$\frac{0,28 \times 31,47 \times 1,0796 \times 6,25}{1,0032} \times 100$	62,38 %
<b><i>Tenebrio molitor</i></b> <b>28 °C</b>	$\frac{0,28 \times 32,55 \times 1,0796 \times 6,25}{1,0325} \times 100$	62,49 %
	$\frac{0,28 \times 33,37 \times 1,0796 \times 6,25}{1,0311} \times 100$	64,15 %