

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra kvality zemědělských produktů



**Změny nutriční a senzorické jakosti jedlého hmyzu
v závislosti na způsobu jeho skladování**

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Nikola Marinová

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

© 2015 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci „*Změny nutriční a sensorické jakosti jedlého hmyzu v závislosti na způsobu jeho skladování*“ 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 neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 10. dubna 2015

Poděkování

Děkuji paní doc. Ing. Lence Kouřimské, Ph.D. za odborné vedení a cenné rady při zpracování diplomové práce. Děkuji paní doc. Ing. Marii Borkovcové Ph.D. za poskytnutí všech vzorků jedlého hmyzu, bez nichž by vznik této diplomové práce nebyl možný. Děkuji paní Ing. Anně Adámkové, paní Ing. Ludmile Prokúpkové, Ph.D. a paní Blance Dvořákové za pomoc v době měření.

Souhrn

Předkládaná diplomová práce se zabývá problematikou změny nutriční a sensorické jakosti jedlého hmyzu v závislosti na způsobu jeho skladování. Od počátku po závěr literární rešerše jsou postupně představena relevantní témata. Kapitola nutriční hodnoty jedlého hmyzu je rozčleněna do podkapitol popisujících příjem energie, obsah bílkovin, tuků, sacharidů, minerálů a vitaminů. Dále následuje seznámení s metodami zpracování a podmínkami skladování jedlého hmyzu, sensorickými vlastnostmi jedlého hmyzu a thiobarbiturovým číslem.

V praktické části je primárně specifikován jedlý hmyz druhu *Zophobas morio* skladovaný za různých podmínek, tj. za pokojové teploty v termostatu, v lednici a v mrazicím boxu, od října 2014. Vzorky skladované při pokojové teplotě a v lednici byly na konci experimentu podrobeny stanovení obsahu tuku, profilu mastných kyselin, množství sušiny pomocí vah s infračerveným zářením. Jak v případě všech skladovaných vzorků *Zophobas morio* 10/2014, tak i u později získaných „doplňkových“ vzorků různých druhů dlouhodobě skladovaného jedlého hmyzu byl sledován stupeň oxidace metodou thiobarbiturové číslo a byly hodnoceny vybrané sensorické vlastnosti.

Sledovaný vzorek *Zophobas morio* 10/2014 vykázal v závěru experimentu, bez ohledu na podmínky skladování, navýšení obsahu tuku a snížení obsahu sušiny oproti výchozím hodnotám. Na konci skladování byly u daných vzorků zjištěny vyšší hodnoty nasycených mastných kyselin, významně se nezměnil obsah monoenoových mastných kyselin a podstatně klesly polyenoové mastné kyseliny, v důsledku čehož se snížila výživová hodnota měřeného vzorku.

Thiobarbiturové číslo, jakožto ukazatel oxidace, bylo u všech analyzovaných vzorků jedlého hmyzu na nízké úrovni a navzájem velice podobné. V případě sensorického hodnocení jedlého hmyzu nebyl zjištěn statisticky průkazný rozdíl mezi vzorky skladovanými v mrazicím boxu, v lednici a při pokojové teplotě v termostatu.

Navzdory tomu, že organismus jedlého hmyzu nevykazoval ani po několikaměsíčním experimentu podstatné známky oxidačního žluknutí, s ohledem na změny ve složení mastných kyselin lze spíše doporučit jedlý hmyz neskladovat příliš dlouho a zkonsumovat jej co nejrychleji.

Klíčová slova: Jedlý hmyz, skladování, žluknutí, profil mastných kyselin.

Summary

The diploma thesis deals with changes in nutritional and sensory quality of edible insects, depending on the method of storage. From the beginning to the conclusion of literature review the relevant topics are gradually introduced. Chapter focused on the topic the nutritional value of edible insects is divided into subchapters describing the intake of energy, content of proteins, fats, carbohydrates, minerals and vitamins. Introduction into the methods of processing and storage of edible insects, edible insect sensory properties and thiobarbituric acid number is following.

The practical part primarily specifies edible insect species *Zophobas morio* stored under the different conditions - located in a thermostat where the room temperature was set, in the refrigerator and the freezer - since October 2014. Samples stored at room temperature and in the fridge were assayed in the end of the experiment for the fat content, fatty acid profile and for the amount of dry matter measured by scales with infrared radiation. As in the case of all stored *Zophobas morio* 10/2014 samples, also later received "complementary" samples of various species stored for a long-term the oxidation level was investigated by thiobarbituric acid number method and then there were evaluated and selected sensory properties.

Monitored *Zophobas morio* 10/2014 sample showed at the end of the experiment, regardless of storage conditions, increase of fat content and dry matter content reduction from baseline. At the end of the samples storage higher levels of saturated fatty acids were detected, the content of monounsaturated fatty acids was not significantly changed and substantially decreased polyunsaturated fatty acids, thereby the nutritional value of the measured sample has reduced.

Values of thiobarbituric acid number, as an indicator of oxidation, were low and very similar mutually in case of all analyzed edible insects samples. For sensory evaluation of edible insects there was no statistically significant difference between samples stored in the freezer, in the refrigerator and at room temperature in a thermostat.

Despite the fact that the body of edible insects did not showed significant signs of oxidative rancidity even after months of experiment, due to the changes in fatty acid composition it can be recommended the edible insects rather not to store for too long and consume it as quickly as possible.

Keywords: Edible insects, storage, rancidity, fatty acid profile.

Obsah

1	Úvod	8
2	Vědecká hypotéza a cíle práce	9
3	Literární rešerše.....	10
3.1	Nutriční hodnoty jedlého hmyzu.....	10
3.1.1	Příjem energie z jedlého hmyzu	11
3.1.2	Bílkoviny.....	12
3.1.3	Tuky.....	16
3.1.4	Sacharidy.....	19
3.1.5	Minerály.....	20
3.1.6	Vitaminy.....	21
3.2	Metody zpracování a podmínky skladování jedlého hmyzu	22
3.3	Senzorické vlastnosti jedlého hmyzu.....	27
3.4	Thiobarbiturové číslo.....	29
4	Materiál a metody.....	31
4.1	Materiál	31
4.1.1	Zophobas morio	31
4.1.2	Dlouhodobě skladované vzorky různých druhů jedlého hmyzu.....	32
4.2	Metody	33
4.2.1	Thiobarbiturové číslo	33
4.2.2	Senzorické hodnocení jedlého hmyzu	34
4.2.3	Stanovení sušiny na infračervených vahách	35
4.2.4	Extrakce tuku dle Soxhleta.....	35
4.2.5	Stanovení profilu mastných kyselin	36
4.2.6	Vyhodnocení výsledků	36
5	Výsledky.....	37
5.1	Thiobarbiturové číslo – obsah malondialdehydu	37
5.1.1	Zophobas morio	37
5.1.2	Starší vzorky jedlého hmyzu	40
5.2	Senzorické hodnocení jedlého hmyzu	42
5.2.1	Celková příjemnost vůně analyzovaných vzorků jedlého hmyzu	42
5.2.2	Celková intenzita vůně analyzovaných vzorků jedlého hmyzu.....	43
5.2.3	Celková intenzita žluklé vůně analyzovaných vzorků jedlého hmyzu	44
5.3	Stanovení sušiny na vahách s infrazáříčem.....	46
5.4	Stanovení obsahu tuku dle Soxhleta	46
5.5	Stanovení profilu mastných kyselin.....	47

6	Diskuze.....	49
7	Závěr	54
8	Souhrn literatury	55
	Přílohy	60

1 Úvod

Přibližně před dvěma sty lety vytvořil anglický ekonom Thomas Malthus teorii, podle které bude lidí přibývat rychleji než potravinových zdrojů. S výjimkou určitých lidských ztrát v období válek a nemocí se jeho slova vyplnila. Růst lidské populace je z velké části ovlivněn významným pokrokem v lékařství a technologiích, které 20. století přineslo. Díky nim se výrazně snížila dětská úmrtnost a prodloužila průměrná doba lidského života. Se stále vzrůstajícím počtem lidské populace vyvstává v mnoha světových geografických oblastech problém spočívající v nedostatku kvalitních potravin. Může být konzumace jedlého hmyzu řešením tohoto závažného problému (Ramos-Elorduy, 1998)?

Ve vybraných regionech Afriky, jihovýchodní Asie a severní části Latinské Ameriky nejen že na konzumaci hmyzu doslova závisí lidské životy, ale tato početná skupina živočichů je zde považována především za vyhledávanou lahůdku. V bohatých průmyslových státech není konzumace jedlého hmyzu tolik rozšířena. Hlavním z průkopníků entomofágie v rámci rozvinutých zemí je Japonsko, ve kterém se můžeme setkat i s dárkovým košem plným jedlého hmyzu. Co se týče Evropy, ta výhody entomofágie teprve objevuje a počet konzumentů pozvolna roste. Ačkoliv konkrétně Česká republika se může pochlubit nejenom konzumací hmyzu, ale i výzkumem zabývajícím se problematikou jedlého hmyzu (Borkovcová et al., 2009).

Dnešní doba nám nabízí asi tři tisíce druhů jedlého hmyzu, které jsou aktuálně známy. Toto číslo nejspíš není konečné, jelikož jsou stále objevovány další a další druhy (Borkovcová et al., 2009).

Vzhledem k vysokým výživovým hodnotám, které jedlý hmyz v nutričních analýzách stabilně vykazuje, jej lze ve světovém měřítku považovat za slibný potenciální zdroj lidské obživy. S ohledem na vývojové stádium, kvalitu životního prostředí a stravu jedlého hmyzu se mohou nutriční hodnoty odlišovat i v rámci jediného živočišného druhu. Výsledné nutriční složení dále ovlivňuje i proces zpracování a skladování před samotnou konzumací. Jedlý hmyz je bohatým zdrojem proteinů, mastných kyselin, vlákniny, minerálů, vitaminů a energie (FAO, 2013). Důležitým kritériem, které ovlivňuje konzumaci jedlého hmyzu, jsou i jeho sensorické vlastnosti. (Ramos-Elorduy, 1998).

2 Vědecká hypotéza a cíle práce

Cílem diplomové práce je v teoretické části zpracování literární rešerše zaměřené na podmínky skladování jedlého hmyzu, nutriční hodnoty vybraných druhů jedlého hmyzu a změny jakosti jedlého hmyzu během skladování.

V praktické části budou proměřeny vybrané základní nutriční hodnoty jedlého hmyzu druhu *Zophobas morio*, který bude dlouhodobě skladován ve třech různých skladovacích prostředích (lednice, mrazicí box, pokojová teplota). Ve stanovených intervalech doby skladování bude sledován stupeň oxidace a změny vybraných sensorických vlastností nutričních parametrů jedlého hmyzu pro různá prostředí a dobu skladování. Výsledky budou porovnány s dalšími dlouhodobě skladovanými vzorky.

Hypotézou této diplomové práce je následující tvrzení: *„Nutriční a sensorické vlastnosti jedlého hmyzu se liší podle způsobu jeho skladování. Tyto vlastnosti jako i stupeň oxidace jsou významně ovlivněny podmínkami skladování jedlého hmyzu.“*

3 Literární rešerše

3.1 Nutriční hodnoty jedlého hmyzu

Výživové hodnoty jedlého hmyzu jsou různorodé, přinejmenším proto, že druhů hmyzu, který lze zařadit do lidského jídelníčku, existuje pestrá škála. Dokonce i v rámci jediného druhu hmyzu se mohou nutriční hodnoty mírně odlišovat, především v závislosti na metamorfní fázi hmyzu. V tomto ohledu lze vyzdvihnout druhy zejména s kompletní, tzv. holometabolní proměnou, tzn. mravence, včely a brouky. Nezanedbatelný vliv na úroveň nutričních hodnot má dále i kvalita životního prostředí, ve kterém hmyz žije a také jeho strava. Stejně tak, jako je tomu u většiny ostatních potravin, výsledné nutriční složení ovlivňují i metody zpracování před samotnou konzumací, to jest sušení, povaření, smažení, aj. Výživová hodnota jedlého hmyzu byla analyzována v několika na sobě nezávislých výzkumech. Získané výsledky však nejsou navzájem příliš porovnatelné, jednak z důvodu rozdílných hodnot, které mohou být v rámci jednoho druhu hmyzu naměřené, podrobněji popsáno již výše, a též proto, že analýza sloučenin proběhla odlišnými způsoby (FAO, 2013).

Dokonce i v geografických oblastech, kde hmyz představuje tradiční součást potravy obyvatelstva, zaujímá pouze malou část v celém jejich jídelníčku. Kupříkladu v některých afrických komunitách tvoří protein přijímaný z hmyzích pokrmů pouze 5 – 10 % z celkového příjmu proteinů (Ayieko a Oriaro, 2008; FAO, 2013). Nicméně, vzhledem k vysokým nutričním hodnotám, které hmyz v analýzách stabilně vykazuje, jej lze považovat za významný potenciální zdroj obživy pro celou lidskou populaci. Hmyz obsahuje velké množství proteinů, mastných kyselin, vlákniny, minerálů, vitaminů a energie. Rumpold a Schlüter (2013) sestavili přehled výživových hodnot 236 druhů jedlého hmyzu. Ačkoliv získaná data obsahovala významné odchylky, bylo zjištěno, že mnoho druhů jedlého hmyzu poskytuje dostatečné množství energie a bílkovin – aminokyseliny obsažené v těle hmyzu spolehlivě pokrývají požadavky lidského organismu na příjem této stavební látky. Hmyz dále obsahuje významné množství monoenoových a/nebo polynenoových mastných kyselin, je bohatý na stopové prvky mědi, železa, magnézia, manganu, fosforu, selenu a zinku. Některé druhy hmyzu obsahují riboflavin, kyselinu pantotenovou, biotin a, v některých případech, kyselinu listovou, aj. (FAO, 2013).

3.1.1 Příjem energie z jedlého hmyzu

Ramos-Elorduy et al. (1997) analyzovali 78 druhů jedlého hmyzu pocházejících z mexického státu Oaxaca a měřeními došli k závěru, že 100 g sušiny jedlého hmyzu obsahuje od 293 do 762 kilokalorií. Celkový obsah energie (který je obvykle vyšší, než její metabolizovatelná část) získaný z těla *saranče stěhovavé* (*Locusta migratoria*) se pohyboval v rozmezí od 598 do 816 kilojoulů na 100 g váhy za čerstvého stavu, přičemž tyto hodnoty byly přepočítány ze sušiny. Poměrně velký rozptyl hodnot závisí na stravě daného hmyzu (Oonincx a van der Poel, 2011). V tabulce č. 1 jsou uvedeny energetické hodnoty vyjádřené v kilokaloriích na 100 g hmotnosti čerstvého hmyzu. Byly zkoumány nejen exempláře získané z divokého prostředí, ale i hmyz vypěstovaný na chovných farmách z celého světa. Ze zjištěných hodnot vychází najevo, že nejvíce kalorií obsahuje 100 g mravenců *Oecophylla smaragdina* v čerstvém stavu, tj. 1272 kcal. Poměrně dietní je oproti tomu 100 g kobyly *Cyrtacanthacris tatarica*, která má v čerstvém stavu pouhých 89 kcal.

Původ hmyzu	Český název	Latinský název	Stádium / stav	Obsah energie (kcal/100 g čerstvé váhy)
Austrálie	Saranče tlustá	<i>Chortoicetes terminifera</i>	Čerstvá	499
Austrálie	Mravenec křeččík	<i>Oecophylla smaragdina</i>	Čerstvý	1 272
Quebec (Kanada)	Kobylka	<i>Melanoplus femurrubrum</i>	Čerstvá	160
Illinois (USA)	Potemník moučný	<i>Tenebrio molitor</i>	Larva / čerstvý	206
Illinois (USA)	Potemník moučný	<i>Tenebrio molitor</i>	Dospělý / čerstvý	138
Pobřeží slonoviny	Termit	<i>Macrotermes subhyalinus</i>	Dospělý, odkřídlený / sušina (moučka)	535
Veracruz (Mexiko)	Mravenec Atta	<i>Atta mexicana</i>	Dospělý / čerstvý	404
Hidalgo (Mexiko)	Mravenec medonoš	<i>Myrmecocystus mellinger</i>	Dospělý / čerstvý	116
Thajsko	Cvrček dvouskvrtný	<i>Gryllus bimaculatus</i>	Čerstvý	120
Thajsko	Mohutnatka (ploštice)	<i>Lethocerus indicus</i>	Čerstvá	165
Thajsko	Kobylka	<i>Oxya japonica</i>	Čerstvá	149
Thajsko	Kobylka	<i>Cyrtacanthacris tatarica</i>	Čerstvá	89
Thajsko	Bourec morušový	<i>Bombyx mori</i>	Pupa (kukla) / čerstvý	94
Nizozemsko	Saranče stěhovavá	<i>Locusta migratoria</i>	Dospělá / čerstvá	179

Tab. č. 1: Přehled energetického obsahu vybraného jedlého hmyzu

Zdroj: FAO (2013) - vlastní zpracování

Bednářová (2013) ve své disertační práci analyzovala příjem metabolizovatelné energie ze vzorku 7 druhů jedlého hmyzu. Nejvyšší obsah energie byl naměřen u housenek zavíječe voskovaného (*Galleria mellonella*), kterého lze s trochou nadsázky považovat za jakousi „kalorickou bombu“, jelikož 100 g sušiny této housenky obsahuje 665,46 kcal. Oproti tomu nejméně kalorická je saranče stěhovavá (*Locusta migratoria*) - ve 100 g sušiny je „pouze“ 364,74 kcal. Více informací je k nahlédnutí v tabulce č. 2.

Druh hmyzu	Latinský název	Vývojové stádium	Metabolizovatelná energie (kcal / 100 g sušiny)
Bourec morušový	<i>Bombyx mori</i>	Kukla	475,04
Včela medonosná	<i>Apis mellifera</i>	Plod	498,63
Saranče stěhovavá	<i>Locusta migratoria</i>	Nymfa	364,74
Zavíječ voskový	<i>Galleria mellonella</i>	Housenka	665,46
Cvrček stepní	<i>Gryllus assimilis</i>	Nymfa	546,75
Potemník moučný	<i>Tenebrio molitor</i>	Larva	536,36
Potemník brazilský	<i>Zophobas atratus</i>	Larva	582,28

Tab. č. 2: Obsah metabolizovatelné energie ve zkoumaném hmyzu

Zdroj: Bednářová (2013) - vlastní zpracování

3.1.2 Bílkoviny

Úroveň nutričních hodnot závisí, mimo jiné, na obsahu, kvalitě a stravitelnosti bílkovin. Proteiny, jsou pro lidské tělo životně důležitými stavebními prvky, jelikož zajišťují biosyntézu. Další jejich nezbytnou úlohou v organismu je obranná a ochranná funkce. Vyjma vody tvoří bílkoviny téměř polovinu hmotnosti lidského těla. Přibližně 33 % bílkovin jsou ve svalstvu, 20 % v kostech a chrupavkách, 10 % bílkovin je obsaženo v kůži a 37 % obsahují ostatní lidské tkáně, krev a tělesné tekutiny. Bílkoviny jsou organické sloučeniny sestávající z esenciálních, poloesenciálních a neesenciálních aminokyselin. Mezi, pro lidské tělo nezbytné, esenciální aminokyseliny, které si lidské tělo samo vyrobit nedokáže a musí je tedy přijímat potravou, patří: fenylalanin, histidin, isoleucin, leucin, lysin, methionin, treonin, tryptofan a valin (Ramos Elorduy, 1998; Borkovcová et al., 2009; Velíšek, Hajšlová, 2009; FAO, 2013).

Hmyzí organismy se sestávají z vysoce kvalitní bílkoviny, která obsahuje bohaté množství esenciálních aminokyselin. Hmyzí bílkovina je srovnatelná s bílkovinami drůbeže a ryb. Bílkoviny z hovězího a vepřového masa pak svojí kvalitou dokonce předstihuje (Borkovcová et al., 2009). Jak z níže uvedených hodnot a informací vyplývá, procentuální obsah bílkovin značně závisí na konkrétním druhu jedlého hmyzu, stejně tak na potravě, kterou je hmyz živen a neméně záleží i na vývojovém stádiu hmyzu. Zpravidla platí, že organismus dospělců obsahuje vyšší podíl proteinů než-li je tomu v případě raných

vývojových stádií. V neposlední řadě obsah proteinů ve výživě ovlivňuje i způsob přípravy hmyzího pokrmu (Ademolu et al., 2010; FAO, 2013).

Xiaoming et al. (2010) analyzovali obsah bílkovin ve 100 různých druzích jedlého hmyzu členícího se do 7 řádů. Obsah proteinu se v rámci zkoumaných vzorků pohyboval v rozmezí od 13 do 77 % sušiny jedlého hmyzu (tabulka č. 3). Ramos-Elorduy (1998) uvádí obsah bílkovin v těle vybraného jedlého hmyzu ještě vyšší, tj. v rozmezí od 30 do 80 %. V jiné analýze, kterou provedli rovněž Ramos-Elorduy et al. (1997), vyšlo najevo, že obsah proteinů, hodnocený ze sušiny 78 druhů jedlého hmyzu pocházejícího z Mexika, se pohyboval v rozmezí od 15 do 81 %, přičemž stravitelnost těchto bílkovin byla v rozmezí 76 až 98 %.

Řád hmyzu	Český název	Vývojové stádium	Obsah proteinu (v %)
<i>Coleoptera</i>	Brouci	Larvy, dospělci	23 - 66
<i>Lepidoptera</i>	Motýli	Larvy, kukly	14 - 68
<i>Hemiptera</i>	Polokřídlí	Larvy, dospělci	42 - 74
<i>Homoptera</i>	Stejnokřídlí	Vajíčka, larvy, dospělci	45 - 57
<i>Hymenoptera</i>	Blanokřídlí	Vajíčka, larvy, kukly, dospělci	13 - 77
<i>Odonata</i>	Vážky	Najády, dospělci	46 - 65
<i>Orthoptera</i>	Rovnokřídlí	Nymfy, dospělci	23 - 65

Tab. č. 3: Přehled obsahu proteinu v jednotlivých řádech hmyzu

Zdroj: Xiaoming et al. (2010) - vlastní zpracování

Bednářová (2013) analyzovala obsah proteinu v organismech 7 druhů jedlého hmyzu a uvádí, že - s výjimkou housenky zavíječe voskovaného (*Galleria mellonella*), která obsahuje pouze 38,41 g bílkovin na 100 g sušiny - se obsah bílkovin v těle vybraného jedlého hmyzu pohybuje od úrovně 50,86 g bílkovin, tj. u poterníka moučného (*Tenebrio molitor*), až po 62,21 g bílkovin v těle saranče stěhovavé (*Locusta migratoria*), více informací v tabulce č. 4.

Bukkens (2005) analyzoval obsah proteinů v sušině 17 druhů housenek čeledi Saturniidae (do které patří i housenka *Gonimbrasia belina*, též zvaná jako housenka *Mopane*, více v textu uvedeném níže a obr. č. 1) a zjistil, že organismy těchto housenek v usušeném stavu obsahují 52 až 80 % proteinů. Další srovnatelné analýzy proběhly na jednotlivých druzích jedlého hmyzu. Ve Středoafričké republice dodávají pygmejům z kmenů Aka a Babinga 50 - 60 % bílkovin larvy druhu *Pseudanthera descrepans* (Ramos-Elorduy, 1998). Headings a Rahnema (2002) zanalyzovali množství proteinu v housence *Mopane* - 60,7 % ve 100 g sušiny. Wang et al. (2004) zjistili, že 100 g sušiny organismu cvrčka *Gryllus testaceus* obsahuje 58,3 % proteinů.

Druh hmyzu	Latinský název	Vývojové stádium	Obsah proteinů (g / 100 g sušiny)
Bourec morušový	<i>Bombyx mori</i>	Kukla	52,62
Včela medonosná	<i>Apis mellifera</i>	Plod	54,38
Saranče stěhovavá	<i>Locusta migratoria</i>	Nymfa	62,21
Zavíječ voskový	<i>Galleria mellonella</i>	Housenka	38,41
Cvrček stepní	<i>Gryllus assimilis</i>	Nymfa	59,23
Potemník moučný	<i>Tenebrio molitor</i>	Larva	50,86
Potemník brazilský	<i>Zophobas atratus</i>	Larva	54,25

Tab. č. 4: Obsah proteinu ve zkoumaném hmyzu

Zdroj: Bednářová (2013) - vlastní zpracování

Jak již bylo uvedeno výše, obsah proteinů v hmyzím organismu ovlivňuje do určité míry strava a způsob přípravy jedlého hmyzu před samotnou konzumací. Kupříkladu kobyly v Nigérii jsou krmeny otrubami, které obsahují vysoký podíl esenciálních mastných kyselin. Kobyly tak posléze mají až dvojnásobný obsah proteinů oproti ostatním kobylykám stejného druhu, které se živí kukuřicí (Ademolu et al., 2010). Housenka *Mopane* (*Gonimbrasia belina*) (obr. č. 1), která patří mezi tradiční pokrm obyvatel vybraných afrických států, ve kterých je pro svůj vysoký obsah bílkovin chována dokonce i na specializovaných farmách, má nižší obsah bílkovin v případě suchého pražení (např. v horkovzdušné troubě), tj. 48 %, než pokud projde tělo této housenky přirozeným procesem vysušení na slunci - v tomto případě obsahuje bílkovin více, tj. 57 % (Bukkens, 1997; Ramos-Elorduy, 1998).

V rámci rozhodování, zda zařadit jedlý hmyz do tradičního stravovacího režimu, je též důležité důkladně prostudovat výživové hodnoty základních potravin a posléze je porovnat s přínosem, který člověku přináší entomofágie, resp. nutriční hodnoty vybraného jedlého hmyzu, který je typický pro mateřské geografické prostředí daného strávníka. Obilné proteiny jsou celosvětově považovány za jednu z klíčových potravin, mnohdy však obsahují poměrně nízké množství aminokyseliny lysinu a v některých případech pak dokonce zcela chybí aminokyseliny tryptofan a threonin. Oproti tomu některé druhy hmyzu tyto aminokyseliny obsahují ve velkém množství. Mnoho housenek čeledi *Saturniidae*, larvy brouků čeledi *Rhynchophorus* a některé druhy vodního hmyzu obsahují více než 100 µg lysinu na 100 g surového proteinu. Obyvatelé Demokratické republiky Kongo spolu s příjmem housenek, které mají vysoký obsah lysinu, doplňkově konzumují i běžné potraviny, které obsahují lysin pouze v omezeném množství. Domorodci v Papui-Nové Guineji se běžně

stravují hlízy, které jsou na obsah lysinu a leucinu chudé. Vzniklou nutriční mezeru proto kompenzují konzumací larev brouka čeledi *Rhynchophorus*, které mají množství lysinu naopak vysoké. Hlízy však obsahují vysoký podíl tryptofanu a aromatických aminokyselin, které jsou v larvách brouka čeledi *Rhynchophorus* obsaženy v omezeném množství, nutriční příjem z takovéto stravy je proto vyvážený (Bukkens, 2005; FAO, 2013). V některých afrických státech, kde je kukuřice považována za základní potravinu, tj. především v Angole, Keňi, Nigérii a v Zimbabwe, panuje čas od času celoplošný deficit některých aminokyselin, především tryptofanu a lysinu. Kupříkladu v Angole by příjem těchto živin mohl být obnoven konzumací termitů rodu *Macrotermes bellicosus* (Sogbesan a Ugwumba, 2008).



Obr. č. 1: Housenka druhu *Gonimbrasia belina*, zvaná též Mopane

Zdroj: <http://media.novinky.cz/967/289675-original1-9eht5.jpg>

http://assets.nydailynews.com/polopoly_fs/1.1247666!/img/httpImage/image.jpg_gen/derivatives/article_970/wormsap26f-3-web.jpg

Bílkoviny, resp. aminokyseliny patří k látkám, které hmyzí organismy obsahují ve značném množství. V otázce lidské výživy celého světa, zejména pak v intencích rozvojových částí planety Země, tj. především v mnoha oblastech Asie, Afriky či Jižní Ameriky, je nejzávažnějším nedostatkem přísun bílkovin. Vzhledem k důležitosti bílkovin pro výživu lidského těla může entomofágie významně pomoci zvýšit kvalitu stravování ve všech koutech světa (Ramos-Elorduy, 1998; Borkovcová et al., 2009).

3.1.3 Tuky

Tuk má nejvyšší energetickou hodnotu z makronutrientů v potravinách (FAO, 2013). Podílí se na udržování tělesné teploty, vytváření některých hormonů a zásobování buněk vitaminy A, D, E a K (Ramos-Elorduy, 1998). Tuk je složen z triacylglycerolů, jejichž molekuly jsou tvořeny glycerolem a třemi mastnými kyselinami. Tyto kyseliny se dělí do dvou skupin – nasycené a nenasycené (monoenové a polyenové). Nasycené mastné kyseliny se ve větší míře nachází v živočišných produktech a tropických olejích, konkrétně např. v palmovém a kokosovém oleji. Nenasycené mastné kyseliny se vyskytují více v rostlinných olejích, ořechách a mořských plodech. Tyto kyseliny jsou obecně považovány za lepší pro zdraví člověka, než nasycené mastné kyseliny. Esenciální mastné kyseliny jsou nenasycené mastné kyseliny, které nemohou být syntetizovány lidským tělem, což znamená, že je nezbytné je získávat z potravy. Do této skupiny jsou zahrnovány mastné kyseliny omega-3 (např. alfa-linolenová kyselina) a omega-6 (např. linolová kyselina). Jejich zastoupení nalezneme především v mase tučnějších mořských ryb jako je např. losos, sled, makrela, tuňák nebo pstruh. Dále jsou též ve vlašských ořechách a v řepkovém, sójovém, lněném či konopném oleji (Borkovcová et al., 2009; FAO, 2013; viscojis.cz).

Organismus jedlého hmyzu je bohatým zdrojem tuku (FAO, 2013). Avšak množství tuku v hmyzím organismu se významně liší druh od druhu. Existují druhy jedlého hmyzu, které jsou velice tučné - ty mohou být velkým přínosem pro obyvatele, kupříkladu, rozvojových zemí, kteří potřebují dodat energii. Jiné druhy jedlého hmyzu mohou tuku obsahovat naopak menší množství, což ocení lidé, kteří si bedlivě střeží svoji tělesnou hmotnost (Ramos-Elorduy, 1998). Jedlý hmyz a obzvláště pak larvy žijící ve dřevě jsou vydatným zdrojem tuku. Tlusté australské housenky označované jako *Witchetty grub* jsou příkladem jedlého hmyzu s vysokým obsahem tuku - 38 % v sušině. Tento hmyz je velice bohatý na kyselinu olejovou, která se řadí do omega-9 monoenoových mastných kyselin (Naughton et al., 1986). Housenky *Witchetty* (obr. č. 2), též nazývané *Witjuti*, jsou velké, bílé, dřevokazné larvy různých druhů můr (především čeledi *Cossidae* a *Hepialidae*) a brouků čeledi *Cerambycidae*, které se vyskytují v Austrálii.



Obr. č. 2: Housenka dřevokazného hmyzu zvaná *Witchetty grub* či *Witjuti* je tradiční součástí pokrmů v Austrálii

Zdroj: <http://www.treknature.com/gallery/photo183033.htm>,

<http://1.bp.blogspot.com/>-

3hRsVX_vrVQ/UBsxKs0y8KI/AAAAAAAAACKs/BvuCiPfw6tY/s1600/witjuti+grub+kebabs.jpg

Tyto housenky jsou nejdůležitějším jedlým hmyzem pro stravování v pouštním prostředí a v jídelníčku se objevují především u domorodých žen a dětí. Syrová housenka *Witchetty* chutná údajně jako mandle, uvařená pak má, obdobně jako pečené kuře, křupavou „kůžičku“ a uvnitř žlutou barvu. Mnoho kmenů v oblasti Amazonky konzumuje larvy dřevokazného hmyzu, které jsou jejich hlavním zdrojem tuků a nezbytných kilojoulů (Ramos-Elorduy, 1998).

Jedlý hmyz je bohatý na polyenové mastné kyseliny a mnohdy obsahuje esenciální linolovou (omega-6) a alfa-linolenovou kyselinu (omega-3) (Borkovcová et al., 2009). Bednářová (2013) zjistila, že se tyto esenciální mastné kyseliny nacházejí především v larvách potměníka moučného (*Tenebrio molitor*), v larvách potměníka brazilského (*Zophobas atratus*) - (oba předchozí druhy obsahují omega-6) - a v kuklách bource morušového (*Bombyx mori*) - (omega-3). Tyto kyseliny mají preventivní účinky proti srdečním a mozgovým onemocněním, snižují bolesti kloubů, působí protizánětlivě a příznivě ovlivňují zdravý vývoj dětí a kojenců (Borkovcová et al., 2009; Michaelsen et al., 2009; Womeni et al., 2009). Tento fakt nasvědčuje tomu, že hmyz může hrát důležitou úlohu ve výživě. Zejména ve vnitrozemských rozvojových zemích, kde je nižší přístup k rybolovu, je využití zdroje esenciálních mastných kyselin právě z jedlého hmyzu vhodnou alternativou pro místní stravu (FAO, 2013). Složení mastných kyselin hmyzu je nejspíš ovlivněno rostlinným krmivem, kterým je hmyz živen (Bukkens, 2005). Nenasycené mastné kyseliny přítomné v organismech hmyzu mohou při jeho zpracování za účelem výroby hmyzích potravinářských produktů zapříčinit oxidaci vedoucí k rychlému žluknutí (FAO, 2013).

Bednářová (2013) v rámci své disertační práce analyzovala množství tuku u 7 různých druhů jedlého hmyzu. Nejvyšší obsah tuku naměřila v organismech housenek zavíječe voskovaného, jehož tělo obsahovalo 56,65 g tuku na 100 g sušiny. Oproti tomu nejméně tuku obsahovala nymfa saranče stěhovavé – 12,61 g na 100 g sušiny (tabulka č. 5).

Druh hmyzu	Latinský název	Vývojové stádium	Obsah tuku (g / 100 g sušiny)
Bourec morušový	<i>Bombyx mori</i>	Kukla	29,36
Včela medonosná	<i>Apis mellifera</i>	Plod	31,24
Saranče stěhovavá	<i>Locusta migratoria</i>	Nymfa	12,61
Zavíječ voskový	<i>Galleria mellonella</i>	Housenka	56,65
Cvrček stepní	<i>Gryllus assimilis</i>	Nymfa	34,34
Potemník moučný	<i>Tenebrio molitor</i>	Larva	36,10
Potemník brazilský	<i>Zophobas atratus</i>	Larva	40,26

Tab. č. 5: Obsah tuku ve zkoumaném hmyzu

Zdroj: Bednářová (2013) - vlastní zpracování

Bednářová (2013) dále analyzovala množství jednotlivých typů mastných kyselin ve zkoumaném hmyzu. Dle naměřených hodnot vyplývá, že nejvíce nasycených mastných kyselin (SFA) má nymfa cvrčka stepního (*Gryllus assimilis*), tj. 25,04 g na 100 g sušiny. Nejméně SFA má naopak nymfa saranče stěhovavé (*Locusta migratoria*), tj. 4,01 g. Nejvíce souhrnného množství monoenoových (MUFA) a polyenoových (PUFA) mastných kyselin na 100 g sušiny obsahuje housenka zavíječe voskového (*Galleria mellonella*), tj. 34,23 g. Naopak nejnižší souhrnné množství MUFA a PUFA obsahuje nymfa saranče stěhovavé, tj. 8,49 g. U druhů, jako jsou včela medonosná (*Apis mellifera*) a cvrček stepní (*Gryllus assimilis*), bylo v absolutním množství méně polyenoových MK než nasycených, u ostatních druhů tomu bylo naopak (tabulka č. 6).

Druh hmyzu	Latinský název	Vývojové stádium	Množství mastných kyselin (g / 100 g sušiny)			
			SFA (Nasycené mastné kyseliny)	MUFA (Monoenoové mastné kyseliny)	PUFA (Polyenoové mastné kyseliny)	MUFA + PUFA
Bourec morušový	<i>Bombyx mori</i>	Kukla	8,67	2,64	12,30	14,94
Včela medonosná	<i>Apis mellifera</i>	Plod	15,85	6,30	3,30	9,60
Saranče stěhovavá	<i>Locusta migratoria</i>	Nymfa	4,01	4,26	4,23	8,49
Zavíječ voskový	<i>Galleria mellonella</i>	Housenka	21,50	30,02	4,21	34,23
Cvrček stepní	<i>Gryllus assimilis</i>	Nymfa	25,04	4,23	4,92	9,15
Potemník moučný	<i>Tenebrio molitor</i>	Larva	9,87	11,33	14,58	25,91
Potemník brazilský	<i>Zophobas atratus</i>	Larva	17,26	14,86	7,93	22,79

Tab. č. 6: Obsah mastných kyselin ve zkoumaném hmyzu

Zdroj: Bednářová (2013) - vlastní zpracování

3.1.4 Sacharidy

Hmyz obsahuje významné množství vlákniny (polysacharid). Nejčastější formou vlákniny v organismu hmyzu je chitin, nerozpustná vláknina obsažená především v exoskeletu hmyzu (FAO, 2013). Finke (2007) předpokládá, že množství chitinu ve hmyzu je důvodem pro růst komerční poptávky po hmyzu ze strany entomofágů. Množství chitinu v organismu hmyzu se dle jeho analýzy pohybuje v rozmezí od 2,7 do 49,8 mg na kilogram čerstvé váhy hmyzu a v rozmezí 11,6 až 137,2 mg na kilogram sušiny. Chitin, hlavní složka tvrdého exoskeletu hmyzu, je dlouhý řetězcový polymer N-acetyl glukosaminu - derivátu glukosy. Chitin je v mnohém podobný polysacharidové celulóze nacházející se v rostlinách, o které se z velké části tvrdí, že není lidmi stravitelná, třebaže chitináza byla nalezena v lidských žaludečních šťávách (Paoletti et al., 2007). Chitin je také spojován s obranou organismu proti parazitárním infekcím a některým alergickým stavům (Muzzarelli et al., 2001). Lee et al. (2008) uvádí, že chitin působí antivirově, proti vzniku nádorů a, jak bylo uznáno teprve nedávno, má také imunologické působení. Chitin a jeho derivát chitosan (komerčně vyráběn pomocí deacetylace chitinu), mají vlastnosti, které by mohly zlepšit imunitní reakce specifických skupin lidí tím, že přimějí jedince k odolnosti proti patogenním bakteriím a virům. Zároveň existují náznaky toho, že chitin snižuje alergické reakce určitých jednotlivců (Goodman, 1989; Muzzarelli, 2010). Borkovcová et al. (2009) tvrdí, že chitin získaný z exoskeletu jedlého hmyzu působí v lidském organismu obdobně prospěšným způsobem jako celulóza (vláknina), tzn. pročistí střeva. Pro tento účinek je chitin mnohdy přezdíván „živočišnou vlákninou“. Bednářová (2013) analyzovala množství vlákniny v organismu 7 různých druhů jedlého hmyzu. Nejvíce vlákniny obsahovala saranče stěhovavá (*Locusta migratoria*), a to 26,79 g na 100 g sušiny. Nejméně pak obsahoval cvrček stepní (*Gryllus assimilis*) - 8,39 g (tabulka č. 7).

Druh hmyzu	Latinský název	Vývojové stádium	Obsah vlákniny (g / 100 g sušiny)
Bourec morušový	<i>Bombyx mori</i>	Kukla	13,57
Včela medonosná	<i>Apis mellifera</i>	Plod	10,82
Saranče stěhovavá	<i>Locusta migratoria</i>	Nymfa	26,79
Zavíječ voskový	<i>Galleria mellonella</i>	Housenka	21,57
Cvrček stepní	<i>Gryllus assimilis</i>	Nymfa	8,39
Potemník moučný	<i>Tenebrio molitor</i>	Larva	18,42
Potemník brazilský	<i>Zophobas atratus</i>	Larva	17,22

Tab. č. 7: Obsah vlákniny ve zkoumaném hmyzu

Zdroj: Bednářová (2013) - vlastní zpracování

V rámci italského výzkumu aktivity chitinázy v lidském těle však bylo zjištěno, že ve 20 % případů byla chitináza ve střevech neaktivní. Aktivní reakce chitinázy v organismu převládá údajně spíše u obyvatel tropických zemích, kde je konzumace hmyzu jednou z dlouhodobých tradic (Muzzarelli et al., 2001).

3.1.5 Minerály

Minerály hrají důležitou roli v biologických procesech. Kupříkladu housenka *Mopane*, stejně jako jiný jedlý hmyz, je vynikajícím zdrojem železa. Převážná část jedlého hmyzu se pyšní rovnocenným nebo dokonce i vyšším obsahem železa než hovězí maso (Bukkens, 2005). Hovězí obsahuje 6 μg železa na 100 g suché hmotnosti, přičemž množství železa v housence *Mopane* je 31 – 77 μg na 100 g. Dalším druhem hmyzu, který je bohatý na zdroj železa, je kobyłka *Locusta migratoria*. Rozmezí železa této kobyłky se pohybuje, v závislosti na její potravě, mezi 8 až 20 μg na 100 g suché hmotnosti (Oonincx et al., 2010). Jedlý hmyz je bezpochyby hojným zdrojem železa. Jeho začlenění do každodenní stravy, zejména v rozvojových zemích, kde je chudokrevnost velmi rozšířená, by mělo zlepšit hladinu železa v krvi a účinkovat preventivně vůči anémii.



Obr. č. 3: VLEVO: Larva nosatce palmového

VPRAVO: Dospělý jedinec

Zdroj: <http://news.zing.vn/7-loai-thuc-pham-kho-tin-ma-con-nguoi-se-phai-an-post502344.html>,
<https://www.flickr.com/photos/atderrick/4995734922/>

Nedostatek zinku je dalším problémem veřejného zdraví, který by mohl být vylepšen konzumací hmyzu, jakožto, ve většině případů, dobrým zdrojem zinku. Hovězí, pro porovnání, má průměrné hodnoty 12,5 μg na 100 g sušiny, zatímco například larvy nosatce

palmového (*Rhynchophorus phoenicis*) obsahují 26,5 µg zinku na 100 g (FAO, WHO, 2001b; Bukkens, 2005). V neposlední řadě i housenka *Mopane* má významné množství zinku - 14 µg na 100 g sušiny - a můžeme u ní najít i jiné minerály jako je draslík (K), sodík (Na), vápník (Ca), fosfor (P), hořčík (Mg), mangan (Mn) a měď (Cu) (FAO, 2013).

3.1.6 Vitaminy

Vitaminy nezbytné pro stimulaci metabolických procesů a posílení funkce imunitního systému jsou přítomny ve většině jedlého hmyzu (FAO 2013). Hmyz obsahuje vitamin A, D, E, K, dále vitamin C a vitaminy skupiny B (Finke, 2002; Finke, 2004; Xiaoming et al., 2008; Guerrini et al., 2009; Oonincx a Dierenfeld, 2011).

Bukkens (2005) poukázal na celou řadu hmyzu, který obsahuje thiamin (vitamin B1). Tento zásadní vitamin působí hlavně jako koenzym při přeměňování sacharidů na energii. Rozmezí thiaminu v jedlém hmyzu se pohybuje od 0,1 – 4 µg na 100 g sušiny. Riboflavin (vitamin B2), jehož hlavní úlohou je přeměna látek, je zastoupený v jedlém hmyzu ve škále 0,11 – 8,9 µg na 100 µg. Pro srovnání, celozrnný chléb poskytuje na 100 g přibližně 0,16 µg vitaminu B1 a 0,19 µg vitaminu B2. Vitamin B12 se vyskytuje pouze v potravinách živočišného původu a nalézá se v hojné míře v larvách moučného červa druhu *Tenebrio molitor* (0,47 µg na 100 g) a cvrčka domácího (*Acheta domestica*) - 5,4 µg na 100 g u dospělých jedinců a 8,7 µg na 100 g u nymf. Nicméně mnoho dalších druhů, které byly doposud analyzovány, obsahuje pouze zanedbatelné množství tohoto vitaminu (Finke, 2002; Bukkens, 2005). Retinol (vitamin A) a β-karoten (provitamin vitaminu A) byly zjištěny v některých housenkách motýlů. Jmenovitě u druhů *Imbrasia oyemensis*, *Nudaurelia oyemensis*, *Imbrasia truncata* a *Imbrasia epimethea*, které obsahují na 100 g sušiny 32 až 48 µg retinolu a 6,8 - 8,2 µg β-karotenu. U žlutých moučných červů druhu *Tenebrio molitor*, u tzv. „superčervů“ (*Zophobas morio*) a cvrčků domácích (*Acheta domestica*) byla úroveň retinolu na 100 g sušiny nižší než 20 µg a úroveň β-karotenu nižší než 100 µg (Finke, 2002; Bukkens, 2005; Oonincx a Poel, 2011). Všeobecně řečeno, hmyz není nejlepším zdrojem vitaminu A (FAO, 2013). Vitamin E (tokoferoly) obsahují například larvy nosatce (*Rhynchophorus ferrugineus*), které obsahují v průměru 35 µg α-tokoferolu a 9 µg β+

tokoferolu na 100 g sušiny, přičemž doporučený denní příjem této látky je 15 µg (Bukkens, 2005). Množství tokoferolů též nabývá značných hodnot u bource morušového (*Bombyx mori*), jehož kvantum je 9,65 µg na 100 g při sušení mrazem (Tong, Yiu, Liu, 2011).

3.2 Metody zpracování a podmínky skladování jedlého hmyzu

V mnoha koutech světa je hmyz konzumován živý, bezprostředně po odchytu. Pokud není hmyz určen k okamžité spotřebě, ale spíše ke komerčnímu využití, je po očištění přepraven v chladicích boxech na různé vzdálenosti, ať již v rámci tuzemských regionů, nebo do zahraničí, kde je posléze prodáván v různých úpravách, tj. pečený, usušený, usmažený, apod., na tržišťích a obchodech. Prodej hmyzu na tržišťích je obvyklý především pro vybrané oblasti Afriky a Asie (např. Laos, Thajsko), kde je konzumace hmyzu národní tradicí. Co se týká evropského prostředí, kupříkladu v Nizozemsku již byly zaznamenány určité úspěchy v oblasti zpracování a komercializace hmyzu. Larva žlutého moučného červa, menší larvy moučného červa a kobylka stěhovavá jsou tři nejčastější druhy hmyzu nabízené ve specializovaných obchodech, ve kterých je jedlý hmyz pěstován a zpracováván speciálně pro lidskou spotřebu (Ramos-Elorduy, 1998; Borkovcová et al., 2009; FAO, 2013). Pro entomofágy v České republice existují dva hlavní způsoby, jakými si lze hmyz opatřit. Buďto v rámci vlastního chovu, nebo koupí živého či již usmrceného a nějakým způsobem zpracovaného hmyzu z hmyzích farem (Borkovcová et al., 2009). Jednou z farem, která se věnuje pěstování a prodeji jedlého hmyzu je *Thailand Unique*.



Obr. č. 4: Různé druhy vakuově baleného jedlého hmyzu
Zdroj: <http://www.thailandunique.com/edible-insects-bugs>

Jak společnost na stránkách svého e-shopu uvádí, základním produktem této farmy je dehydratovaný a dále upravovaný hmyz, který neobsahuje žádné konzervační ani umělé látky a vše je 100% přírodní. Samozřejmostí je zdravotní nezávadnost. Hmyzí produkty získaly zdravotní certifikáty thajských a amerických úřadů. Farma splňuje přísné požadavky na hygienu a normy postupu práce. Veškeré produkty mají trvanlivost minimálně 6 měsíců a v některých případech je trvanlivost prodloužena na 12 měsíců. Hmyz je zabalen ve vakuových sáčcích s tlustými stěnami (obr. č. 4), nebo v plechovkách (jimehmyz.cz).

Obdobně, jako je tomu v případě většiny ostatních produktů živočišného původu, je hmyz bohatý na živiny (Borkovcová et al., 2009). Živý hmyz ve svém chitinovém exoskeletu vyrábí antibiotické látky, které nedovolují přítomnost jakýchkoliv nebezpečných mikroorganismů, kupříkladu bakterií, plísní či kvasnic (Ramos Elorduy, 1998; FAO, 2013). Vlhkost spolu s teplotami přesahujícími 30 °C a obsahem střevní mikroflóry hmyzu nabízejí vhodné médium pro růst nežádoucích mikroorganismů. Pokud není provedeno správné tepelné opracování a nejsou zajištěny vhodné podmínky skladování, jedlý hmyz se může stát z mikrobiologického hlediska nebezpečným. Z tohoto důvodu musí být hmyz účinně zpracován a řádně skladován (Giaccone, 2005; Klunder et al., 2012).

Klunder et al. (2012) vyhodnotil mikrobiologický obsah čerstvého, zpracovaného, a skladovaného jedlého hmyzu. Studie je zaměřená na moučné červy (*Tenebrio molitor*) a cvrčky (*Acheta domesticus* a *Brachytrupes*), kteří byli podrobeni analýze v různých stádiích zpracování. Výsledky ukázaly, že v čerstvém hmyzu mohou být zjištěny a posléze izolovány různé druhy bakterií čeledi *Enterobacteriaceae*, z nichž většina patří k nepatogenním druhům. Dále se v organismu vyskytují i sporulující bakterie, které představují potencionální riziko pro entomofágy. Sporulující bakterie se do hmyzu s největší pravděpodobností dostávají při kontaktu s půdou (Klunder et al., 2012; Reineke et al., 2012).

Před jakýmkoliv dalším procesem zpracování je vhodné, aby měl hmyz prázdná střeva. Proto je nutné podrobit jej jednodennímu půstu (FAO, 2013). Borkovcová et al. (2009) dokonce uvádí dobu hladovění dva až tři dny.

Hmyz by měl být usmrcen až těsně před přípravou pokrmu či před dalším zpracováním. U hmyzu, obdobně jako u ryb, totiž probíhají rozkladné procesy velice rychle a již pár hodin po usmrcení může organismus jedlého hmyzu obsahovat patogenní mikroorganismy (Borkovcová et al., 2009).

Za obecně nejhumánnější způsob usmrcení jedlého hmyzu je považováno spaření horkou vodou (Borkovcová et al., 2009). Posléze je doporučováno hmyz povařit po dobu 5 minut. Tato metoda zpracování je účinným opatřením pro odstranění enterobakterií, ne však pro eliminaci sporulujících bakterií. Dále je doporučováno skladovat hmyz při teplotě chlazení okolo 5 - 7 °C. Teplota 5 - 7 °C zabraňuje kažení vařeného hmyzu, který je za těchto podmínek stabilní po dobu déle než dva týdny, avšak u čerstvého hmyzu je tento způsob vůči zkáze neefektivní (Klunder et al., 2012).

Klunder et al. (2012) uvádí, že sušení hmyzu nedokáže zabít vesměs žádné druhy enterobakterií, proto se doporučuje hmyz nejdříve pár minut povařit a až poté dát péct. Jedlý hmyz by měl být pečen při teplotě 55 °C po dobu cca 24 hodin až do úplného vysušení. Ramos-Elorduy (1998) tvrdí, že eventuální přítomnost všech patologických mikroorganismů nebo jejich zárodků uvnitř těla hmyzu spolehlivě eliminuje vystavení teplotám nad 230 °C. Další způsob pečení hmyzu, konkrétně moučných červů, popisuje Borkovcová et al. (2009): trouba by měla být předehřátá na cca 300 °C, přičemž této teplotě by měl být jedlý hmyz vystaven po dobu 5 minut. Posléze by měla být teplota v troubě snížena na teplotu 150 °C, a, dle velikosti hmyzu, dosušovat při této teplotě ještě 10 až 20 minut. Borkovcová et al. (2009) dále dodává, že po vychladnutí usušeného hmyzu je vhodné uchovat jej v lednici, v obalu, který lze neprodyšně uzavřít (tj. uzavíratelné sáčky, vakuové krabičky, aj.), aby se zamezilo kontaktu hmyzu s vlhkostí a pachy.

Tradiční metodou pro úpravu hmyzu před prodejem či konzumací je také vysušení na slunci. Toto zpracování je typické například pro housenku *Mopane* (Ramos-Elorduy, 1998; Allotey a Mpuchane, 2003). Pro sušení jedlého hmyzu jsou nejvhodnější suchá a slunná místa. Metoda sušení na slunci je běžným postupem, při kterém dochází k omezení růstu většiny mikroorganismů. Nicméně, ve vlhkých oblastech jsou i housenky sušené na slunci náchylné na vlhkost, která může být stimulem pro narůst nežádoucích mikrobů. Hmyz může být také znovu kontaminován během procesu sušení, a to prostřednictvím vzduchu či půdy. Z tohoto důvodu je nesmírně důležitá správná hygienická praxe během zpracování (Amadi et al., 2005; Giaccone, 2005).

Snížené pH v kyselých-fermentovaných výrobcích zabraňuje růstu potencionálně škodlivých mikroorganismů. Bylo zjištěno, že kyselina mléčná, vznikající během fermentace, účinně působí na inaktivaci *Enterobacteriaceae* a stabilizuje sporoformní bakterie na přijatelnou úroveň, kde nejsou schopny klíčit ani růst. Jedlý hmyz bývá přidáván do

fermentovaných potravinářských výrobků za účelem obohacení výsledného pokrmu o proteiny. Jedná se o funkční zpracování nabízející oboustranné výhody (Klunder et al., 2012).

Další z doporučovaných metod zpracování je lyofilizace, tj. sušení hmyzu mrazem. Tímto způsobem se vytváří bezpečný výrobek s poměrně dlouhou skladovatelností (jeden rok, je-li vhodně skladován na chladném a suchém místě). Mezi další výhody lyofilizace patří udržení nutričních hodnot hmyzu a schopnost produktu znovu absorbovat vodu. Na druhou stranu, určité překážky této metody existují: lyofilizace je drahá a často vede k nežádoucí oxidaci dlouhých řetězců nenasycených mastných kyselin, nebo ke vzniku přičin nelibé vůně a chuti (FAO, 2013).

Jako účinné dekontaminační techniky eliminující aktivitu a vznik sporulujících bakterií se osvědčily vysokotlaká tepelná sterilizace a běžná sterilizace prováděná při teplotě 110 až 150 °C, a samozřejmě pak i dodržení správných podmínek skladování (van Boekel et al., 2010; Klunder et al., 2012). Další úspěšná metoda konzervace je okyselení hmyzu octem. Jednoduché způsoby konzervace, jako je sušení či okyselení bez použití chladničky byly testovány a jsou považovány za slibné (Klunder et al., 2012). Stejně tak sůl udrží hmyz po určitou dobu v dobrém stavu. Řadu dalších současných metod konzervování, jako je použití ultrafialového světla, či různých způsobů balení, je nezbytné ještě důkladně prozkoumat (FAO, 2013).

Tiencheu et al. (2013) tvrdí, že chlad, mražení, elektrické sušení při 50° C a sušení na slunci významně ovlivňuje stabilitu olejů. Zchlazení na méně než 3 dny, zmražení na méně než měsíc a stejně tak vyuzení byly vyhodnoceny jako nejlepší konzervační metody pro uchování obsahu tuků v organismu jedlého hmyzu. Pokud je jedlý olej podroben zahřívání nebo dehydrataci, nastávají změny v přírodním charakteru triacylglycerolů, u nichž klesá úroveň nenasycenosti mastných kyselin, což poukazuje i na změnu nutričních hodnot v oleji.

Čerstvé včelí larvy či kukly je nejlepší zpracovat ihned. Chceme-li je skladovat, lze využít chladničku (max. 24 hodin) či mrazničku (dlouhodobě). Taktéž lze larvy sušit, stejně jako jiné maso. V průmyslovém měřítku se stejně jako u mateří kašičky nabízí lyofilizace, to jest sušení při hlubokém zmražení. Vařené nebo smažené včelí maso spotřebujeme během 24 hodin. Uzení, zavařování a nakládání do octa či alkoholu je též možné (vcelky.cz).

Při výběru vhodného způsobu konzervace je důležité zvážit určitá hlediska, tj. v první řadě vyhodnotit schopnost prodloužit životnost hmyzu v porovnání s náklady vynaloženými

na tento proces, který je aktuální především v případě, kdy musí být zpracováno velké množství hmyzu současně. Dále zhodnotit, do jaké míry zvolený konzervační proces zachovává nutriční hodnotu hmyzu a v neposlední řadě zvážit i kulturní přijatelnost vybraného způsobu zpracování (FAO, 2013).

Pro veškerý hmyz, ať již získaný z volné přírody či chovaný na domácích farmách je nezbytné zajistit správné zpracování, manipulaci, a skladování, aby se zabránilo kontaminaci a znehodnocení a zajistila se bezpečná potravina nebo krmivo (Rumpold a Schlüter, 2012). Pro oblasti, kde je hmyz v různých úpravách prodáván na tržištích, je podstatné dodržování hygienické manipulace s jedlým hmyzem ve všech fázích procesu zpracování, aby se zabránilo potencionálnímu riziku opětovného znečištění a křížové kontaminaci. I na úrovni domácností by čerstvý hmyz měl být připraven hygienicky a dostatečně tepelně opračován, aby vznikl mikrobiologicky bezpečný potravinářský výrobek (Klunder et al., 2012). Aby byla zajištěna náležitá bezpečnost zdraví entomofágů, zpracování a skladování hmyzu a produktů z hmyzu by mělo splňovat zdravotní a hygienické předpisy stejně tak, jako je tomu v případě všech ostatních potravin a krmiv (FAO, 2013).

3.3 Senzorické vlastnosti jedlého hmyzu

Kromě nutričních hodnot je důležitým kritériem doprovázejícím konzumaci jedlého hmyzu i jeho chuť, textura, vůně a vzhled. Chuť hmyzu je velice rozmanitá. Je dána především feromony vyskytujícími se na povrchu organismu hmyzu (Ramos-Elorduy, 1998). Chuť stejně tak závisí na prostředí, ve kterém hmyz žije a na potravě, kterou se živí (pečivo, ovesné vločky, ovoce a zelenina, tráva, listí, vařené brambory či vařená rýže, nebo i krmné granule a směsi). Výběr potravy též může být uzpůsoben podle toho, jak si přejeme, aby hmyz chutnal. Jsou žádoucí kupříkladu bylinky – majoránka, máta, bazalka a rozmarýn, po nichž hmyz převezme nádech určité chuti. Dále ovoce – banány, jablka, hrušky, či pomeranče, jestliže zamýšlíme použít hmyz do sladkých pokrmů. Potom je vhodná i čistá tráva a různá zelenina – mrkev, zelí, paprika, kedlubna, cuketa, atd. Chuť hmyzu je v daném případě slaná, masová (Borkovcová et al., 2009). Borkovcová et al. (2009) dále uvádí: „Vrcholem stylu je dávat cvrčkům banánovým (syn. cvrček stepní, *Gryllus assimilis*) banány.“ Přehled chutí u vybraného jedlého hmyzu je v tab. č. 8.

JEDLÝ HMYZ	CHUŤ
<i>Mravenci, termiti</i>	sladká, téměř oříšková
<i>Cvrčci, sarančata a kobylky</i>	jemná, nevýrazná
<i>Larvy potemníků</i>	celozrné pečivo
<i>Larvy dřevokazných brouků</i>	tlustý bůček i s kůží
<i>Larvy vážek a jiného vodního hmyzu</i>	ryba
<i>Housenky drvopleni</i>	kořená
<i>Housenky jezinek</i>	sleď
<i>Housenky soumráčníků</i>	škvarky
<i>Housenky šedavek</i>	syrová kukuřice
<i>Vroubenky</i>	velmi sladká tykev
<i>Červci</i>	smažené brambory
<i>Švábi</i>	houby
<i>Kněžice</i>	jablka
<i>Křisi</i>	od avokáda po smažené cukiny
<i>Vosy, vosíci</i>	borovicová (piniová) semena
<i>Imága klešťanek</i>	ryba (když jsou čerstvé), krevety (když jsou sušené)
<i>Vajíčka klešťanek a znakoplavek</i>	kaviár

Tab. č. 8: Přehled chutí vybraného jedlého hmyzu

Zdroj: Ramos-Elorduy (1998); Borkovcová et al. (2009) – vlastní zpracování

Pokud se hmyz opere či spaří, nemá prakticky žádnou vlastní chuť, jelikož feromony se opláchnutím smyjí. Hmyz přebírá během kulinářských úprav chuť nejrůznějších přísad,

prostřednictvím kterých jej lze upravit prakticky jakkoliv. Aby si hmyz zachoval své chuťové vlastnosti, je nezbytné ho připravovat živý a neomytý a tak to i většina entomofágů světa praktikuje (Borkovcová et al., 2009).

Vnější kostra hmyzu má velký vliv na texturu. Hmyz je křupavý a zvuky vyvolané kousacími/žvýkacími pohyby čelistí připomínají chroupání sušenek či preclíků (Ramos-Elorduy, 1998). Kukly, larvy (housesky) a nymfy jsou nejčastěji konzumovanými stádii jedlého hmyzu, jelikož obsahují minimální množství chitinu, proto při rozměňování v ústech tolik nekřupou a jsou pro lidský organismus lépe stravitelné. Kupříkladu larvy jsou čerstvě po svlečení měkké, bílé a velice chutné, protože ještě nemají zcela zatvrdlý exoskelet. Oproti tomu tmavší až černí jedinci, kteří se chystají svlékat, nejsou moc preferováni. Obsahují velké množství chitinu, díky němuž jsou tvrdí a těžce stravitelní (Borkovcová et al., 2009).

Převážná část většiny druhů hmyzu je kvůli exoskeletu téměř bez vůně, takže hmyzí pach má vliv na chutnost jen minimální (Ramos-Elorduy, 1998).

Hezká barva pokaždé nemusí znamenat lahodnost hmyzu. V průběhu tepelné úpravy se zbarvení hmyzu z původních odstínů šedé, modré, zelené či hnědé promění obvykle na červenou (Ramos-Elorduy, 1998). Jestliže se hmyz, který obsahuje značné množství tuku, kupříkladu larvy dřevokazného hmyzu, nepřipraví ihned po sběru, jeho tuk při kontaktu s kyslíkem oxiduje a zčerná. Chuť larev se sice prakticky nezmění, ale po vizuální stránce nebude hmyz příliš vábný (Ramos-Elorduy, 1998). Stejný efekt - zčernání - má i špatný proces sušení. Správně usušený hmyz je zlatavý nebo hnědý a lze jej snadno rozmačkat v prstech (Borkovcová et al., 2009).

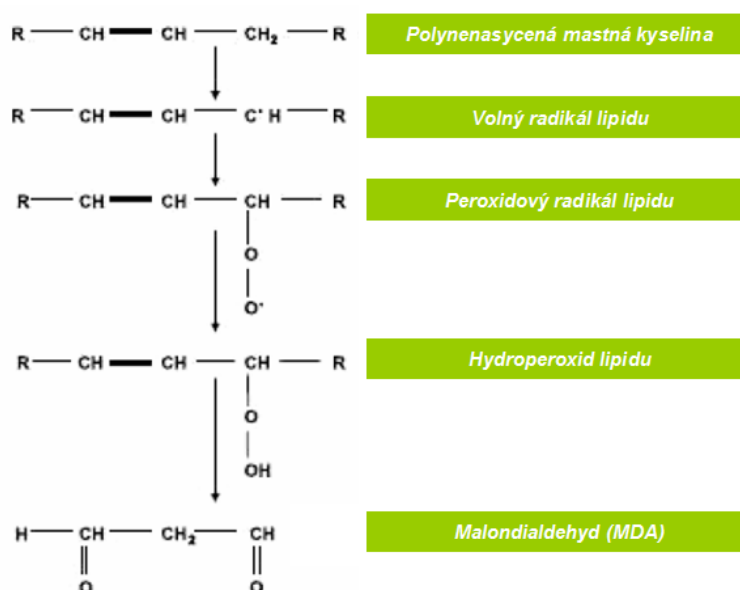


Obr. č. 5: Hmyzí sushi či speciální posyp na dezertu? Ve světě hmyzu a gastronomii není nic nemožné

Zdroj: <http://cdn.c.photoshelter.com/img-get/I0000X7W7h8J5gc8/s/900/720/Japanese-insect-eating-couple-024.jpg>, http://economia.terra.com.mx/imgauto/619_comida_in.jpg

3.4 Thiobarbiturové číslo

Během zpracování či skladování může v potravinách nastávat oxidace lipidů, tj. žluknutí tuků. Oxidační žluknutí je nežádoucí jev, který je příčinou snížení sensorické i nutriční jakosti tuků. Původem nepříznivé chuti a pachu jsou zejména přítomné aldehydy a ketony. Mimoto se kumulují v tucích jako meziprodukty oxidace také peroxidy a nízkomolekulární mastné kyseliny (Pipek et al., 1991; Čapek et al., 2008; Velíšek a Hajšlová, 2009). Na oxidaci lipidů má vliv řada okolností. Nejčastější faktory urychlující žluknutí jsou teplota, UV-záření, světlo, přítomnost volných radikálů a kovů (Pipek, 1998). Míra oxidace lipidů se určuje pomocí metody nazývané thiobarbiturové číslo, která stanovuje obsah malondialdehydu vzniklého oxidací triacylglycerolu (Čapek et al., 2008). Podrobné schéma mechanismu vzniku malondialdehydu je na obr. č. 6.

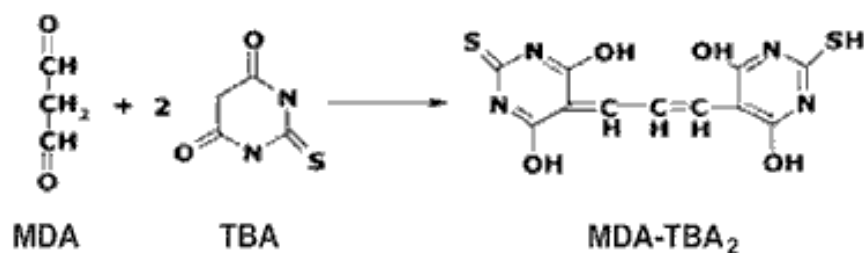


Obr. č. 6: Schéma jednotlivých kroků vzniku MDA z polyenových mastných kyselin

Zdroj: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422009000100032

- vlastní zpracování

Malondialdehyd je nejrozšířenější aldehyd, jakožto degradační produkt polyenových mastných kyselin a je klíčovým markerem pro oxidační stres (Sim et al., 2003). Malondialdehyd se ze vzorku izoluje prostřednictvím destilace (Saláková a Bořilová, 2014). Thiobarbiturové číslo se analyzuje na základě intenzity růžového zbarvení reakčních produktů - kyseliny 2-thiobarbiturové a malondialdehydu (obr. č. 7).



Obr. č. 7: Reakcí malondialdehydu (MDA) s 2 molekulami kyseliny thiobarbiturové (TBA) vzniká MDA-TBA_2 , což je doprovázeno růžovým zbarvením

Zdroj: http://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S0365-66912008000600006&script=sci_arttext

Intenzita zbarvení barevného komplexu se měří spektrofotometricky (Saláková a Bořilová, 2014). Malondialdehyd je produkt oxidace peroxidů, který se tvoří už na začátku žluknutí. Proto určování thiobarbiturového čísla náleží k monitorování počátečních stádií žluknutí tuku či potravin tuk zahrnující, jsou-li v nich obsažené polyenové mastné kyseliny (Davídek, 1992; Baião a Lara, 2005). Měření malondialdehydu je osvědčenou a nejčastěji používanou metodou, která slouží k odhadnutí oxidačního stresu (Sim et al., 2003). Nicméně autoři Baião a Lara (2005) poukazují i na nevýhody této metody. K oxidaci může dojít dříve než k produkci malondialdehydu. Kromě toho malondialdehyd je pouze jedním z několika produktů dedukovaných z rozkladu peroxidů.

4 Materiál a metody

4.1 Materiál

Pro praktickou část diplomové práce byly použity vzorky larválního stádia jedlého hmyzu potemník brazilský (*Zophobas morio*). Později byly získány i starší vzorky larválního stádia potemníka moučného (*Tenebrio molitor*), potemníka brazilského (*Zophobas morio*) a zavíječe voskového (*Galleria mellonella*) a starší exempláře dospělých jedinců cvrčka stepního (*Gryllus assimillis*) a saranče stěhovavé (*Locusta migratoria*). Veškeré vzorky jedlého hmyzu byly převzaty od paní doc. Ing. Marie Borkovcové, Ph.D. z Mendelovy univerzity v Brně, která testovací materiál získala od soukromého chovatele.

Co se týká chovu hmyzu, jedná se o know-how chovatele. Znamé je pouze složení krmné dávky, která byla jedlému hmyzu podávána v době 14-ti dnů před převzetím paní docentkou Borkovcovou. Hmyz byl krměn otrubami a zbytky zeleniny z hypermarketů, tj. chrásky z mrkve a kedluben, okrajovými listy zelí a kapusty, atp.

Aby živý hmyz vyhladověl a kompletně se vyprázdnil, byl po převzetí paní docentkou ponechán v její kanceláři po dobu 3 dnů při stálé pokojové teplotě cca 25 °C. Následně byl hmyz usmrcen v troubě rozpálené na 160 °C a poté, při teplotě 70 °C, usušen v horkovzdušné troubě.

4.1.1 *Zophobas morio*

Vzorky hmyzu *Zophobas morio* byly v říjnu 2014, ihned po usmrcení a usušení, převezeny na Českou zemědělskou univerzitu v Praze, kde se s nimi obratem začalo pracovat. *Zophobas morio* byl dlouhodobě skladován ve třech odlišných skladovacích podmínkách - v lednici při teplotě cca 5-6 °C, v mrazicím boxu s teplotou okolo -20 °C a za pokojové teploty v termostatu nastaveném na cca 25 °C. Dle Nierostkové (2015) byly na počátku skladování, tj. u výchozího vzorku *Zophobas morio*, charakterizovány následující specifikace: sušina na infračervených váhách, obsah tuku a profil mastných kyselin. U daného vzorku *Zophobas morio* bylo na infračervených váhách průměrně stanoveno

94,44 % sušiny. Při měření obsahu tuku dle Soxhleta bylo zjištěno průměrné množství 33,71 % tuku. Zároveň byl stanoven i profil mastných kyselin, kde bylo zjištěno, že vzorek *Zophobas morio* 10/2014 z počátku skladování obsahuje hojné množství olejové kyseliny (31,89 %), stejně tak má značný obsah palmitové kyseliny (31,78 %), dále obsahuje linolovou kyselinu (22,98 %) a v neposlední řadě i stearovou kyselinu (8,02 %). Podrobný profil mastných kyselin k nahlédnutí v příloze č. 2 umístěné na konci diplomové práce.

Všechny vzorky *Zophobas morio* byly skladovány od října 2014 v celku (nehomogenizované), při všech skladovacích podmínkách až do ledna 2015, kdy se za účelem podpory urychlení oxidace (která nebyla do té doby měřením thiobarbiturového čísla indikována) polovina ze skladovaných vzorků homogenizovala, a dále se obě poloviny vzorků skladovaly až do března 2015 v termostatu a lednici.

Během práce v laboratoři byl pach hmyzu subjektivně hodnocen obecně jako lehce štiplavý, blíže přirovnán k pachu sušených hub, droždí či rybí moučky.

4.1.2 Dlouhodobě skladované vzorky různých druhů jedlého hmyzu

Na Českou zemědělskou univerzitu v Praze byly od paní doc. Borkovcové v prosinci 2014 doručeny další vzorky, které ležely od období jejich vzniku (uvedeny níže) v brněnské kanceláři, kde je teplota po celý rok udržována minimálně při teplotě 25 °C a v letních měsících vzrůstá až k 35 °C. Homogenizované vzorky se skladovaly v termostatu s nastavením 25 °C až do data měření. Vzorky jedlého hmyzu a období jejich vzniku jsou následující:

- *Gryllus assimillis* - 2/2014 a 6/2014;
- *Tenebrio molitor* - 8/2013;
- *Zophobas morio* - 10/2012;
- *Galleria mellonella* - 6/2013 a 4/2014;
- *Locusta migratoria* - 5/2013 a 4/2014.

Hodnocení pachu starších vzorků jedlého hmyzu je následující:

- *Gryllus assimillis* - 2/2014 - zemitá vůně, jako prach;

- 6/2014 - zemitá vůně, jako prach, psí granule;
- *Tenebrio molitor* - 8/2013 - jako houby, hříbky, sladké koření, pravé kakao;
- *Zophobas morio* - 10/2012 - lehce štiplavá vůně, jako sušené houby;
- *Galleria mellonella* - 6/2013 - oříšky, pistácie;
- 4/2014 - „méně voňavé“ oříšky;
- *Locusta migratoria* - 5/2013 - koření;
- 4/2014 - koření, sladší pach jako čokoláda.

4.2 Metody

4.2.1 Thiobarbiturové číslo

Thiobarbiturové číslo (TBN) bylo měřeno u výchozího vzorku *Zophobas morio*, tj. z počátku skladování, dále u vzorků skladovaných při pokojové teplotě (termostat), v lednici a v mrazicím boxu. TBN bylo měřeno i v případě dlouhodobě skladovaných různých druhů jedlého hmyzu.

Měření *Zophobas morio* probíhalo od října 2014 do března 2015. Vzorky skladované v termostatu byly od října měřeny nejprve dvakrát v týdnu, později se časový interval měření prodloužil na měření jednou za dva týdny a od poloviny ledna (včetně) bylo měření prováděno po jednom měsíci. Vzorky skladované v lednici byly od listopadu měřeny zprvu s odstupem dvou týdnů, později s časovým intervalem jednoho měsíce. Jak již bylo uvedeno výše - polovina materiálu ze skladovaných vzorků byla od ledna 2015 za účelem podpory oxidace během experimentu homogenizována a nadále skladována v termostatu a v lednici, stejně tak jako druhá polovina celých vzorků *Zophobas morio*, až do března 2015. Vzorky skladované v mrazáku byly změřeny v závěru měření, tj. v březnu.

Přesná data časových intervalů jsou zaznamenána v tabulkové formě ve výsledcích - *Zophobas morio* (10/2014) - Obsah malondialdehydu ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$).

Dlouhodobě skladované různé druhy jedlého hmyzu se vždy měřily po dvou sériích vzorků s výjimkou vzorku *Locusta migratoria* 5/2013, od které bylo množství vzorku jen na jednu sérii měření.

Pro měření hodnot thiobarbiturového čísla, tj. obsahu malondialdehydu, bylo zapotřebí cca 2 g homogenizovaného vzorku jedlého hmyzu, k němuž se do destilační baňky přidalo 97,5 ml destilované vody, 2,5 ml kyseliny chlorovodíkové zředěné vodou v poměru 1:2 a několik gramů chloridu sodného, který zabraňuje pění vzorku. Následovala destilace vodní parou do té doby, než bylo získáno 50 ml destilátu. Posléze byl destilát promíchán a odpipetovalo se 5 ml do zábrusové zkumavky, kam bylo přidáno 5 ml 0,02 mol.l⁻¹ kyseliny thiobarbiturové v 90% kyselině octové. Následně byly zkumavky uzavřeny zátkou, pečlivě obaleny hliníkovou folií a vloženy do kádinky s vodou, kde se zahřívaly po dobu 35 minut od začátku varu. Poté následovalo ochlazení ve studené vodní lázni po dobu 10 minut. Dále byla měřena absorbance vzorků v kyvetách při vlnové délce 538 nm, spektrofotometrem UV-2900 PC výrobní zn. Hitachi, proti slepému pokusu. Hodnota thiobarbiturového čísla, čímž se rozumí obsah malondialdehydu (mg.g⁻¹), byla vypočtena z následujícího vztahu:

$$C_{MA} = 7,8 \cdot A \cdot b^{-1} \cdot n^{-1}$$

přičemž: C_{MA} = obsah malondialdehydu (mg.g⁻¹)

A = absorbance

b = tloušťka kyvety (10 mm)

n = přesná navážka vzorku (g).

Ulrichová (2014)

4.2.2 Senzorické hodnocení jedlého hmyzu

V rámci senzorického hodnocení jedlého hmyzu byl použit formulář (uveden na konci diplomové práce v příloze), který obsahoval tři otázky týkající se vůně jednotlivých vzorků jedlého hmyzu – 1. Celková příjemnost vůně, 2. Celková intenzita vůně, 3. Intenzita žluklé vůně. Hodnotící panel měl za úkol předložené vzorky očichat a ohodnotit na grafické lineární orientované nestrukturované stupnici. Výsledky jsou vyjádřeny v procentech stupnice. Hodnotící panel byl pro všechny vzorky stejný a neměl speciální školení na konkrétní komoditu tj. jedlý hmyz. Hodnotící panel tvořily pouze ženy s dobrým zdravotním

stavem (bez rýmy apod.). Celkem bylo předloženo hodnotitelkám 11 vzorků jedlého hmyzu, pod kódovaným označením, v homogenizované formě na Petriho miskách. Jmenovitě to byly vzorky *Zophobas morio* 10/2014 – pokojová teplota, lednice, mrazicí box, jenž byl brán jako standard pro *Zophobas morio*, dále všechny dlouhodobě skladované vzorky tj. *Gryllus assimillis* - 2/2014 a 6/2014, *Tenebrio molitor* – 8/2013, *Zophobas morio* - 10/2012, *Galleria mellonella* – 6/2013 a 4/2014, *Locusta migratoria* – 5/2013 a 4/2014. Senzorické hodnocení bylo uskutečněno na konci skladování jedlého hmyzu, tj. v březnu 2015.

4.2.3 Stanovení sušiny na infračervených vahách

Pro stanovení sušiny na infračervených vahách byla použita navážka cca 0,5 g homogenizovaného vzorku *Zophobas morio* 10/2014 skladovaného za pokojové teploty a v chladicím zařízení. Sušení probíhalo za teploty 105 °C až do konstantního úbytku, kdy byl úbytek menší než 2 mg za 1 minutu. Metoda infračerveného sušení, na vahách s infračerveným zářičem Precisa HA 300, probíhala pomocí programu pro uzeniny. Měření probíhalo na konci skladování jedlého hmyzu *Zophobas morio*, tj. v březnu 2015. Oba vzorky byly proměřeny dvakrát.

4.2.4 Extrakce tuku dle Soxhleta

Pro stanovení obsahu tuku byla použita navážka cca 5 g homogenizovaného vzorku *Zophobas morio* 10/2014 skladovaného za pokojové teploty a v chladicím zařízení. Tuk byl stanoven gravimetricky po extrakci ze vzorku pomocí petroletheru. Extrakce tuku ze vzorku probíhala na přístroji Soxtherm Multistat/SX PC, Gerhardt v programu studená fáze při teplotě 70 °C po dobu 120 minut. Každý vzorek byl proměřen dvakrát.

4.2.5 Stanovení profilu mastných kyselin

Esterifikace vzorku tuku, při navážce cca 0,5g, byla provedena 0,25M methanolickým KOH dle normy ISO 15884 – IDF 182:2002. Zastoupení a obsah mastných kyselin ve vzorku byl proměřen na plynovém chromatografu (GC) značky Agilent 7890 GC s plamenoionizačním detektorem (FID). Teplota detektoru byla 250 °C, teplota nástřiku byla 225 °C. Nástřik byl se split poměrem 1:20. Teplotní program byl nastaven na 70 °C s dobou výdrže 2 minuty, poté teplota vzrůstala o 5 °C za minutu až do teploty 225 °C s dobou výdrže 9 minut a dále byl gradient 5 °C/min na teplotu 240 °C s výdrží 15 minut. Analýza trvala 60 minut. Použitým nosným plynem bylo helium, jehož průtok byl nastaven na 1,2 ml/min. Použitá kolona pro plynovou chromatografii byla Rt[®] - 2560 o rozměrech 100 m x 0,25 mm x 0,2 μm. Měřeny byly 2 vzorky *Zophobas morio* ze skladovacích podmínek v termostatu a lednici. Měření probíhalo na konci skladování vzorků, tj. březen 2015. Výsledky profilu mastných kyselin byly vyjádřeny metodou vnitřní normalizace a identifikovány prostřednictvím standardu FAME MIX.

4.2.6 Vyhodnocení výsledků

Výsledné údaje byly zpracovány pomocí softwaru MS Office Excel 2003.

5 Výsledky

5.1 Thiobarbiturové číslo – obsah malondialdehydu

Všechny stanovované vzorky vykazovaly velmi nízkou intenzitu růžového zbarvení reakčních produktů - kyseliny 2-thiobarbiturové a malondialdehydu. Intenzita zbarvení barevného komplexu byla měřena spektrofotometricky a následně byl vypočten obsah malondialdehydu. Podrobné výsledky obsahu malondialdehydu ve vzorcích uvedeny níže.

5.1.1 Zophobas morio

Jeden ze tří měřených vzorků *Zophobas morio* z počátku skladování obsahoval 0,018 mg.g⁻¹ malondialdehydu. V případě dvou zbývajících vzorků byla hodnota malondialdehydu pod limitem detekce. Podrobnější informace jsou v tab. č. 9.

Latinský název jedlého hmyzu	Stáří vzorku	Skladovací podmínky	Datum měření	Naměřené hodnoty
<i>Zophobas morio</i>	10/2014	Výchozí	24.10.	< 0,001 < 0,001 0,018

Tab. č. 9: *Zophobas morio* (10/2014) - Obsah malondialdehydu (mg.g⁻¹) - vzorek z počátku skladování

Bylo analyzováno celkem 30 vzorků *Zophobas morio* v celku skladovaných při pokojové teplotě. Nejvyšší naměřená hodnota malondialdehydu byla 0,029 mg.g⁻¹. Naopak nejnižší naměřená hodnota malondialdehydu byla 0,001 mg.g⁻¹. V případě 12 vzorků byla hodnota malondialdehydu pod limitem detekce. Podrobnější informace jsou v tab. č. 10.

Latinský název jedlého hmyzu	Stáří vzorku	Skladovací podmínky	Datum měření	Naměřené hodnoty	Průměr	Směrodatná odchylka
<i>Zophobas morio</i>	10/2014	Pokožová teplota (celý zophobas)	27.10.	0,004	X	X
				0,029		
				< 0,001		
			31.10.	0,028	0,021	0,007
				0,025		
				0,011		
			3.11.	0,009	0,008	0,003
				0,012		
				0,004		
			7.11.	< 0,001	X	X
				< 0,001		
				0,006		
			21.11.	< 0,001	X	X
				< 0,001		
				< 0,001		
5.12.	< 0,001	X	X			
	< 0,001					
	< 0,001					
19.12.	0,002	0,003	0,001			
	0,004					
	0,002					
16.1.	0,009	0,013	0,007			
	0,023					
	0,006					
13.2.	Pokožová teplota (celý zophobas)	0,005	0,004	0,002		
		0,001				
		0,005				
13.3.	Pokožová teplota (celý zophobas)	< 0,001	X	X		
		< 0,001				
		< 0,001				

Tab. č. 10: *Zophobas morio* (10/2014) - Obsah malondialdehydu ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$) - Pokožová teplota (vzorek v celku)

Bylo analyzováno celkem 6 homogenizovaných vzorků *Zophobas morio* skladovaných při pokojové teplotě. Nejvyšší naměřená hodnota malondialdehydu byla $0,025 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$. Nejnižší naměřená hodnota malondialdehydu byla $0,018 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$. V případě 3 vzorků byla hodnota malondialdehydu pod limitem detekce. Podrobnější informace jsou v tab. č. 11.

Latinský název jedlého hmyzu	Stáří vzorku	Skladovací podmínky	Datum měření	Naměřené hodnoty	Průměr	Směrodatná odchylka
<i>Zophobas morio</i>	10/2014	Pokožová teplota (homogenizovaný vzorek)	13.2.	0,025	0,021	0,003
				0,020		
				0,018		
		Pokožová teplota (homogenizovaný vzorek)	13.3.	< 0,001	X	X
				< 0,001		
		< 0,001				

Tab. č. 11: *Zophobas morio* (10/2014) - Obsah malondialdehydu ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$) - Pokožová teplota (homogenizováno)

Bylo analyzováno celkem 18 vzorků *Zophobas morio* v celku skladovaných v chladicím zařízení. Nejvyšší naměřená hodnota malondialdehydu byla $0,023 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$. Naopak nejnižší

naměřená hodnota malondialdehydu byla 0,001 mg.g⁻¹. V případě 9 vzorků byla hodnota malondialdehydu pod limitem detekce. Podrobnější informace jsou v tab. č. 12.

Latinský název jedlého hmyzu	Stáří vzorku	Skladovací podmínky	Datum měření	Naměřené hodnoty	Průměr	Směrodatná odchylka
<i>Zophobas morio</i>	10/2014	Chladicí zařízení (celý zophobas)	21.11.	0,007	0,006	0,001
				0,006		
				0,005		
			5.12.	< 0,001	X	X
				< 0,001		
				< 0,001		
		19.12.	0,001	0,002	0,002	
			0,005			
			0,001			
		16.1.	0,004	0,011	0,008	
0,023						
0,007						
Chladicí zařízení (celý zophobas)	13.2.	< 0,001	X	X		
Chladicí zařízení (celý zophobas)	13.3.	< 0,001	X	X		

Tab. č. 12: *Zophobas morio* (10/2014) - Obsah malondialdehydu (mg.g⁻¹) - Chladicí zařízení (vzorek v celku)

Bylo analyzováno celkem 6 homogenizovaných vzorků *Zophobas morio* skladovaných v chladicím zařízení. Nejvyšší naměřená hodnota malondialdehydu byla 0,002 mg.g⁻¹. Nejnižší naměřená hodnota malondialdehydu byla 0,001 mg.g⁻¹. V případě 2 vzorků byla hodnota malondialdehydu pod limitem detekce. Podrobnější informace jsou v tab. č. 13.

Latinský název jedlého hmyzu	Stáří vzorku	Skladovací podmínky	Datum měření	Naměřené hodnoty	Průměr	Směrodatná odchylka
<i>Zophobas morio</i>	10/2014	Chladicí zařízení (homogenizovaný vzorek)	13.2.	0,001	0,001	0,000
				0,002		
				0,001		
		Chladicí zařízení (homogenizovaný vzorek)	13.3.	< 0,001	X	X
				< 0,001		

Tab. č. 13: *Zophobas morio* (10/2014) - Obsah malondialdehydu (mg.g⁻¹) - Chladicí zařízení (homogenizováno)

Byly analyzovány 3 homogenizované vzorky *Zophobas morio* skladované v mrazicím boxu. Nejvyšší naměřená hodnota malondialdehydu byla 0,012 mg.g⁻¹. Nejnižší naměřená hodnota malondialdehydu byla 0,003 mg.g⁻¹. V případě 1 vzorku byla hodnota malondialdehydu pod limitem detekce. Podrobnější informace jsou v tab. č. 14.

Latinský název jedlého hmyzu	Stáří vzorku	Skladovací podmínky	Datum měření	Naměřené hodnoty
<i>Zophobas morio</i>	10/2014	Mrazák (homogenizovaný vzorek)	9.3.	0,003
				< 0,001
				0,012

Tab. č. 14: *Zophobas morio* (10/2014) - Obsah malondialdehydu (mg.g⁻¹) - Mrazák (homogenizováno)

5.1.2 Starší vzorky jedlého hmyzu

Bylo analyzováno celkem 6 starších homogenizovaných vzorků *Zophobas morio* skladovaných při pokojové teplotě. Nejvyšší naměřená hodnota malondialdehydu byla 0,021 mg.g⁻¹. Naopak nejnižší naměřená hodnota malondialdehydu byla 0,002 mg.g⁻¹. Podrobnější informace jsou v tab. č. 15.

Latinský název jedlého hmyzu	Stáří vzorku	Skladovací podmínky	Datum měření	Naměřené hodnoty	Průměr	Směrodatná odchylka
<i>Zophobas morio</i>	10/2012	Pokojová teplota (homogenizovaný vzorek)	19.12.2014	0,005	0,003	0,001
				0,002		
				0,002		
			16.1.2015	0,006	0,011	0,007
				0,021		
				0,005		

Tab. č. 15: *Zophobas morio* 10/2012 - Obsah malondialdehydu (mg.g⁻¹) - Pokojová teplota (homogenizováno), dlouhodobě skladovaný vzorek

Bylo analyzováno celkem 9 starších homogenizovaných vzorků *Locusta migratoria* skladovaných při pokojové teplotě. Nejvyšší naměřená hodnota malondialdehydu byla 0,019 mg.g⁻¹. Nejnižší naměřená hodnota malondialdehydu byla 0,001 mg.g⁻¹. V případě 3 vzorků byla hodnota malondialdehydu pod limitem detekce. Podrobnější informace jsou v tab. č. 16.

Latinský název jedlého hmyzu	Stáří vzorku	Skladovací podmínky	Datum měření	Naměřené hodnoty	Průměr	Směrodatná odchylka
<i>Locusta migratoria</i>	5/2013	Pokojová teplota (homogenizovaný vzorek)	12.12.2014	0,012	0,016	0,003
				0,016		
				0,019		
	4/2014		23.2.2015	0,001	X	X
				0,001		
				< 0,001		
				0,001		
				< 0,001		
				< 0,001		

Tab. č. 16: *Locusta migratoria* 5/2013 & 4/2014 - Obsah malondialdehydu (mg.g⁻¹) - Pokojová teplota (homogenizováno), dlouhodobě skladovaný vzorek

Bylo analyzováno celkem 12 starších homogenizovaných vzorků *Galleria mellonella* skladovaných při pokojové teplotě. Nejvyšší naměřená hodnota malondialdehydu byla 0,002 mg.g⁻¹. Naopak nejnižší naměřená hodnota malondialdehydu byla 0,001 mg.g⁻¹. V případě 2 vzorků byla hodnota malondialdehydu pod limitem detekce. Podrobnější informace jsou v tab. č. 17.

Latinský název jedlého hmyzu	Stáří vzorku	Skladovací podmínky	Datum měření	Naměřené hodnoty	Průměr	Směrodatná odchylka		
<i>Galleria mellonella</i>	6/2013	Pokožová teplota (homogenizovaný vzorek)	23.2.2015	< 0,001	X	X		
				< 0,001				
				0,001				
			23.2.2015	0,001			0,001	0,000
				0,001				
				0,001				
	23.2.2015		0,002	0,002	0,000			
			0,002					
			0,002					
	23.2.2015		0,002			0,002	0,000	
			0,002					
			0,002					

Tab. č. 17: *Galleria mellonella* 6/2013 & 4/2014 - Obsah malondialdehydu ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$) - Pokožová teplota (homogenizováno), dlouhodobě skladovaný vzorek

Bylo analyzováno celkem 12 starších homogenizovaných vzorků *Gryllus assimillis* skladovaných při pokojové teplotě. Nejvyšší naměřená hodnota malondialdehydu byla $0,002 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$. Naopak nejnižší naměřená hodnota malondialdehydu byla $0,001 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$. V případě rovné poloviny z analyzovaných vzorků byla hodnota malondialdehydu pod limitem detekce. Podrobnější informace jsou v tab. č. 18.

Latinský název jedlého hmyzu	Stáří vzorku	Skladovací podmínky	Datum měření	Naměřené hodnoty	Průměr	Směrodatná odchylka		
<i>Gryllus assimillis</i>	2/2014	Pokožová teplota (homogenizovaný vzorek)	2.3.2015	< 0,001	X	X		
				< 0,001				
				0,001				
			2.3.2015	0,001			0,001	0,000
				0,001				
				0,002				
	2.3.2015		< 0,001	X	X			
			< 0,001					
	2.3.2015		0,001			X		
			< 0,001					
2.3.2015	0,001	X	X					
	< 0,001							

Tab. č. 18: *Gryllus assimillis* 2/2014 & 6/2014 - Obsah malondialdehydu ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$) - Pokožová teplota (homogenizováno), dlouhodobě skladovaný vzorek

Bylo analyzováno celkem 6 starších homogenizovaných vzorků *Tenebrio molitor* skladovaných při pokojové teplotě. Nejvyšší naměřená hodnota malondialdehydu byla v daném případě zároveň i tou nejnižší, tj. $0,001 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$. V případě 4 vzorků byla hodnota malondialdehydu pod limitem detekce. Podrobnější informace jsou v tab. č. 19.

Latinský název jedlého hmyzu	Stáří vzorku	Skladovací podmínky	Datum měření	Naměřené hodnoty
<i>Tenebrio molitor</i>	8/2013	Pokožová teplota (homogenizovaný vzorek)	9.3.2015	< 0,001
				< 0,001
			9.3.2015	0,001
				< 0,001

Tab. č. 19: *Tenebrio molitor* 8/2013 - Obsah malondialdehydu (mg.g^{-1}) - Pokožová teplota (homogenizováno), dlouhodobě skladovaný vzorek

5.2 Senzorické hodnocení jedlého hmyzu

Výsledky sensorického hodnocení jedlého hmyzu mají velký rozptyl hodnot, přestože se jednalo o školené hodnotitelky, které absolvovaly předmět Sensorická analýza zemědělských produktů.

5.2.1 Celková příjemnost vůně analyzovaných vzorků jedlého hmyzu

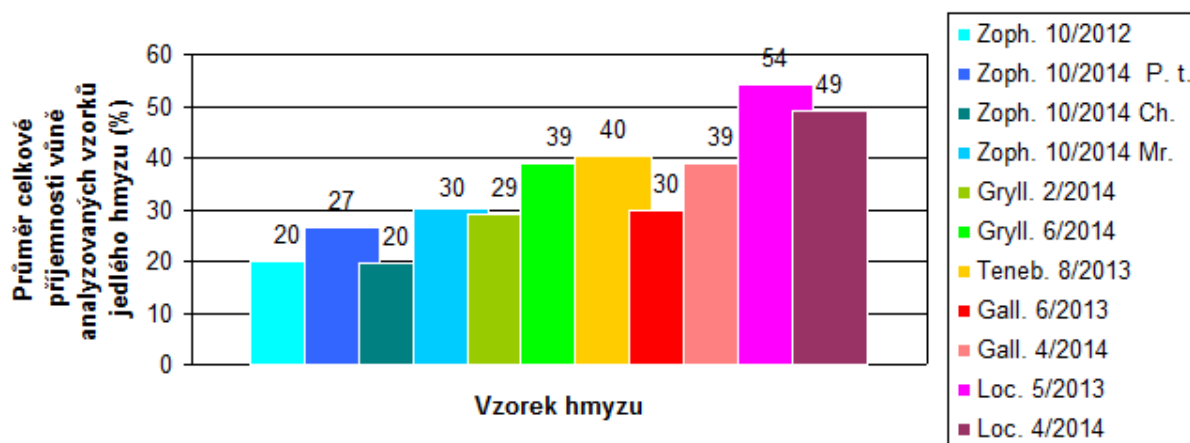
V rámci sensorického hodnocení celkové příjemnosti vůně bylo analyzováno celkem 11 vzorků jedlého hmyzu. Jako velmi příjemná byla hodnocena vůně *Locusta migratoria* 5/2013, kterou dotazovaní respondenti ohodnotili 95 procenty. Naopak nejnižší procentuální ohodnocení získal od dotazovaných respondentů pach vzorků *Zophobas morio* 10/2014 skladovaného v chladicím zařízení a vzorky *Galleria mellonella* 6/2013 skladované při pokojové teplotě. Shodně byly v obou případech dané vzorky ohodnoceny 1 procentem, tj. jako odporně zapáchající. V rámci dotazníkového šetření získaly nejvyšší průměr příjemnosti vůně starší vzorky *Locusta migratoria*, tj. 54 %. Naopak nejnižší průměr příjemnosti vůně získaly nejstarší vzorky *Zophobas morio* skladované při pokojové teplotě a vzorky *Zophobas morio* 10/2014 skladované v chladicím zařízení. Shodně v obou případech bylo hodnocení na úrovni 20 %. Podrobnější informace o výsledcích sensorického hodnocení

celkové příjemnosti vůně analyzovaných vzorků jedlého hmyzu k nahlédnutí v tabulce č. 20 a grafu č. 1 níže.

Vzorek	1	2	3	4	5	6	Průměr	Směrodatná odchylka	95 % int. spolehlivosti
Zoph. 10/2012	63	19	8	3	22	4	20	21	16
Zoph. 10/2014 P. t.	51	46	8	32	12	11	27	17	14
Zoph. 10/2014 Ch.	33	41	1	29	10	4	20	15	12
Zoph. 10/2014 Mr.	55	52	10	49	5	11	30	22	17
Gryll. 2/2014	35	35	22	9	46	28	29	12	9
Gryll. 6/2014	43	25	18	29	25	94	39	26	21
Teneb. 8/2013	57	29	16	11	40	89	40	27	21
Gall. 6/2013	84	48	1	4	35	7	30	30	24
Gall. 4/2014	40	63	15	23	43	49	39	16	13
Loc. 5/2013	57	53	15	43	63	95	54	24	19
Loc. 4/2014	75	38	24	35	50	72	49	19	15

Tab. č. 20: Celková příjemnost vůně analyzovaných vzorků jedlého hmyzu (uvedeno v %)

Vysvětlivky: P.t. = pokojová teplota; Ch. = chladič zařízení; Mr. = Mrazicí box



Graf č. 1: Průměr celkové příjemnosti vůně analyzovaných vzorků jedlého hmyzu (uvedeno v %)

Vysvětlivky: P.t. = pokojová teplota; Ch. = chladič zařízení; Mr. = Mrazicí box

5.2.2 Celková intenzita vůně analyzovaných vzorků jedlého hmyzu

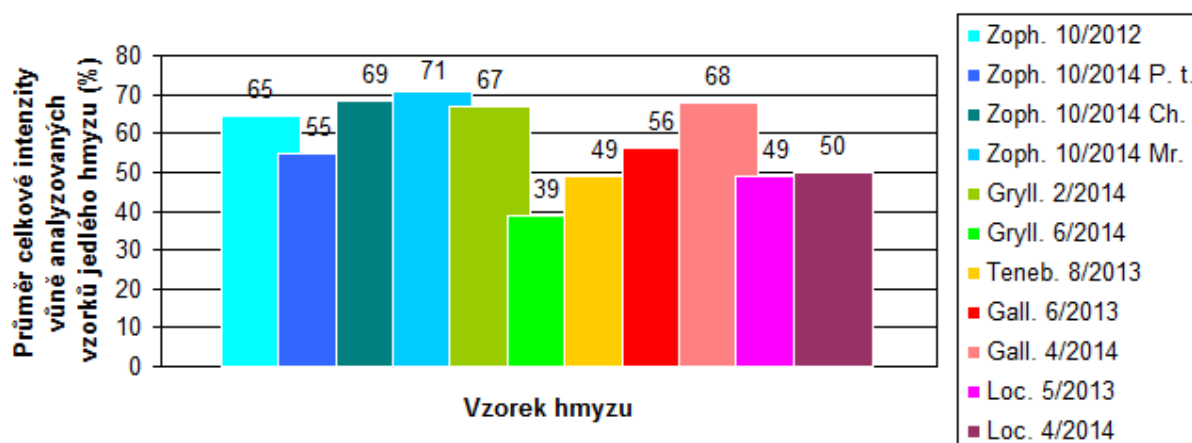
V rámci sensorického hodnocení celkové intenzity vůně bylo analyzováno celkem 11 vzorků jedlého hmyzu. Jako velmi silný byl hodnocen pach vzorku *Zophobas morio* 10/2014 skladovaného při pokojové teplotě, dotazovaní respondenti jej ohodnotili 98 %. Naopak nejnižší celkovou intenzitu vůně, hodnocenou respondenty jako téměř nezatelnou, vykázal vzorek *Gryllus assimillus* 6/2014, který získal ohodnocení 4 %. Nejvyšší průměr celkové intenzity vůně byl stanoven u vzorku *Zophobas morio* 10/2014 skladovaného

v mrazicím boxu, tj. 71 %. Nejnižší průměr celkové intenzity vůně byl stanoven opět u vzorku *Gryllus assimillus* 6/2014, tj. 39 %. Podrobnější informace o výsledcích senzoričského hodnocení celkové intenzity vůně analyzovaných vzorků jedlého hmyzu jsou v tab. č. 21 a grafu č. 2.

Vzorek	1	2	3	4	5	6	Průměr	Směrodatná odchylka	95 % int. spolehlivosti
Zoph. 10/2012	50	35	90	56	60	96	65	22	17
Zoph. 10/2014 P.t.	7	29	73	49	74	98	55	30	24
Zoph. 10/2014 Ch.	61	42	97	39	75	97	69	23	19
Zoph. 10/2014 Mr.	63	50	90	33	92	97	71	24	19
Gryll. 2/2014	63	64	60	62	77	76	67	7	5
Gryll. 6/2014	15	67	65	24	57	4	39	25	20
Teneb. 8/2013	6	62	80	27	30	89	49	30	24
Gall. 6/2013	21	54	97	21	50	94	56	31	24
Gall. 4/2014	56	51	84	84	39	92	68	20	16
Loc. 5/2013	35	40	92	7	24	96	49	33	27
Loc. 4/2014	34	52	59	29	33	94	50	22	18

Tab. č. 21: Celková intenzita vůně analyzovaných vzorků jedlého hmyzu (uvedeno v %)

Vysvětlivky: P.t. = pokojová teplota; Ch. = chladič zařízení; Mr. = Mrazicí box



Graf č. 2: Průměr celkové intenzity vůně analyzovaných vzorků jedlého hmyzu (uvedeno v %)

Vysvětlivky: P.t. = pokojová teplota; Ch. = chladič zařízení; Mr. = Mrazicí box

5.2.3 Celková intenzita žluklé vůně analyzovaných vzorků jedlého hmyzu

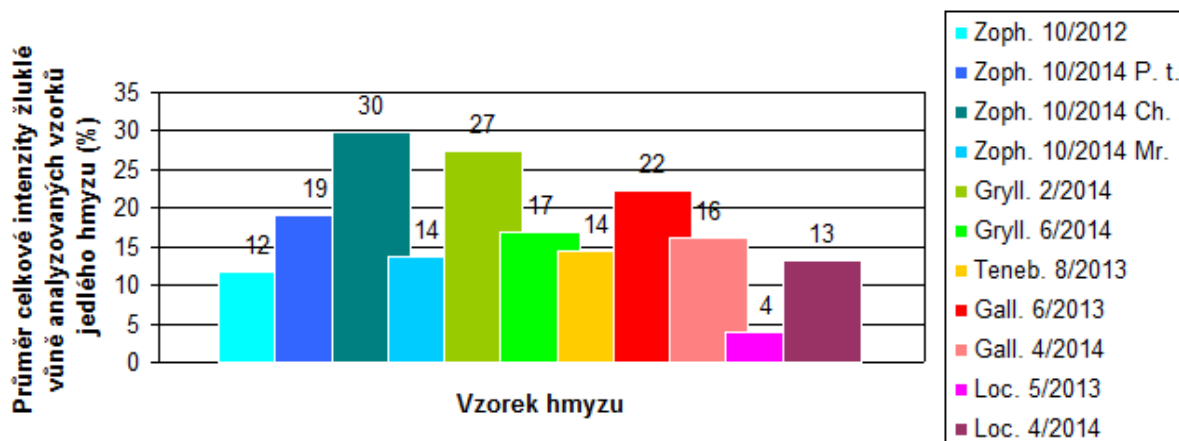
Při senzoričském hodnocení celkové intenzity žluklé vůně bylo analyzováno celkem 11 vzorků jedlého hmyzu. Jako velmi silný byl hodnocen pach žluklého vzorku *Zophobas morio* 10/2014 skladovaného v chladičím zařízení, kterého dotazovaní respondenti ohodnotili 96 %. Naopak nejnižší celkovou intenzitu žluklé vůně, hodnocenou respondenty jako téměř nezatelnou, vykázal vzorek *Zophobas morio* 10/2014 skladovaný v mrazicím

boxu, dále vzorek *Tenebrio molitor* a v neposlední řadě i starší vzorek *Galleria mellonella*. Všechny uvedené vzorky získaly shodně 1 %. Nejvyšší průměr celkové intenzity žluklé vůně byl stanoven u vzorku *Zophobas morio* 10/2014 skladovaného v chladicím zařízení, tj. 30 %. Nejnižší průměr celkové intenzity žluklé vůně byl stanoven u vzorku *Locusta migratoria* 5/2013, tj. 4 %. Podrobnější informace o výsledcích senzoričského hodnocení celkové intenzity žluklé vůně analyzovaných vzorků jedlého hmyzu jsou v tab. č. 22 a grafu č. 3.

Vzorek	1	2	3	4	5	6	Průměr	Směrodatná odchylka	95 % int. spolehlivosti
Zoph. 10/2012	8	19	2	4	33	5	12	11	9
Zoph. 10/2014 P. t.	3	12	2	4	52	42	19	20	16
Zoph. 10/2014 Ch.	2	11	2	4	64	96	30	37	29
Zoph. 10/2014 Mr.	1	7	3	4	25	42	14	15	12
Gryll. 2/2014	6	7	2	3	77	69	27	32	26
Gryll. 6/2014	4	24	2	2	65	5	17	23	18
Teneb. 8/2013	1	17	15	2	46	5	14	15	12
Gall. 6/2013	1	22	2	4	10	94	22	33	26
Gall. 4/2014	2	6	4	5	29	51	16	18	14
Loc. 5/2013	3	5	2	6	3	5	4	1	1
Loc. 4/2014	2	17	3	3	48	6	13	16	13

Tab. č. 22: Intenzita žluklé vůně analyzovaných vzorků jedlého hmyzu (uvedeno v %)

Vysvětlivky: P.t. = pokojová teplota; Ch. = chladicí zařízení; Mr. = Mrazicí box



Graf č. 3: Průměrná intenzita žluklé vůně analyzovaných vzorků jedlého hmyzu (uvedeno v %)

Vysvětlivky: P.t. = pokojová teplota; Ch. = chladicí zařízení; Mr. = Mrazicí box

5.3 Stanovení sušiny na vahách s infrazářičem

Na konci skladování vzorek *Zophobas morio* 10/2014 skladovaný při pokojové teplotě vykázal průměrný obsah sušiny 82,87 %. Vzorek *Zophobas morio* 10/2014 skladovaný v chladicím zařízení, tj. v lednici obsahoval v průměru 79,90 % sušiny. Podrobnější informace o stanovení obsahu sušiny v analyzovaných vzorcích *Zophobas morio* pomocí infračervených vah jsou v tab. č. 23.

Vzorek	1. měření	2. měření	Průměr měření
Zoph. 10/2014 P.t.	80,71	85,02	82,87
Zoph. 10/2014 Ch.	77,55	82,25	79,90

Tab. č. 23: Stanovení sušiny na infračervených vahách (v %)

Vysvětlivky: P.t. = pokojová teplota; Ch. = chladicí zařízení

5.4 Stanovení obsahu tuku dle Soxhleta

Na konci skladování vzorek *Zophobas morio* 10/2014 skladovaný při pokojové teplotě vykázal průměrný obsah tuku 38,64 %. Vzorek *Zophobas morio* 10/2014 skladovaný v chladicím zařízení, tj. v lednici obsahoval v průměru 37,34 % tuku. Podrobnější informace o stanovení obsahu tuku v analyzovaných vzorcích *Zophobas morio* dle Soxhleta jsou v tab. č. 24.

Vzorek	1. měření	2. měření	Průměr měření
Zoph. 10/2014 P.t.	38,92	38,35	38,64
Zoph. 10/2014 Ch.	36,42	38,26	37,34

Tab. č. 24: Stanovení obsahu tuku dle Soxhleta (v %)

Vysvětlivky: P.t. = pokojová teplota; Ch. = chladicí zařízení

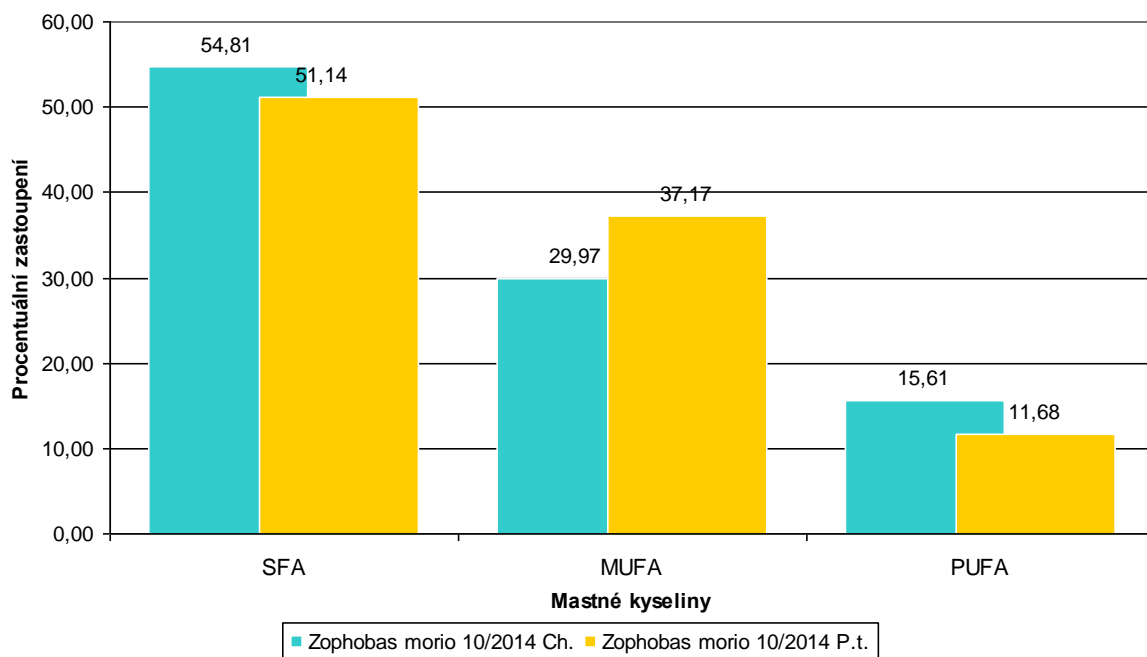
5.5 Stanovení profilu mastných kyselin

Při proměření vzorku *Zophobas morio* 10/2014 v závěru doby jeho skladování byly naměřeny vysoké hodnoty palmitové kyseliny, tj. u *Zophobas morio* skladovaného v chladicím zařízení 27,65 % a v případě *Zoph.* skladovaného při pokojové teplotě 33,13 %. V daném vzorku jedlého hmyzu bylo dále zjištěno hojné množství olejové kyseliny, tj. u *Zoph.* skladovaného v chladicím zařízení 27,00 % a u *Zoph.* skladovaného při pokojové teplotě 31,99 %. Vzorek v neposlední řadě obsahoval i významné množství linolové kyseliny, tj. u *Zoph.* skladovaného v chladicím zařízení 13,21 % a u *Zoph.* skladovaného při pokojové teplotě 9,91 %. Vzorek v neposlední řadě obsahoval i významné množství stearové kyseliny, tj. u *Zoph.* skladovaného v chladicím zařízení 6,35 % a u *Zoph.* skladovaného při pokojové teplotě 6,99 % Podrobnější informace o profilu mastných kyselin jsou v tab. č. 25 a grafu č. 4.

Mastná kyselina	Zoph. 10/2014 Ch.	Zoph. 10/2014 P.t.
C4:0	0,05	< 0,01
C6:0	0,09	0,01
C8:0	0,28	0,09
C10:0	2,11	0,94
C11:0	0,02	0,01
C12:0	7,69	3,15
C13:0	0,04	0,03
C14:0	9,27	5,58
C14:1 (cis-9)	0,42	0,25
C15:0	0,53	0,56
C15:1 (cis-10)	< 0,01	< 0,01
C16:0	27,65	33,13
C16:1 (cis-9)	2,08	3,39
C17:0	0,42	0,46
C17:1 (cis-10)	< 0,01	0,19
C18:0	6,35	6,99
C18:1 (trans-9)	< 0,01	0,82
C18:1 (cis-9)	27,00	31,99
C18:2 (trans-9,12)	0,02	< 0,01
C18:2 (cis-9,12)	13,21	9,91
C20:0	0,18	0,15
C18:3 (cis-6,9,12)	0,08	0,10
C20:1 (cis-11)	0,33	0,43
C18:3 (cis-9,12,15)	1,17	0,63
C21:0	< 0,01	< 0,01
C20:2 (cis-11,14)	0,27	0,21
C22:0	0,08	0,05
C20:3 (cis-8,11,14)	0,31	0,25
C22:1 (cis-13)	0,08	0,07
C20:3 (cis-11,14,17)	0,04	0,03
C20:4 (cis-5,8,11,14)	< 0,01	0,31
C23:0	< 0,01	< 0,01
C22:2 (cis-13,16)	0,01	0,01
C24:0	0,06	< 0,01
C20:5 (cis-5,8,11,14,17)	0,04	0,04
C24:1 (cis-15)	0,06	0,03
C22:6 (cis-4,7,10,13,16,19)	0,06	0,20

Tab. č. 25: Stanovení profilu mastných kyselin (v %)
Vysvětlivky: P.t. = pokojová teplota; Ch. = chladicí zařízení

V grafu č. 4 je znázorněn přehled souhrnného množství mastných kyselin. *Zophobas morio* 10/2014 skladovaný v lednici vykázal 54,81 % nasycených mastných kyselin, 29,97 % monoenoových mastných kyselin a 15,61 % polyenoových mastných kyselin. *Zophobas morio* 10/2014 skladovaný při pokojové teplotě vykázal 51,14 % nasycených mastných kyselin, 37,17 % monoenoových mastných kyselin a 11,68 % polyenoových mastných kyselin.



Graf č. 4: Přehled souhrnného množství mastných kyselin ve sledovaných vzorcích *Zophobas morio* 10/2014 (uvedeno v %)

Vysvětlivky: P.t. = pokojová teplota; Ch. = chladičí zařízení; SFA = nasycené mastné kyseliny; MUFA = monoenoové mastné kyseliny; PUFA = polyenoové mastné kyseliny

6 Diskuze

Jak uvádí Ramos-Elorduy (1998), kvantum tuku v organismu jedlého hmyzu se podstatně liší druh od druhu. Obsahu tuku se v případě jedlých druhů hmyzu pohybuje od 7 do 77 % (Ramos-Elorduy *et al.*, 1997; Feng *et al.*, 1999, 2000a, b). Nierostková (2015) uvádí, že vzorek *Zophobas morio* 10/2014 z počátku skladování obsahuje průměrné množství tuku 33,71 %. V závěru skladování totožného druhu vzorku, tj. *Zophobas morio* 10/2014, vykázal tento druh nezávisle na způsobu skladování (pokojová teplota, lednice) takřka shodně průměrný obsah tuku okolo 38 %. Změnu obsahu tuku si lze vysvětlit snížením obsahu sušiny, tzn. pokles z hodnoty sušiny 94,44 % u výchozího vzorku k 82,87 % v případě skladování vzorku při pokojové teplotě a snížení na hodnotu 79,90 % sušiny v případě vzorku skladovaného v lednici.

Dle Nierostkové (2015) vzorek *Zophobas morio* 10/2014 na počátku skladování v průměru obsahuje 43,55 % nasycených mastných kyselin (SFA). V závěru skladování vykázal *Zophobas morio* 10/2014 skladovaný v lednici a za pokojové teploty vyšší procentuální zastoupení nasycených mastných kyselin, tj. 54,81 % a 51,14 %. V rámci SFA tvořila ve všech třech případech nejvyšší procentuální zastoupení palmitová kyselina. Jak Nierostková (2015) dále uvádí, vzorek *Zophobas morio* 10/2014 z počátku skladování průměrně obsahuje 32,64 % monoenoových mastných kyselin (MUFA). Ke konci skladování byly hodnoty monoenoových mastných kyselin u vzorku *Zophobas morio* 10/2014 skladovaného v lednici a při pokojové teplotě v porovnání s MUFA výchozího vzorku *Zoph.* překvapivě rozkolísané, tj. v případě *Zoph.* skladovaného v lednici byla hodnota MUFA 29,97 % a vzorky *Zophobas morio* 10/2014 skladované při pokojové teplotě vykázaly hodnotu MUFA 37,17 %. Navzdory mírné rozkolísanosti hodnot MUFA u měřených vzorků *Zophobas morio* 10/2014 byla ve všech případech nejvíce obsažena olejová kyselina. Borkovcová *et al.* (2009) uvádějí, že jedlý hmyz je v případě mnoha druhů cenným zdrojem polyenoových mastných kyselin (PUFA), mnohdy obsahuje esenciální linolovou (omega-6) nebo alfa-linolenovou kyselinu (omega-3). Raksakantong *et al.* (2010) poznamenávají, že celkový obsah polyenoových mastných kyselin může dosahovat až 70 % z celku. V případě vzorku *Zophobas morio* 10/2014 z počátku skladování, dle Nierostkové (2015), bylo průměrné množství polyenoových mastných kyselin pouze 23,81 %. V případě vzorků *Zoph.* 10/2014 skladovaných v lednici a při pokojové

teplotě byly hodnoty PUFA v závěru skladování ještě nižší, tj. 15,61 % a 11,68 %. V rámci PUFA bylo u všech měřených vzorků *Zoph.* zjištěno nejhojnější množství linolové kyseliny.

Na konci experimentu byl u vzorku *Zophobas morio* 10/2014 relativně vysoký přírůstek SFA. V závěru skladování se při porovnání s počátečními hodnotami, dle Nierostkové (2015), významně nezměnil obsah MUFA. Podstatně se však změnilo množství PUFA, které bylo ke konci skladování nižší, čímž se snížila i výživová hodnota měřeného vzorku jedlého hmyzu. Podrobnější porovnání výskytu jednotlivých mastných kyselin je k nahlédnutí v přílohách č. 2 a 3.

Míra oxidace lipidů se určuje metodou nazývanou thiobarbiturové číslo (TBN), pomocí které se definuje obsah malondialdehydu vzniklého oxidací triacylglycerolu (Čapek et al., 2008). Jak uvádějí Saláková a Bořilová (2014), thiobarbiturové číslo je analyzováno na základě intenzity růžového zbarvení, které je výsledným projevem reakce kyseliny 2-thiobarbiturové a malondialdehydu. Veškeré analyzované vzorky jedlého hmyzu v rámci této diplomové práce vykazovaly velmi nízkou intenzitu růžového zbarvení reakčních produktů. Lze konstatovat, že obsah zkumavek byl po vaření a zchlazení proudem vody téměř bezbarvý, což v daném okamžiku naznačovalo, že měřené vzorky obsahují pravděpodobně velice malé množství malondialdehydu. Tato domněnka se potvrdila při změření absorbance spektrofotometrem a následném výpočtu hodnoty thiobarbiturového čísla. Ve všech případech, ať již u vzorku *Zophobas morio* skladovaného od října 2014 za různých podmínek - bez rozdílu, zda byl homogenizovaný, nebo v celku - či u dlouhodobě skladovaných vzorků různých druhů jedlého hmyzu, byla hodnota malondialdehydu nízká. Vypočtené hodnoty thiobarbiturového čísla se pohybovaly v rozmezí od 0,001 do 0,029 mg.g⁻¹ malondialdehydu. Nutno však podotknout, že vzešlo i nemalé množství hodnot, které se pohybovaly pod limitem detekce.

Malondialdehyd, jenž byl určován pomocí TBN, je velice senzorycky aktivní a ovlivňuje chuť i vůni lipidů (Davídek et al., 1983).

Jak Bednářová (2013) ve své disertační práci uvádí, neexistuje v rámci Evropské unie ani České republiky žádný legislativní rámec, který by vymezoval využití hmyzu jako potravin. S pracovníky Hygienické stanice bylo vyjednáno, že bude umožněno jedlý hmyz konzumovat na vlastní nebezpečí. Z toho důvodu byla při senzoryckém hodnocení jedlého hmyzu posuzována jen vůně. Navzdory nízkým a mezi sebou podobným hodnotám TBN, bylo, v případě senzoryckého hodnocení, kdy se hodnotila intenzita žluté vůně jedlého

hmyzu, posouzení hodnotitelů rozmanité. V případě sensorického hodnocení jedlého hmyzu však nebyl zjištěn statisticky průkazný rozdíl mezi vzorky skladovanými v mrazicím boxu, v lednici a při pokojové teplotě v termostatu (příjemnost vůně $p = 0,655$, intenzita vůně $p = 0,596$ a intenzita žluklé vůně $p = 0,610$).

Nejvyšší průměr intenzity žluklé vůně byl přisouzen vzorku *Zophobas morio* 10/2014 skladovaného v lednici, tj. 30 %. Oproti tomu nejnižší průměr intenzity žluklé vůně byl přiřazen vzorkům *Locusta migratoria* 5/2013, tj. 4 %. Intenzita žluklé vůně vzorku *Zophobas morio* 10/2014 skladovaného za různých podmínek byla respondenty hodnocena takto: mrazák 14 %, pokojová teplota 19 % a lednice 30 %. Lze konstatovat, že ačkoliv byla sestava respondentů pro všechny vzorky stejná a všichni dotazovaní byli plně zdraví, každý člověk má jinak nastaveno sensorické vnímání a vlastní hodnotící měřítko. Velký rozptyl hodnot během hodnocení žluklé vůně jedlého hmyzu mohlo pravděpodobně vzniknout i z důvodu, že hodnotící panel absolvoval pouze jednosemestrální předmět Sensorická analýza zemědělských produktů a neměl žádné speciální školení na danou komoditu - jedlý hmyz.

Během oxidace vznikají těkavé produkty, které ovlivňují sensorické vlastnosti, tj. především aldehydy, ketony, alkoholy, estery, laktony a karboxylové kyseliny (Hamilton, 1983; Kyzlink, 1988; Bradley a Min, 1992). Je možné, že právě některý z těchto produktů ovlivnil respondenty v jejich sensorickém hodnocení.

DeFoliart (1992) uvádí, že složení mastných kyselin vyskytující se v organismu jedlého hmyzu je podobné jako u drůbeže a ryb. Pro srovnání, Ulrichová (2014) ve své diplomové práci stanovovala thiobarbiturové číslo u vzorků svaloviny kapra obecného (*Cyprinus carpio*), skladované v mrazicím boxu. Z výsledků její závěrečné práce vyplývá, že se hodnoty TBN v průběhu trvání celého experimentu, tj. 5 a 7 měsíců, pohybovaly na velice nízké úrovni oxidace. Jak Ulrichová dále poznamenává, některé hodnoty TBN se pohybovaly pod limitem detekce.

Ačkoliv Sim et al. (2003) uvádějí, že měření malondialdehydu je osvědčenou a nejčastěji používanou metodou, která slouží k odhadnutí oxidačního stresu, autoři Baião a Lara (2005) poukazují i na nevýhody této metody. K oxidaci lipidů totiž může dojít dříve, než k produkci malondialdehydu. Mimoto, malondialdehyd je pouze jedním z několika produktů vytvořených rozkladem peroxidů. Toto tvrzení může být možným odůvodněním, proč se zvětšení hodnot thiobarbiturového čísla neprokázalo.

Jedním z dalších možných vysvětlení, proč se hodnoty thiobarbiturového čísla nezvyšovaly, je chitinový exoskelet, tj. vnější ochranná kostra hmyzu, nerozpustná vláknina, která hmyz chrání proti okolním vlivům. Otázkou nadále zůstává, proč se hodnoty TBN nezvyšovaly ani u homogenizovaných, tj. rozmixovaných vzorků, u kterých byl povrch exoskeletu narušen. Odpověď by mohlo přinést prodloužení doby skladování homogenizovaných vzorků.

Dalším faktorem, který může ovlivňovat odolnost organismu jedlého hmyzu vůči oxidaci, jsou antioxidanty. Jak uvádějí autoři Finke (2002, 2004), Xiaoming et al. (2008), Guerrini et al. (2009) či Oonincx a Dierenfeld (2011), jedlý hmyz obsahuje vitamíny A, D, E, K, dále vitamín C a vitamíny skupiny B. Nicméně, konkrétně v případě žlutých moučných červů druhu *Tenebrio molitor*, dále tzv. „superčervů“ (*Zophobas morio*) a cvrčků domácích (*Acheta domestica*) byla úroveň retinolu na 100 g sušiny nižší než 20 µg a úroveň β-karotenu nižší než 100 µg. Jak v tomto smyslu potvrzuje dokument vytvořený organizací FAO (2013), jedlý hmyz není nejlepším zdrojem vitamínu A. Dalším antioxidantem, který může pozitivně ovlivňovat odolnost jedlého hmyzu vůči oxidaci je zinek. Organizace FAO (2013) a WHO (2001b) a dále také Bukkens (2005) uvádějí, že jedlý hmyz je dobrým zdrojem zinku. Bylo by proto zajímavé zabývat se problematikou obsahu antioxidantů ve sledovaných vzorcích jedlého hmyzu.

Dalším možným vysvětlením, proč nedošlo ke zvýšení hodnoty TBN, může být nejen skutečnost, že zkoumané vzorky hmyzu byly před usmrcením vystaveny třídennímu půstu za účelem vyprázdnění střev, ale i způsob pozdějšího zpracování po usmrcení, tj. usušení v horkovzdušné troubě při teplotě 70 °C. Dle Nierostkové (2015) vykázal vzorek *Zophobas morio* 10/2014 na počátku skladování při měření na vahách s infračerveným zářením v průměru 94,44 % sušiny. Zkoumaný vzorek *Zophobas morio* 10/2014 uchovaný při pokojové teplotě vypověděl při totožném způsobu měření - v závěru skladování - průměrný obsah sušiny 82,87 %. Obdobného množství sušiny v závěru skladování dosáhly i vzorky *Zophobas morio* 10/2014 uchované v lednici, tj. obsahovaly průměrně 79,90 % sušiny. Klunder et al. (2012) uvádějí, že jednoduché způsoby konzervace, jako je sušení nebo okyselení bez použití chladničky byly testovány a jsou považovány za nadějně. Tiencheu et al. (2013) poznamenávají, že chlad, mražení, elektrické sušení při teplotě okolo 50 °C nebo sušení na slunci podstatně ovlivňuje stabilitu olejů.

Jak na webu jimehmyz.cz (2014) uvádějí jeho provozovatelé, základním produktem farmy Thailand Unique je dehydratovaný a dále upravovaný hmyz, který neobsahuje žádné konzervační ani umělé látky. Jedná se o 100% přírodní produkty, které mají trvanlivost nejméně 6 měsíců a v některých případech je prodloužena až na 1 rok. Měření thiobarbiturového čísla, které bylo v rámci této diplomové práce provedeno, však naznačuje, že by trvanlivost jedlého hmyzu mohla být i delší.

7 Závěr

Množství globální populace lidského druhu se neustále zvyšuje a v tomto rostoucím trendu bude svět, dle všech předpokladů, i nadále pokračovat. S daným jevem se však jako stále aktuálnější jeví otázka, jakými způsoby tento vzrůstající počet lidí do budoucna uživit, protože již v současnosti se mnohé geografické oblasti potýkají s nedostatkem kvalitních potravin. Jakýkoliv současný výzkum spadající do oboru entomofágie by proto měl být považován za vysoce aktuální a má svůj smysl.

Sledovaný vzorek *Zophobas morio* 10/2014 vykázal v závěru experimentu, bez ohledu na podmínky skladování, navýšení obsahu tuku a snížení obsahu sušiny oproti výchozím hodnotám. Na konci skladování byly u vzorků *Zophobas morio* 10/2014 zjištěny vyšší hodnoty nasycených mastných kyselin (SFA), přičemž ve všech případech si nejvyšší procentuální zastoupení zachovala palmitová kyselina. V závěru skladování se při porovnání s počátečními hodnotami vzorku *Zophobas morio* 10/2014 významně nezměnil obsah monoenoových mastných kyselin (MUFA), z nichž nejvíce byla zastoupena olejová kyselina. Podstatným způsobem ke konci skladování klesají polyenoové mastné kyseliny (PUFA), v důsledku čehož se snížila i výživová hodnota měřeného vzorku. Pokaždé bylo nejvíce linolové kyseliny.

Senzorickým hodnocením jedlého hmyzu nebyl zjištěn statisticky průkazný rozdíl mezi vzorky skladovanými v mrazicím boxu, v lednici a při pokojové teplotě v termostatu.

Oxidační žluknutí měřených vzorků je napříč všemi způsoby skladování na nízké úrovni a prakticky bez rozdílů. Vystává otázka, zda je stanovování thiobarbiturového čísla vhodným ukazatelem stupně degradace jedlého hmyzu při skladování. Nelze jednoznačně stanovit nejvhodnější způsob skladování. Z hlediska porovnání obsahu mastných kyselin na počátku a na konci skladování lze spíše doporučit jedlý hmyz neskladovat dlouho a spotřebovat jej co nejdříve.

8 Souhrn literatury

Ademolu, K. O., Idowu, A. B., Olatunde, G. O. 2010. Nutritional value assessment of variegated grasshopper, *Zonocerus variegatus* (L.) (Acridoidea: Pygomorphidae), during post-embryonic development. *African Entomology*. 18 (2). 360–364.

Allotey, J., Mpuchane, S. 2003. Utilization of useful insects as food source. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*. 3 (2). 1–6. Dostupné z: < <http://www.ajol.info/index.php/ijbcs/article/viewFile/72059/61003>>.

Amadi, E. N., Ogbalu, O. K., Barimalaa, I. S., Pius, M. 2005. Microbiology and nutritional composition of an edible larva (*Bunaea Alcinoe* Stoll) of the Niger Delta. *Journal of Food Safety*. 25. 193–197. ISSN 1745-4565, 0149-6085.

Ayieko, M. A., Oriaro, V. 2008. Consumption, indigeneous knowledge and cultural values of the lake fly species within the Lake Victoria region. *African Journal of Environmental Science and Technology*. 2 (10). 282–286. Dostupné z: <www.academicjournals.org/article/article1380119657_Ayieko%20and%20Oriaro.pdf>

Baião, N. C., Lara, L. J. C. 2005. Oil and fat in broiler nutrition. *Brazilian Journal of Poultry Science*. Vol. 7. 129-141. ISSN 1516-635X.

Bednářová, M. 2013. Možnosti využití hmyzu jako potravin v podmínkách České republiky. Disertační práce. Mendelova univerzita v Brně. Agronomická fakulta. Brno. 131 s.

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

Bradley, D. G., Min, D. B. 1992. Silent oxygen oxidation of food. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 31 (3). 211-236. ISSN 1040-8398.

Bukkens, S. G. F. 1997. The nutritional value of edible insects. *Ecology of Food and Nutrition*. 36. 287–319.

Bukkens, S. G. F. 2005. Insects in the human diet: nutritional aspects. In Paoletti, M. G. ed. *Ecological implications of minilivestock; role of rodents, frogs, snails, and insects for sustainable development*. New Hampshire. Science Publishers. 545–577.

Čapek et al. 2008. Řešení aktuálních otázek v souvislosti se zajištěním jakosti a bezpečnosti potravin. UniConsulting, s. r. o. Praha. 133 s. Dostupné z: < http://www.uniconsulting.cz/download/ucebni-text/Reseni_aktualnich_otazek.pdf>

Davídek, J., Janíček, G., Pokorný, J. 1983. *Chemie potravin*. Státní nakladatelství technické literatury. Praha.

- Davídek, J., , Velíšek, J. 1992. Analýza potravin. VŠCHT. Praha. 2. vyd. 122 s. ISBN: 80-7080-163-8.
- Defoliart, G. R. 1992. Insects as human food. Gene DeFoliart discusses some nutritional and economic aspects. *Crop Protection*. 11 (5). 395-399.
- FAO, WHO. 2001. Human vitamin and mineral requirements. Rome. [cit 2015-01-02]. Dostupné z: <<http://www.fao.org/docrep/004/Y2809E/y2809e00.htm#Contents>>.
- FAO. 2013. Edible insects: Future prospects for food and feed security. [cit 2014-12-30]. Dostupné z: <<http://www.fao.org/docrep/018/i3253e/i3253e00.html>>.
- Feng, Y., Chen, X. M., Ye, S. D., Wang, S. Y., Chen, Y., Wang, Z. L. 1999. Records of four species edible insects in Homoptera and its nutritive elements analysis. *Forest Research*. 12. 515–518.
- Feng, Y., Chen, X. M., Wang, S. Y., Ye, S. D., Chen, Y. 2000 a. The nutritive elements analysis of bamboo insect and review on its development and utilization value. *Forest Research*. 13. 188–191.
- Feng, Y., Chen, X. M., Wang, S. Y., Ye, S. D., Chen, Y. 2000 b. The common edible insects of Hemiptera and its nutritive value. *Forest Research*. 13. 612–620.
- 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. 2004. Nutrient Content of Insects. [cit 2014-12-27]. Dostupné také z: <http://www.organicvaluerecovery.com/studies/studies_nutrient_content_of_insects.html>
- Finke, M. D. 2007. Estimate of chitin in raw whole insects. *Zoo Biology*. 26. 105–115.
- Giaccone, V. 2005. Hygiene and health features of “minilivestock”. In Paoletti, M. G. ed. Ecological implications of minilivestock; role of rodents, frogs, snails, and insects for sustainable development. New Hampshire. Science Publishers. 579–598.
- Goodman, W.G. 1989. Chitin: A magic bullet? *The Food Insects Newsletter*. 2 (3). 1, 6–7.
- Guerrini, A., Bruni, R., Maietti, S., Poli, F., Rossi, D., Paganetto, G., Muzzoli, M., Scalvenzi, L., Sacchetti, G. 2009. Ecuadorian stingless bee (*Meliponinae*) honey: A chemical and functional profile of an ancient health product. *Food Chemistry*. 114. 1413–1420.
- Hamilton, R. J. 1983. Rancidity in Foods. The chemismy of rancidity in food. Aspen Publisher. Maryland. 3. vyd. ISBN 0-7514-0219-2.
- Headings, M. E., Rahnema, S. 2002. The nutritional value of mopane worms, *Gonimbrasia belina* (Lepidoptera: Saturniidae) for human consumption. Ohio, USA, Ohio State University.

Presentation at the Ten-Minute Pápera : Section B. Physiology, Biochemistry, Toxicology and Molecular Biology Series. 20th November 2002.

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. 628–631.

Kyzlink, V. 1988. Teoretické základy konzervace potravin. Vysoká škola chemicko – technologická Praha. SNTL Praha.

Lee, K. P., Simpson, S. J., Wilson, K. 2008. Dietary protein-quality influences melanization and immune function in an insect. *Functional Ecology*. 22 (6). 1052–1061.

Michaelsen, K. F., Hoppe, C., Roos, N., Kaestel, P., Stougaard, M., Lauritzen, L., Mølgaard, C. 2009. Choice of foods and ingredients for moderately malnourished children 6 months to 5 years of age. *Food and Nutrition Bulletin*, 30 (3). 343–404.

Muzzarelli, R. A. A., Terbojevich, M., Muzzarelli, C., Miliani, M., Francescangeli, O. 2001. Partial depolymerization of chitosan with the aid of papain. In Muzzarelli, R. A. A. ed. *Chitin Enzymology*. Italy. Atec. 405–414.

Naughton, J. M., Odea, K., Sinclair, A. J. 1986. Animal foods in traditional Australian aboriginal diets: polyunsaturated and low in fat. *Lipids*. 21 (11). 684–690.

Nierostková, I. 2015. Nutriční hodnota jedlého hmyzu. ČZU. Praha. 48 s.

Oonincx, D. G. A. B., van Itterbeeck, J., Heetkamp, M. J. W., van den Brand, H., van Loon, J., van Huis, A. 2010. An exploration on greenhouse gas and ammonia production by insect species suitable for animal or human consumption. *Plos One*. 5 (12). Dostupné také z: < <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0014445>>

Oonincx, D. G. A. B., van der Poel, A. F. B. 2011. Effects of diet on the chemical composition of migratory locusts (*Locusta migratoria*). *Zoo Biology*. 30. 9–16.

Oonincx, D. G. A. B., Dierenfeld, E. S., 2011. An investigation into the chemical composition of alternative invertebrate prey. *Zoo Biology*. 29. 1-15.

Paoletti, M. G., Norberto, L., Damini, R., Musumeci, S. 2007. Human gastric juice contains chitinase that can degrade chitin. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 51 (3). 244–251.

Pipek, P., Dobiáš, J., Míková, K., Votavová, L., Čurda, D. 1991. Návody pro laboratorní cvičení z technologie neúdržných potravin. VŠCHT. Praha. 2. vyd. 156 s. ISBN 80-7080-104-2

Pipek, P. 1998. Technologie masa II. Karmelitánské nakladatelství. Praha. 360 s. ISBN 80-7192-283-8.

- Raksakantong, P., Menso, N., Kubola, J., Siriamornpun, S. 2010. Fatty acids and proximate composition of eight Thai edible terri-colous insects. *Food Research International*. 43. 350-355.
- Ramos-Elorduy, J., Pino, J. M., Prado, E. E., Perez, M. A., Otero, J. L., de Guevara, O. L. 1997. Nutritional value of edible insects from the state of Oaxaca, Mexico. *Journal of Food Composition and Analysis*. 10. 142–157.
- Ramos-Elorduy, J. 1998. Hmyz na talíři: Labužníkův průvodce po světě jedlého hmyzu. *Volvox Globator*. Praha. 126 s. ISBN 80-7207-193-9.
- Reineke, K., Doehner, I., Schlumbach, K., Baier, D., Mathys, A., Knorr, D. 2012. The different pathways of spore germination and inactivation in dependence of pressure and temperature. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 13. 31–41.
- Rumpold, B. A., Schlüter, O. K. 2012. Potential and challenges of insects as an innovative source for food and feed production. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 17. 1–11.
- Rumpold, B. A., Schlüter, O. K. 2013. Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular Nutrition and Food Research*. 57 (3).
- Saláková, A. Rok neveden. CVIČENÍ Č. 10 Analýza tuků živočišného původu II. Ústav hygieny a technologie masa. VFU Brno. 4 s.
- Sim, A. S., Solonikias, C., Naidoo, D., Wilcken, D. E. 2003. Improved method for plasma malondialdehyde measurement by high performance liquid chromatography using methyl malondialdehyde as an internal standard *Chromatography*. *Journal of Chromatography B: Analytical Technologies in the Biomedical and Life Sciences*. 785. 337 – 344.
- Sogbesan, A., Ugwumba, A. 2008. Nutritional evaluation of termite (*Macrotermes subhyalinus*) meal as animal protein supplements in the diets of *Heterobranchus longifilis*. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Science*. 8. 149–157.
- Tiencheu, B., Womeni, H. M., Linder, M., Mbiapo, F. T., Villeneuve, P., Fanni, J., Parmentier, M., 2013. Changes of lipids in insect (*Rhynchophorus phoenicis*) during cooking and storage. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 115 (2). 186-195.
- Tong, L., Yu, X., Lui, H. 2011. Insect food for astronauts: gas exchange in silkworms fed on mulberry and lettuce and the nutritional value of these insects for human consumption during deep space flights. *Bulletin of Entomological Research*. 101. 613–622.
- Ulrichová, L. 2014. Vliv skladovacích podmínek na jakost rybího masa. ČZU. Praha. 72 s.
- van Boekel, M., Fogliano, V., Pellegrini, N., Stanton, C., Scholz, G., Lalljie, S., et al. 2010. A review on the beneficial aspects of food processing. *Molecular Nutrition & Food Research*. 54. 1215–1247.

Velíšek, J., Hajšlová, J. 2009. Chemie potravin 1. OSSIS. Tábor. 602 s. ISBN 978-80-86659-15-2.

Wang, D., Bai, Y. T., Li, J. H., Zhang, C. X. 2004. Nutritional value of the field cricket (*Gryllus testaceus* Walker). *Journal of Entomologia Sinica*. 11. 275–283.

Womeni, H. M., Linder, M., Tiencheu, B., Mbiapo, F. T., Villeneuve, P., Fanni, J., Parmentier, M. 2009. Oils of insects and larvae consumed in Africa: potential sources of polyunsaturated fatty acids. *OCL – Oléagineux, Corps Gras, Lipides*, 16 (4). 230–235.

Xiaoming, Ch., Ying, F., Hong, Z., Zhiyong, Ch. 2008. Review of the nutritive value of edible insects. *Edible insects and other invertebrates in Australia: future prospects*. 65-84. In: Durst, P. B., Johnson, D. V., Leslie, R. N., Shono, K. 2008. *Forest insects as food: humans bite back. Proceedings of a workshop on Asia-Pacific resources and their potential for development*. Thailand. Chiang Mai. 19th - 21st February 2008. 231 s.

Xiaoming, Ch., Ying, F., Hong, Z., Zhiyong, Ch. 2010. Review of the nutritive value of edible insects. In: Durst, P. B., Johnson, D. V., Leslie, R. L., Shono, K. *Forest insects as food: humans bite back. Proceedings of a workshop on Asia-Pacific resources and their potential for development*. Bangkok. FAO Regional Office for Asia and the Pacific.

Internetové zdroje

Anonym. 2014. Thailand Unique [online]. www.jimehmyz.cz 2. 3. 2014 [cit. 2014-12-27]. Dostupné také z: <<http://www.jimehmyz.cz/tu.html>>.

Anonym. 2014. Včelí maso [online]. www.vcelky.cz. [cit. 2014-12-23]. Dostupné také z: <<http://vcelky.cz/vceli-maso.html>>.

Hlavatá, K. 2014. Omega 3 vs. omega 6 [online]. www.vimcojim.cz. 16. 5. 2014 [cit. 2015-01-03]. Dostupné také z: <http://viscojis.cz/teens/index.php?option=com_content&view=article&id=180%3A174&catid=50&Itemid=100>.

Saláková, A., Bořilová, G. 2014. *Technologie a hygiena potravin živočišného původu – návody na cvičení*. Veterinární a farmaceutická univerzita Brno. 51 s. Dostupné také z: <http://www.vfu.cz/inovace-bc-a-navmgr/realizovane-klicove-aktivity/skripta/ls-2013-2014/technologie-a-hygiena-potravin-zivocisneho-puvodu---navody-na-cviceni.pdf>

Příloha 2: Profil mastných kyselin vzorku Zophobas morio 10/2014

Mastná kyselina	Průměr - Zoph. 10/2014 Výchozí	Zoph. 10/2014 Ch.	Zoph. 10/2014 P.t.
C4:0	0,04	0,05	< 0,01
C6:0	0,01	0,09	0,01
C8:0	0,44	0,28	0,09
C10:0	0,06	2,11	0,94
C11:0	< 0,01	0,02	0,01
C12:0	0,06	7,69	3,15
C13:0	0,03	0,04	0,03
C14:0	1,25	9,27	5,58
C14:1 (cis-9)	0,01	0,42	0,25
C15:0	0,42	0,53	0,56
C15:1 (cis-10)	< 0,01	< 0,01	< 0,01
C16:0	31,78	27,65	33,13
C16:1 (cis-9)	0,60	2,08	3,39
C17:0	0,90	0,42	0,46
C17:1 (cis-10)	< 0,01	< 0,01	0,19
C18:0	8,02	6,35	6,99
C18:1 (trans-9)	0,02	< 0,01	0,82
C18:1 (cis-9)	31,89	27,00	31,99
C18:2 (trans-9,12)	< 0,01	0,02	< 0,01
C18:2 (cis-9,12)	22,98	13,21	9,91
C20:0	0,27	0,18	0,15
C18:3 (cis-6,9,12)	0,02	0,08	0,10
C20:1 (cis-11)	0,10	0,33	0,43
C18:3 (cis-9,12,15)	0,62	1,17	0,63
C21:0	0,04	< 0,01	< 0,01
C20:2 (cis-11,14)	0,11	0,27	0,21
C22:0	0,23	0,08	0,05
C20:3 (cis-8,11,14)	0,01	0,31	0,25
C22:1 (cis-13)	0,01	0,08	0,07
C20:3 (cis-11,14,17)	0,02	0,04	0,03
C20:4 (cis-5,8,11,14)	0,04	< 0,01	0,31
C23:0	< 0,01	< 0,01	< 0,01
C22:2 (cis-13,16)	< 0,01	0,01	0,01
C24:0	< 0,01	0,06	< 0,01
C20:5 (cis-5,8,11,14,17)	0,01	0,04	0,04
C24:1 (cis-15)	0,01	0,06	0,03
C22:6 (cis-4,7,10,13,16,19)	< 0,01	0,06	0,20

Vysvětlivky:

x => 10

Ch. = vzorek skladovaný v chladicím zařízení, tj. v lednici

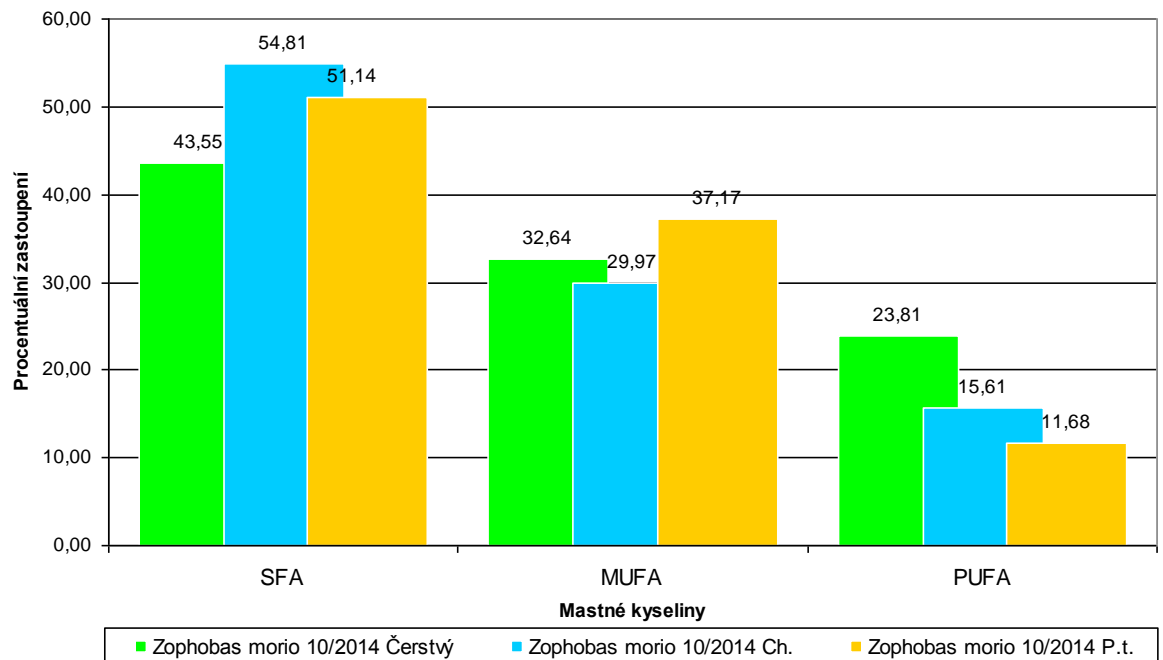
1 =< x < 10

P.t. = vzorek skladovaný při pokojové teplotě v temostatu

x < 0,01

Výchozí = vzorek z počátku skladování

Příloha 3: Přehled souhrnného množství mastných kyselin ve sledovaných vzorcích Zophobas morio 10/2014



Graf č. 5: Přehled souhrnného množství mastných kyselin ve sledovaných vzorcích Zophobas morio 10/2014 (uvedeno v %)

Vysvětlivky: P.t. = pokojová teplota; Ch. = chladicí zařízení; SFA = nasycené mastné kyseliny; MUFA = monoenové mastné kyseliny; PUFA = polyenové mastné kyseliny