# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA CHEMICKÁ
FACULTY OF CHEMISTRY

## ÚSTAV CHEMIE POTRAVIN A BIOTECHNOLOGIÍ
INSTITUTE OF FOOD SCIENCE AND BIOTECHNOLOGY


# VYUŽITÍ HMYZÍ MOUKY PRO POTRAVINÁŘSKÉ A KRMNÍ ÚČELY
USE OF INSECT FLOUR FOR FOOD AND FEED PURPOSES

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS


AUTOR PRÁCE
AUTHOR
Bc. Veronika Árendásová

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR
Ing. Andrea Němcová, Ph.D.



BRNO 2021

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA CHEMICKÁ

# Zadání diplomové práce

| | | | |
|---|---|---|---|
| Číslo práce: | FCH-DIP1537/2020 | Akademický rok: | 2020/21 |
| Ústav: | Ústav chemie potravin a biotechnologií | | |
| Studentka: | **Bc. Veronika Árendásová** | | |
| Studijní program: | Chemie a technologie potravin | | |
| Studijní obor: | Potravinářská chemie a biotechnologie | | |
| Vedoucí práce: | **Ing. Andrea Němcová, Ph.D.** | | |

## Název diplomové práce:

Využití hmyzí mouky pro potravinářské a krmní účely

## Zadání diplomové práce:

V rámci práce budou řešeny následující dílčí úkoly:

1) Zpracování rešerše na dané téma
2) Charakterizace hmyzí mouky z hlediska hlavních složek
3) Detailnější analýza vybraných složek pomocí instrumentálních technik
4) Využití hmyzí mouky pro přípravu potraviny nebo krmní směsi
5) Vyhodnocení výsledků a diskuse

## Termín odevzdání diplomové práce: 30.7.2021:

Diplomová práce se odevzdává v děkanem stanoveném počtu exemplářů na sekretariát ústavu. Toto zadání je součástí diplomové práce.

| | | |
|---|---|---|
| Bc. Veronika Árendásová<br>student(ka) | Ing. Andrea Němcová, Ph.D.<br>vedoucí práce | prof. RNDr. Ivana Márová, CSc.<br>vedoucí ústavu |

V Brně dne 1.2.2021

prof. Ing. Martin Weiter, Ph.D.
děkan

# ABSTRAKT

Hmyzia múčka má potenciál ako potravina alebo krmivo. Pre rastúci počet obyvateľov je potrebné zabezpečiť dostatok potravy, a to je spojené so zvyšujúcim dopytom po živočíšnej výrobe. Základom ľudskej stravy je od nepamäti mäso a ryby ako bohatý zdroj proteínov a tukov pre ľudskú výživu. Kvalitným zdrojom živočíšnych proteínov a tukov pre ľudí sú ryby, ktoré tvoria základ jedálnička veľkého množstva ľudí hlavne v prímorských oblastiach. Narastajúci dopyt po rybách je spojený so zvyšujúcimi záujmom o kvalitne a cenovo prijateľné krmivo pre ryby. Hlavnou zložkou krmiva rýb je v dnešnej dobre rybia múčka, ktorej cena neustále rastie. Udržateľnosť akvakultúrneho priemyslu závisí od nájdenia náhrady za rybiu múčku, ktorá by sa vyznačovala rovnakou výživovou hodnotou a dostupnosťou. V poslednej dobe začal rásť záujem o živočíšne bielkoviny z hmyzu pri výkrme rýb.

Táto diplomová práca bola zameraná na analýzu hmyzej múčky z lariev Múčiara obyčajného (*Tenebrio molitor)* a jej využitie pre potravinárske a kŕmne účely. Teoretická časť popisuje Múčiara obyčajného, využitie hmyzej múčky pre ľudskú výživu a výkrm rýb. Ďalej sú tam popisované nároky rýb na jednotlivé nutrienty a charakterizáciu kŕmneho hmyzu zameranú na Múčiara obyčajného použitého, ako alternatívnej zložky krmiva u rýb. V experimentálnej časti boli stanovené jednotlivé významné nutričné látky, a to proteíny, lipidy, mastné kyseliny, aminokyseliny, vláknina, chitín a vybrané minerálne látky. Experimentálna časť bola rozdelená na dve časti a prvá časť bola rozdelená na dve fázy. Prvej fázy sa stanovovali nutričné zložky v dvoch frakciách hmyzej múčky z lariev *Tenebrio molitor*. Prvá frakcia obsahovala jemný podiel a druhá frakcia hrubý podiel hmyzej múčky. V druhej fáze sa stanovoval obsah nutrične významných zložiek iba v hmyzej múčke zo sušených lariev bez rozdelenia na frakcie. Z výsledkov analýz bolo navrhnuté krmivo pre ryby. V druhej časti bol skúmaný vplyv prídavku hmyzej múčky z *Tenebrio molitor* pre potravinárske účely, konkrétne sa sledovali senzorické vlastnosti muffinov.

Z výsledkov môžeme pozorovať, že nutričné zloženie hmyzej múčky naznačuje možnosť použitie lariev Múčiara obyčajného, ako zložky stravy rýb. Hmyzia múčka obsahuje vysoký podiel cenných proteínov a lipidov potrebných pre chov rýb a nízky podiel sacharidov, ktoré ryby v strave nepotrebujú na rozdiel od ľudí. Výsledky senzorickej analýzy poukazujú na nepripravenosť spotrebiteľov na potraviny s prídavkom hmyzu.



# KĽÚČOVÉ SLOVÁ

*Tenebrio molitor*, hmyzia múčka, aquaponia, krmivo pre ryby, senzorická analýza

# ABSTRACT

Insect meal has excellent potential as food or feed. There is a need to provide enough food for the growing population, which is linked to the increasing demand for livestock production. Meat and fish have always been the staple of the human diet as a rich source of proteins and fats for human nutrition. Fish is a good source of animal protein and fat for humans, which forms the basis of the diet of a large number of people who generally live in coastal areas. The increasing demand for fish is associated with a growing interest in high-quality and affordable fish feed. Nowadays, the main ingredient in fish feed is fishmeal, and the price is constantly increasing. The sustainability of the aquaculture industry depends on finding a substitute for fishmeal with the same nutritional value and availability. Recently, there has been a growing interest in animal protein from insects for fish fattening.

This thesis focused on analysing insect meal from mealworm larvae (Tenebrio molitor) and its use for food and feed purposes. The theoretical part describes the mealworm, the use of insect meal for human nutrition, and fish fattening. It also describes the requirements of fish for individual nutrients and the characterisation of insects for feeding purposes, focusing on the mealworm used as an alternative feed ingredient in fish. The individual major nutrients, namely protein, lipids, fatty acids, amino acids, fibre, chitin, and selected minerals, were determined in the experimental part. The experimental part was divided into two parts, and the first part was divided into two phases. The first phase was used to determine the nutritional components in two fractions of insect meal from Tenebrio molitor larvae. The first fraction contained the fine fraction, and the second fraction the coarse fraction of insect meal. In the second phase, the content of nutritionally significant components was only determined in the insect meal from dried larvae without fractionation. A fish feed was designed from the analyses results. In the second part, the effect of the addition of insect meal from Tenebrio molitor for food purposes was investigated; specifically, the sensory properties of muffins were monitored.

From the results, it can be observed that the nutritional composition of the insect meal suggests the possibility of using the mealworm larvae as an ingredient in the fish diet. The insect meal contains a high proportion of valuable proteins and lipids necessary for fish farming and a low proportion of carbohydrates, which unlike humans, fish do not need in their diet. The sensory analysis results indicate that consumers are not prepared to eat foods with added insects.



# KEY WORDS

*Tenebrio molitor*, insect meal, aquaponic, fish feed, sensory analysis

ÁRENDÁSOVÁ, Veronika. Využití hmyzí mouky pro potravinářské a krmní účely [online]. Brno, 2021 [cit. 2021-07-23]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/131499. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, Ústav chemie potravin a biotechnologií. Vedoucí práce Andrea Němcová..

# PREHLÁSENIE

Prehlasujem, že som túto diplomovú prácu vypracovala samostatne pod vedením vedúcej diplomovej práce a konzultanta, a všetky použité zdroje som citovala. Diplomová práca je z hľadiska obsahu majetkom Fakulty chemickej VUT v Brne a môže byť použitá ku komerčným účelom, len so súhlasom vedúceho diplomovej práce a dekana FCH VUT.

Veronika Árendásová

.....

# POĎAKOVANIE

Rada by som sa poďakovala svojej vedúcej diplomovej práce, Ing. Andrei Němcovej, Ph.D. a konzultantovi prof. Ing. Tomášovi Svěrákovi, CSc., za odborné vedenie, cenné rady, informácie, usmernenie pri písaní mojej práce a ochotu. Rada by som tiež poďakovala firme UGF s.r.o. za poskytnutie reprezentatívnych vzoriek lariev Múčiara obyčajného (*Tenebrio molitor*). Ďalej chcem poďakovať všetkým, ktorí mi akýmkoľvek spôsobom pomohli pri spracovaní tejto diplomovej práce. A v neposlednej rade by som sa chcela poďakovať mojej rodine za pomoc počas celého štúdia.

# OBSAH


1 ÚVOD ..... 8
2 TEORETICKÁ ČASŤ ..... 9
2.1 Kŕmny hmyz ..... 9
2.2 Legislatíva ..... 9
2.3 Múčiar obyčajný (Tenebrio molitor) ..... 10
2.3.1 Obecná charakterizácia ..... 11
2.3.2 Chov Tenebrio molitor ..... 11
2.4 Nutričné zloženie hmyzej múčky z *Tenebrio molitor* ..... 12
2.4.1 Proteíny ..... 12
2.4.2 Lipidy ..... 14
2.4.3 Sacharidy ..... 15
2.4.4 Minerálne látky a vitamíny ..... 16
2.5 Využitie hmyzej múčky pre ľudskú výživu ..... 16
2.6 Využitie hmyzej múčky pre výkrm rýb ..... 17
2.7 Zloženie stravy rýb. ..... 20
2.7.1 Proteíny vo výžive rýb ..... 20
2.7.2 Lipidy vo výžive rýb ..... 21
2.7.3 Sacharidy vo výžive rýb ..... 22
2.7.4 Vitamíny vo výžive rýb ..... 22
2.7.5 Minerálne látky ..... 22
2.8 Aquaponia ..... 23
2.9 Inštrumentálne metódy ..... 24
2.9.1 Plynová chromatografia ..... 24
2.9.2 UV-VIS spektrofotometria ..... 25
2.9.3 Optická emisná spektrometria s indukčne viazanou plazmou ..... 25
3 CIELE PRÁCE ..... 26
4 EXPERIMENTÁLNA ČASŤ ..... 27
4.1 Použité chemikálie, prístroje a pomôcky ..... 27
4.1.1 Použité chemikálie: ..... 27
4.1.2 Prístroje a pomôcky: ..... 28
4.2 Metódy k stanoveniu nutričných hodnôt ..... 29
4.2.1 Použitý hmyz pre analýzu ..... 29
4.2.2 Stanovenie vlhkosti a sušiny ..... 29
4.2.3 Stanovenie obsahu popola ..... 30
4.2.4 Stanovenie obsahu bezdusíkatých látok výťažkových ..... 30
4.2.5 Stanovenie obsahu tuku ..... 30
4.2.6 Stanovenie obsahu mastných kyselín ..... 31
4.2.7 Stanovenie obsahu bielkovín ..... 31
4.2.8 Stanovenie obsahu celkových sacharidov ..... 33
4.2.9 Stanovenie redukujúcich sacharidov ..... 34
4.2.10 Stanovenie obsahu chitínu ..... 34
4.2.11 Stanovenie obsahu vlákniny podľa Henneberga a Stohmanna ..... 35
4.2.12 Stanovenie obsahu ADF a NDF vlákniny ..... 35
4.2.13 Stanovenie obsahu mikroprvkov a makroprvkov ..... 36

4.3 Senzorická analýza ... 38
4.3.1 Analyzované vzorky ... 38
4.3.2 Priebeh senzorickej analýzy ... 40
5 VÝSLEDKY A DISKUSIA ... 41
5.1 Obsah základných zložiek ... 41
5.1.1 Obsah vlhkosti a sušiny ... 41
5.1.2 Obsah popola ... 41
5.1.3 Obsah tuku ... 42
5.1.4 Obsah bielkovín ... 42
5.1.5 Vláknina ... 43
5.1.6 ADF a NDF vláknina ... 43
5.1.7 Bezdusikaté látky vyťažkové (BNVL) ... 43
5.2 Profil mastných kyselín ... 44
5.3 Celkové sacharidy ... 48
5.4 Redukujúce sacharidy ... 49
5.5 Obsah chitínu ... 49
5.6 Minerálne látky ... 50
5.7 Profil aminokyselín ... 51
5.8 Návrh krmiva ... 52
5.9 Výsledky senzorickej analýzy ... 53
5.9.1 Hodnotenie farby ... 56
5.9.2 Hodnotenie vône ... 58
5.9.3 Hodnotenie konzistencie ... 59
5.9.4 Hodnotenie chuti ... 61
5.9.5 Hodnotenie celkovej prijateľnosti ... 62
5.9.6 Poradový test ... 63
6 ZÁVER ... 65
ZOZNAM SKRATIEK ... 75
PRÍLOHY ... 76

# 1 ÚVOD

Napĺňanie potravinových potrieb rastúcej svetovej populácie je jedným z najdôležitejších globálnych problémov našej doby. S tým súvisí aj zvýšená spotreba živočíšnych produktov. Všeobecne sa zdôrazňuje, že potreba bude v najbližších desaťročiach oveľa vážnejšia, a že v tomto okamihu by sa mali prijať radikálne opatrenia. Neustálé hľadanie alternatív v tomto okamihu ukázalo, že hmyz môže byť jedným z ideálnych zdrojov výživy ľudí, hospodárskych a záujmových zvierat. Mnoho druhov hmyzu sa využilo na súvisiace výskumy a výsledky preukázali, že najmä Múčiar obyčajný je v mnohých aspektoch najideálnejším druhom. Tento druh, má veľa výhod, ako napríklad nenáročný chov a možnosť kŕmenia organickými odpadmi. Využívanie hmyzu navyše prispieva k prirodzenej recyklácii živín. Pre svoje výhody sa začal v poslednom desaťročí vo veľkej miere chovať v mnohých častiach sveta. Publikované výsledky týkajúce sa použitia hmyzej múčky, ako zložky stravy zvierat naznačujú, že hmyz má potenciál ako krmivo. Ako zdroj bielkovín má hmyz adekvátny profil aminokyseliny. Ryby v strave potrebujú vysoko kvalitné bielkoviny, ale vzhľadom na ekologické dôsledky výroby rybej múčky je potrebné nájsť nové zdroje bielkovín. V súčasnosti je múčka z hmyzu jedným z najsľubnejších alternatívnych zdrojov bielkovín v strave zvierat. Produkcia hmyzu nemá za následok nadmerné emisie plynov, tvorbu odpadu alebo riziko získania nekvalitných bielkovín v strave.

Cieľom tejto diplomovej práce bola charakterizácia hmyzej múčky z Múčiara obyčajného (*Tenebrio molitor*) z hľadiska hlavných zložiek a následne detailná analýza nutričných hodnôt pomocou inštrumentálnych techník. Ďalším cieľom bolo využitie hmyzej múčky pre kŕmne účely alebo na ľudskú výživu. V danej práci bolo navrhnuté krmivo pre ryby a bola prevedená senzorická analýza muffinov s prídavkom Múčiara obyčajného. Výsledky analýz poukazujú na vhodnejšie nutričné zloženie pre výkrm rýb a nepripravenosť spotrebiteľov na začlenenie hmyzu do stravy ľudí.

# 2 TEORETICKÁ ČASŤ

## 2.1 Kŕmny hmyz

V súčasnosti patria medzi hlavné prísady v krmivách pre zvieratá a ryby: rybia múčka, rybí olej, sójové bôby a rastlinné oleje. Problémom pri výrobe krmív sú neúmerné náklady na kŕmne suroviny: mäsovú múčku, rybiu múčku a sójovú múčku, ktoré predstavujú 60-70 % produkčných nákladov. V súčasnosti asi 10 % svetovej produkcie rýb smeruje na výrobu rybej múčky, preto sa hľadajú alternatívne zdroje proteínov do krmív. Kŕmny hmyz môže byť pre svoje nutričné zloženie, obsah živín a stopových prvkov použitý ako cenný zdroj potravy pre domáce a hospodárske zvieratá. Proteíny v hmyzej múčke sú kvalitou porovnateľné alebo dokonca lepšie ako sójový proteín alebo rybia múčka [1,2,3,4,5,6].

V experimentoch s Múčiarom obyčajným (*Tenebrio molitor*), larvami muchy domácej (*Musca domestica*), nymfami cvrčka domáceho (*Gryllus assimilis*), larvami muchy čiernej (*Hermetia illucens*) a rôznymi druhmi lariev, kde bola z nich vyrobená hmyzia múčka použitá ako krmivo pre kurčatá, potkany a niektoré druhy rýb viedla k optimálnemu rastu vybraných zvierat. Pri kŕmení múčnych červov kŕmnou zmesou pre kurčatá a následným skrmovaním kurčiat, bolo pozorované vyššie zastúpenie vitamínu D v kurčatách kŕmených múčnymi červami oproti kurčatám kŕmených kŕmnou zmesou. Pri vystavení múčnych červov substrátom s vysokým obsahom Ca, a to do pšeničných otrúb, alebo substrátov doplnených o 4, 8 alebo 12 % Ca z $CaCO_3$. Bol pozorovaný vápnik v múčnych červoch o 76 % biologicky dostupnejší pre mineralizáciu kostí u kurčiat, ako Ca v lastúre ustrice [2,7].

Posledné štúdie naznačujú využitie červov, ako doplnku krmiva pre vylepšený výkon brojlerov. Červy, ktoré sú hlavným zdrojom bielkovín v strave, sa objavujú počas biologického rozkladu kuracieho trusu pomocou muchy domácej. Výkon brojlerových kurčiat bol ovplyvnený optimálnym profilom aminokyselín, vysokým obsahom bielkovín (63,99 %) a esenciálnych aminokyselín (29,46 %) u červov. Kŕmením brojlerových kurčiat krmivom obsahujúcim 10 – 15 % červov, ktoré boli kŕmené kuracími výkalmi, môže spôsobiť lineárne zvýšenie prírastku živej hmotnosti brojelerových kurčiat a zvýšiť kvalitu mäsa. Boli prevádzané aj experimenty s rybami, kde bola čiastočne nahradená rybia múčka hmyzou múčkou z larvy *Hermetia illucens*, kukly muchy domácej *Musca domestica* a larvy *Tenebrio molitor* použité pri chove rýb a kreviet. Výsledky štúdií naznačujú, že pri nahradení 50 % rybej múčky hmyzou múčkou, nedochádza k zmene rastu rýb a kreviet a nedochádza k žiadnym nepriaznivým účinkom na ich imunitu. Hmyzia múčka zložená z *Tenebrio molitor* je vhodnou alternatívou k rybej múčke pri komerčnom chove bielych kreviet kvôli vysokej hodnote bielkovín a prítomnosti chitínu a iných bioaktívnych látok, ktoré pôsobia proti infekcii spôsobenej patogénmi [3,8,9,10,11].

## 2.2 Legislatíva

Hmyz predstavuje zdroj vysoko kvalitných bielkovín s vysokou výťažnosťou a schopnosťou reprodukcie. Vzhľadom k potenciálnym benefitom rastie záujem o využívanie hmyzu v potravinách a krmivách. Do roku 2008 bol v Česku považovaný hmyz v krmivách za biologické nebezpečenstvo, ktoré môže zaniesť do krmiva nákazy. V roku 2008 vyšla

Vyhláška č. 356/2008, kde bol hmyz po prvý krát nadefinovaný ako kŕmna surovina [12]. Následne v roku 2015 bola vydaná príloha č. 4 Vyhláška č. 295/2015 Sb. definuje skupinu kŕmnych surovín pre označovanie kŕmnych zmesí pre zvieratá neurčené k produkcií potravín, s výnimkou kožušinových zvierat. Skupina 18: Hmyz – zahrňuje všetky druhy hmyzu vo všetkých vývojových štádiách. A od roku 2017 je v Európskej únii povolené v krmivách používať spracované živočíšne bielkoviny získané z farmovo chovaného hmyzu pre živočíchy pochádzajúce z akvakultúry, a to nariadením Komisie (EU) 2017/893. V preambuli tohoto nariadenia je konštatované, že zo štúdií vyplýva, že farmovo chovaný hmyz by mohol predstavovať udržateľnú alternatívu ku konvenčným zdrojom živočíšnych bielkovín určených ku kŕmeniu neprežúvavých hospodárskych zvierat. Okrem toho je možné používanie sušeného hmyzu v krmive pre zvieratá v záujmových chovoch. Spracované živočíšne bielkoviny získané z farmovo chovaného hmyzu určeného k výrobe krmiva pre hospodárske zvieratá, môžu byť získané iba z vybraných druhov:

- Mucha čierna *Hermetia illucens*, Mucha domáca ( *Musca domestica*)
- Múčiar obecný (*Tenebrio molitor*), Potemník stajňový (Alphitobius diaperinus)
- Svrček domáci (*Acheta domesticus*), Svrček krátkokrídly (*Gryllodes sigillatus*), Svrček banánový (*Gryllus assimilis*) [13,14]

Hmyz v potravinách je v Európskej únií podľa nariadenia Európskeho parlamentu a Rady (EU) 2015/2283 o nových potravinách, je v Európskej únií od 1. 1. 2018 uznaný hmyz a výrobky z hmyzu ako nová potravina. Všetky druhy hmyzu pred uvedením na trh musia prejsť schvaľovacím procesom podľa nariadenia Európskej únie 2015/2283. Od 1. 6. 2021 Evropská komisia prijala nariadenie Komisie (EU) 2021/882, ktorý povoľuje uvedenie Tenebrio molitor na trh ako novú potravinu podľa nariadenia Európskeho parlamentu a Rady (EU) 2015/2283. Tenebrio molitor môže byť na trh uvedený ako sušený celok alebo ako súčasť iných potravinárskych výrobkov (proteínové výrobky, sušienky, cestoviny). Na obale je povinné uvádzať, že sušené Tenebrio molitor môže spôsobovať alergické reakcie ľuďom alergickým na kôrovce a výrobky z nich a na prachové roztoče. V produktoch obsahujúcich hmyz (sušienky, cestoviny, atď.) môže byť obsah v maximálnom množstve 10 g/100 g [15,16].

## 2.3 Múčiar obyčajný (Tenebrio molitor)

Múčiar obyčajný sa nachádza po celom svete kvôli globalizácii. Označuje sa ako európsky múčny červ a je členom radu *Coleoptera* z čeľade *Tenebrionidae*. Druhy bežne prezimujú v larválnom štádiu, zakuklia sa na jar a potom skoro v lete sa začnú objavovať už dospelí jedinci. Kompletný životný cyklus Múčiara obyčajného (Obrázok 1) obsahuje štádia: vajce, larva, kukla a dospelý jedinec [17,18,19].

Obrázok 1: Múčiar obyčajný (*Tenebrio molitor*) [19]

### 2.3.1 Obecná charakterizácia

Múčiar obyčajný sa pôvodne považoval za škodcu kvôli nenásytnej chuti do jedla a schopnosti konzumovať uskladnené zrná alebo krmivo pre zvieratá. Schopnosť hromadne vyrábať tento druh však viedla k tomu, že tí, ktorí predávajú larvy ako krmivo pre zvieratá, ho v súčasnosti považujú za prospešné. Ide o prevažne synatropný druh. V prírode sa voľne vyskytujú v práchnivých starých listnatých stromoch a vtáčích hniezdach. Larvy majú vysoký obsah bielkovín a tukov, môžu sa predávať živé alebo sušené. Sú obľúbenou pochúťkou pre plazy a vtáky. Larvy sa môžu tiež spracovávať a predávať ako potravina pre ľudí (napr. sladkosti, múka). Vývoj z vajíčka na dospelého jedinca trvá približne štyri mesiace v závislosti od podmienok prostredia. Múčiari obyčajní sa chovajú v priemyselnom meradle na nízko výživných odpadových materiáloch a používajú sa ako krmivo pre brojlerové kurčatá. Zloženie stravy *Tenebrio molitor* sa odzrkadľuje na zložení jeho tela. Múčne červy sú sľubnou alternatívou predovšetkým ku konvenčným zdrojom bielkovín [1,15,20,21].

### 2.3.2 Chov Tenebrio molitor

Chov je jednoduchý, pretože Múčiar obyčajný je nenáročný na chovný substrát. Dá sa chovať na otrubách, kukuričnom škrobe, kvasniciach, múke, zelenine, ovocí, pilinách atď. Pri chove je dôležitý len prístup kyslíku. Pri spoločnom chove lariev s dospelými jedincami dochádza k tomu, že dospelé jedince požierajú larvy a kukly, preto ich treba od seba oddeľovať. Samica ukladá od 250 do 1 000 vajíčok v kôpkach do jedla, aby mohli neskôr larvy rýchlo rásť. Vajcia majú tvar fazule a sú lepkavé, lesklo bielej farby. Vajcia majú dĺžku 1,7-1,8 mm a šírku 0,6-0,7 mm. Inkubačná doba vajec je veľmi ovplyvnená teplotou, optimálna teplota je 25 ° C po dobu 2 týždňov. Po približne dvoch týždňoch sa z vajíčok vyliahnu biele larvy, ktoré sa po stvrdnutí chitínovej škrupiny sfarbia do čierna. Larvy môžu mať dĺžku 2 cm a sú sfarbené do žlto-hneda. Larválne štádium trvá 6-8 mesiacov za optimálnych podmienok, v nepriaznivom prostredí môže dosiahnuť až 2 roky. Zrelé larvy hľadajú vhodné miesto na zakuklenie. V štádiu kukly sú larvy žltkastej farby s dĺžkou 1 cm. Sú mäkké, nepohyblivé a relatívne nechránené kvôli neprítomnosti kukly. Štádium kukly je ovplyvnené teplotou a môže sa pohybovať od 6 dní do 28-18 dní pri 18 ° C. Dospelé chrobáky sú lesklej hnedo-čiernej farby a dlhé asi 1 cm. Dĺžka života dospelého jedinca sa pohybuje od 37 do 96 dní. Párenie sa uskutoční do niekoľkých dní od vzniku dospelého jedinca a opakuje sa po celý život [1].

## 2.4 Nutričné zloženie hmyzej múčky z *Tenebrio molitor*

Nutričné hodnoty v hmyzej múčke sú veľmi variabilné, kvôli širokému spektru rozmanitosti druhov hmyzu. Hmyz je dôležitým zdrojom potravy pre zvieratá i ľudí. Ide o dobrý zdroj bielkovín, lipidov, vitamínov a minerálov, ale zastúpenie jednotlivých nutrientov sa bude líšiť v závislosti od stravy a vývojového štádia. V rámci tej istej skupiny druhov hmyzu sa môžu hodnoty nutrientov líšiť v závislosti od metamorfovaného štádia hmyzu (najmä u druhov s úplnou metamorfózou - známa ako holometaboózne druhy - ako sú mravce, včely a chrobáky) a závisí to aj od ich biotopu a stravy [1,2,22].

V hmyzej múčke z Múčiara obyčajného je vysoký obsah polynenasýtených mastných kyselín a bielkovín. Obsahuje vitamín B12 a minerály meď, sodík, draslík, železo, zinok a selén. Larvy múčnych červov (*Tenebrio molitor*) sú zaradené medzi jedlý hmyz, používaný v krmivách a v potravinách. Chemické zloženie lariev múčnych červov je veľmi variabilné a je ovplyvnené krmivom lariev. Čerstvé larvy múčnych červov obsahujú približne 60 % vlhkosti a vysoké množstvo bielkovín a lipidov. Obsah bielkovín je 24,3-27,6 %, popola 1,8- 2,2 % a obsah tuku 12,0-12,5 %. Sušené larvy múčnych červov obsahujú 4,3-5,7 % popola, 63,31- 68,87 % bielkovín a 29,83-31,17 % tuku. Avšak, relatívne vysoký obsah lipidov v sušených larvách múčnych červov a vysoká hladina nenasýtených mastných kyselín ich robí náchylnými na oxidáciu, ak sa neošetria antioxidantmi. Vlhkosť a obsah popola významne klesá s vekom lariev múčnych červov, zatiaľ čo obsah bielkovín má opačný trend. Ako krmivo pre ryby je na základe ekonomických výhod, času chovu a chemického zloženia tela lariev vhodný zber približne v 60. deň vývoja lariev. Dospelý Múčiar obyčajný nemôže byť použitý v krmivách, pretože obsahuje chinóny. Naopak larvy sú vysoko kvalitným krmivom, ktoré je bohaté na proteíny a tuky a chudobné na popol. Zvyčajne sú ryby kŕmené živými larvami, ale ku kŕmeniu môže byť použitá i múčka z lariev [1,2,23,24,25].

### 2.4.1 Proteíny

Proteíny (bielkoviny) vznikajú procesom proteosyntézy a sú základnou zložkou všetkých živých organizmov. Obsah surových proteínov v larve Múčiara obyčajného sa pohybuje 83- 598,1 g/kg. Približný obsah dusíkatých látok u lariev je v rozmedzí 13,5-22,5 g/100 g lariev, u kukiel 12 g/ 100 g kukiel a u dospelých jedincov 23,7-24,59 g/ 100 g dospelých jedincov. Vyššie zastúpenie proteínov je u starších lariev. Kvalita proteínov a výživová hodnota závisí od zastúpenia aminokyselín. Množstvo proteínov spočíva od prijímaného krmiva, klimatických podmienok chovu a štádia metamorfózy. Ide o vysokomolekulové látky, ktoré sú zložené z jedného alebo viacerých polypeptidových reťazcov. Polypeptid sa skladá z reťazca aminokyselín pospájaných peptidovými väzbami. Všetky organizmy našej planéty vyrábajú polypeptidové reťazce, podľa rovnakých pravidiel. Spojujú do lineárnych reťazcov zvyšky 20 rôznych α-aminokyselin o konfigurácií L- v predpísanom poradí charakterickom pre každú bielkovinu [24,26,27,30,31,32,33].

Bielkoviny môžu svoje funkcie vykonávať len vtedy, keď sú zbalené do patričného tvaru, tzv. priestorovej konformácie. Konformácia bielkoviny je priamo daná počtom a poradím jednotlivých aminokyselín tvoriacich polypeptidový reťazec. Vlastnosti bielkovín sú podmienené ich chemickým zložením, štruktúrou a molekulovou hmotnosťou.

Proteíny zastávajú v organizme radu funkcií, ktoré sú dané poradím aminokyselinových zvyškov v molekule, nie priamo ale prostredníctvom priestorovej štruktúry, ktorá je podmienená danou sekvenciou stavebných jednotiek. Aj napriek rozličnosti funkcií bielkovín majú ich realizácie veľa spoločného. Vlastnú funkciu zaisťuje, len obmedzená oblasť bielkoviny (výnimku tvorí napr. stavebná funkcia), nazývaná aktívne miesto. Úvodným krokom je blízky kontakt bielkoviny s reakčným partnerom, ktorý väčšinou vedie k ich vzájomnému prechodnému spojeniu radou nekovalentných väzieb. Tým príde k špecifickému rozpoznaniu. Neaktívna časť molekuly vytvára vhodné prostredie pre realizáciu funkcie, reguluje aktivitu reaktívnej oblasti. Medzi základné funkcie proteínov patrí:

- rozpoznávacia funkcia
- tvoria štruktúru základnej cytoplazmy, ribozómov a iných organiel
- zabezpečuje transport látok cez bunkovú membránu
- regulačné proteíny riadia rast a diferenciáciu buniek
- prenášajú signály vo vnútri buniek alebo medzi bunkami
- receptory v bunkových membránach
- protilátky v imunitnej obrane organizmu
- stavebná a podporná funkcia [26,27]

Múčiar obyčajný neponúka iba vysoký obsah bielkovín, ale bohaté zastúpenie esencialných aminokyselín. Aminokyseliny sú organické kyseliny obsahujúce aminovú a karboxylovú skupinu. Sú základnou stavebnou zložkou proteínov. Postranné reťazce aminokyselín predurčujú fyzikálno-chemické vlastnosti. Polarita postranného reťazca určuje kam bude orientovaná aminokyselina pri formovaní peptidov a proteínov. Podľa vzájomnej polohy aminoskupiny a karboxylovej skupiny rozlišujeme α- a ß-aminokyseliny. Niektoré aminokyseliny sa vyskytujú, len v určitých druhoch alebo dokonca v jedinom organizme. Rastliny a mikroorganizmy si pre svoju spotrebu vedia aminokyseliny sami vyrobiť. Živočíchy vyrábajú, len niektoré a ostatné aminokyseliny musia prijímať vo forme bielkovín, takým aminokyselinám hovoríme esenciálne. Múčiar obyčajný obsahuje všetkých 10 esenciálnych aminokyselin potrebných pre výživu rýb (Tabuľka 1). Zastúpenie jednotlivých aminokyselín závisí od druhu krmiva a oblasti chovu [1,26,27].

Tabuľka 1: Zastúpenie jednotlivých aminokyselín v larvách Tenebrio molitor [2,28,29]

| Aminokyseliny | Larva (g/kg)[a] | Larva (g/kg)[b] | Larva (g/kg)[c] |
|---|---|---|---|
| **Arginin** | 10,8 | 11,3 | 9,7 |
| **Histidin** | 16,6 | 7,1 | 5,9 |
| **Isoleucin** | 18,6 | 16,5 | 9,4 |
| **Leucin** | 29,5 | 15,8 | 19,9 |
| **Lyzín** | 27,2 | 13,5 | 10,2 |
| **Metionin** | 4,6 | 3,1 | 2,4 |
| **Fenylalanin** | 0,7 | 8,2 | 6,6 |
| **Treonin** | 23,6 | 8,4 | 7,7 |
| **Tryptofan** | ND | ND | 1,8 |
| **Valin** | 29,7 | 11,3 | 11,0 |
| **Alanin** | 46,0 | 17,1 | 15,4 |
| **Glycín** | 37,0 | 11,2 | 10,4 |
| **Prolin** | 32,6 | 14,0 | 13,0 |
| **Serín** | 22,5 | 9,7 | 9,6 |
| **Tyrozín** | 1,0 | 16,1 | 13,7 |
| **Kyselina asparágová** | 31,5 | 16,7 | 15,2 |
| **Kyselina glutamová** | 45,5 | 26,4 | 21,1 |

[a] Bednářová et al. (2011) [29], [b] Nergui Ravzanaadii et al. (2012) [28], [c] Finke (2002) [2], ND neuvedené

### 2.4.2 Lipidy

Lipidy sú heterogénna skupina zlúčenín, ktoré sú nerozpustné vo vode a dobre rozpustné v nepolárnych rozpúšťadlách. Lipidy sú estery vyšších karboxylových kyselín a alkoholov. V hmyzej múčke z Múčiara obyčajného množstvo lipidov rastie so zvyšujúcou sa veľkosťou použitých lariev a ich vekom. Obsah tuku sa pohybuje v rozmedzí od 13 % do 37 %. U lariev je obsah lipidov v sušine 28-37 %, u kukiel 31-35 % a u dospelých jedincov Múčiara obyčajného 13-23%. Množstvo tuku závisí od klimatických podmienok, vývojového štádia, pohlavia, prostredia a krmiva Múčiara obyčajného. Telá samičiek obsahujú viac tuku ako samčekov. Najnižšie zastúpenie lipidov je pozorované pri najmladších larvách. Hladiny cholesterolu má 513 mg/ kg. Lipidy sú v potravinách energeticky najbohatší makronutrient. Zastúpenie lipidov u Múčiara obyčajného je prvotným ukazovateľom kvality správneho chovu. Čím je vyšší obsah tuku, tým lepšie a dôkladnejšie prebiehal chov [2,24,26,28,30,34,35,36,37].

Rovnako ako obsah tuku tak i profil mastných kyselín je ovplyvnený krmivom. Mastné kyseliny sú karboxylové kyseliny, ktoré majú väčšinou párny počet uhlíkov kvôli syntéze z dvojuhlíkových jednotiek acetyl-CoA. Vyskytujú sa voľne, alebo ako súčasť lipidov. Sú dobre rozpustné v nepolárnych rozpúšťadlách. Z hľadiska výživy sú mastné kyseliny najvýznamnejšou zložkou lipidov. Zloženie mastných kyselín u hmyzu je podobné ako u rýb a hydiny, ale obsahujú viac polynenasýtených mastných kyselín (PUFA). *Tenebrio molitor* obsahuje približne 74,64 % nenasýtených mastných kyselín. Hmyzia múčka obsahuje

cenné mastné kyseliny. Obsahuje významné množstvo kyseliny linolénovej, kyseliny olejovej, kyseliny palmitovej a kyseliny linolovej (Tabuľka 2) [26,38,39,40,41].

Tabuľka 2: Profil mastných kyselin v *Tenebrio molitor* v celkovom obsahu mastných kyselín [2,42,43]

| Mastné kyseliny | Larva (%)[a] | Larva (%)[b] | Kukla (%)[a] | Dospelý jedinec (%)[c] |
|---|---|---|---|---|
| laurová | 0,7 | 0,2 | 0,7 | 0,0 |
| myristová | 6,1 | 2,6 | 6,4 | 1,8 |
| palmitová | 19,4 | 18,1 | 19,6 | 18,9 |
| palmitoolejová | 2,5 | 2,1 | 2,3 | 1,3 |
| heptadekánová | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,4 |
| stearová | 3,1 | 3,9 | 3,8 | 5,8 |
| olejová | 45,9 | 41,2 | 41,2 | 39,9 |
| linolová | 19,0 | 29,9 | 22,9 | 30,5 |
| linolenová | 0,3 | 1,6 | 0,5 | 0,9 |
| arachová | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,4 |

[a] Dreassi et al. (2017) [43], [b] Zielinska et al. (2015) [42], [c] Finke (2002) [2]

### 2.4.3 Sacharidy

Sacharidy sú biomolekuly obsahujúce vo svojej štruktúre uhlík, kyslík a vodík. Sumárny vzorec pre nemodifikované sacharidy je $(CH_2O)_n$. Ide v prírode o najrozšírenejšie organické zlúčeniny, vznikajúce v procese fotosyntézy. Kŕmny hmyz obsahuje nižšie zastúpenie sacharidov, ako bielkovín a tukov rovnako ako väčšina zvierat. Obsahujú 1,1 % sacharidov. Najviac je zastúpená fruktóza, následne glukóza, manóza a trehalóza. Hmyz je špeciálna skupina zvierat, kde sú sacharidy prevažne zastúpené chitínom od 5-16 % [26,27,30,36,37,44].

Chitín štruktúrny polysacharid bezstavovcov. Obsah sacharidov v tele hmyzu je nízky, ale obsahuje chitín, ktorý je primárny komponent exoskeletu. Zloženie a množstvo chitínu v hmyze sa líši podľa druhu a vývojového štádia. Obsah chitínu v larvách *Tenebrio molitor* je v priemere 5 %. Na strávenie chitínu je potreba enzýmov chitinázy, chitobiázy a lyzozýmu. Chitín je zložený z nerozvetveného polyméru N-acetylglukozamínu. Predpokladá sa, že chitín je pre ryby nestráviteľný, preto sa do diét pridáva chitináza a chitinolytické baktérie, ktoré zlepšujú stráviteľnosť chitino-proteinovych komplexov. Ďalšou alternatívou je alkalická extrakcia a degradácia chitínu chemickými a enzymatickými metódami pred jeho pridaním do rybej diéty [26,27,45,46,47,48,49,50].

Vláknina je súčasťou sacharidov obsahuje neškrobové polysacharidy (celulózu, hemicelulózu, pektíny, chitín), nestráviteľné oligosacharidy (inulín), zložky príbuzné sacharidom – rezistentní škroby, modifikované celulózy, syntetické deriváty polysacharidov (karboxymetylcelulóza, metylcelulóza, dextríny), lignín a sprievodné látky (kutín, triesloviny). Vláknina sa delí na hrubú vlákninu, acido-detergentnú vlákninu (ADF) a neutrálne-detergentnú vlákninu (NDF). Hrubá vláknina je nerozpustná vláknina, zvyšok vzorky potravy po pôsobení detergentného roztoku a kyslých a alkalických roztokov. ADF charakterizuje obsah lignínu a celulózy. NDF jej hodnota zahrnuje hemicelulózu, celulózu a

lignín. Stanovenie NDF je základnou charakteristikou vlákniny v krmive. Ide o takmer všetku vlákninu, ktorá je z časti stráviteľná. Medzi štruktúrne sacharidy (NDF) je zaradená hemicelulóza a ADF. Neštruktúrne sacharidy zahrňujú cukry, škroby a neutrálne-detergentne rozpustnú vlákninu [51].

### 2.4.4 Minerálne látky a vitamíny

Minerálne látky patria k základným živinám potrebným pre rast organizmov. Majú význam pre rast a tvorbu tkanív, podieľajú sa na metabolizme, vedú nervové vzruchy a sú súčasťou rady biochemických procesov. Organizmus ich nevie sám vytvoriť. Minerálne látky delíme z hľadiska potreby na makroelementy, mikroelementy a stopové prvky. Pri výkrme Múčiara obyčajného má vplyv na zloženie minerálov a vitamínov, obsah a zloženie organického odpadu (zelenina, ovocie, obiloviny) v strave. Hmyz obsahuje draslík, vápnik, fosfor, železo, horčík, zinok, selén... Larvy obsahujú nízke množstvo vápnika, ale dostatočné množstvo fosforu. Pomer vápnika k fosforu je 1:16,9. Všeobecne minerálne zloženie do veľkej miery odráža potravinové zdroje hmyzu a radu ďalších faktorov, a preto dochádza k jej vysokej špecifickosti. Na rast a prežitie lariev Múčiara obyčajného má vplyv draslík a zinok. Obsah minerálnych látok je v rozmedzí 3-8 g na 100 g sušiny (Tabuľka 3). Múčiar obyčajný využíva niektoré minerálne látky k metamorfóze. Počas dospievania dochádza k obnoveniu minerálnych látok potrebných k reprodukcií [2,4,25,26,52].

Múčiar obyčajný obsahuje okrem cenných minerálnych látok aj radu vitamínov, a to vitamíny A, D, K, C a vitamíny skupiny B. Množstvo vitamínov závisí od spôsobu spracovania a druhu krmiva. Zo stúpajúcou teplotou a dĺžkou ohrevu rastie deštrukcia vitamínov, preto pre optimalizáciu zastúpenia jednotlivých nutričných zložiek treba optimalizovať metódy spracovania a chovu [30,37,53,54]

Tabuľka 3: Zastúpenie jednotlivých minerálnych látok v *Tenebrio molitor* [2,5,28,53]

| **Minerálne látky** | **Larva[a] (mg/100g sušiny)** | **Kukla[a,b] (mg/100g sušiny)** | **Dospelý jedinec[a,b,c,d] (mg/100g sušiny)** |
|---|---|---|---|
| Draslík (K) | 1240-1680 | 330-370 | 900-1040 |
| Sodík (Na) | 170-250 | 53-95 | 110-390 |
| Vápnik (Ca) | 55-93 | 29-45 | 47-75 |
| Horčík (Mg) | 160-220 | 120-320 | 160-190 |
| Fosfor (P) | 370-930 | 140-270 | 450-1540 |
| Meď (Cu) | 1,1-1,9 | 0,6-2,6 | 1,5-3,3 |
| Železo (Fe) | 4-46 | 2-20 | 6-12 |
| Mangán (Mn) | 1,3-2,5 | 0,5-1,2 | 1,1-1,3 |
| Zinok (Zn) | 11-23 | 5-11 | 8-12 |

[a] Simon et al. (2013) [53], [b] Rumpold et al. (2013) [5], [c] Nergui Ravzanaadii et al. (2012) [28], [d] Finke (2002) [2]

## 2.5 Využitie hmyzej múčky pre ľudskú výživu

Hmyz v ľudskej výžive môže byť veľmi prínosný. Hmyz vo forme stravy (entomofágia) je známy od pradávna. Nutričné zloženie hmyzu je veľmi pestré a záleží od druhu hmyzu, stravy

hmyzu, vývojového štádia, ale tiež od prípravy a technológii spracovania. Hmyzia múčka je bohatým zdrojom proteínov a tukov. Štúdie dokazujú, že veľa druhov hmyzu je bohatým zdrojom minerálnych látok, ako je vápnik, sodík, draslík, fosfor, mangán, meď, horčík, zinok a železo. Obsahujú aj vitamíny ako riboflavín, tiamín, niacin, kyselinu pantoténovú a biotín, niektoré druhy obsahujú aj kyselinu listovú. Z nutričného hľadiska obsahuje hmyz veľa telu prospešných látok [55,56,57].

Všeobecne je entomofágia bezpečná, ale predsa môže konzumácia i jedlého hmyzu priniesť problémy. Zaradenie hmyzu do ľudskej stravy môže so sebou prinášať aj zdravotné riziká. Hmyz môže obsahovať toxíny, ktoré sa buď prirodzene syntetizujú, alebo sa do tela hmyzu dostanú z chovného substrátu (ťažké kovy, mykotoxíny, dioxíny a iné). Používanie hmyzej múčky v strave môže byť spojené aj mikrobiálnymi rizikami. Rozlišujeme dva typy mikrobiálnych rizík. Mikroorganizmy, ktoré sa prirodzene vyskytujú v tráviacej sústave a potom tie, ktoré sa do organizmu dostanú počas života hmyzu. Problémom pri chove v chovných staniciach je to, že produkty tráviaceho traktu jedného jedinca môže nakaziť patogénmi ostatné jedince, pretože v tráviacej sústave môžu byť tieto mikroorganizmy prospešné, ale za stresových podmienok sa stávajú patogénnymi. Riziko nákazy je prirodzene vyššie v zemiach, kde hmyz nie je správne upravený pred konzumáciou. Hmyz môže spôsobovať aj alergiu a najväčším mínusom v našich zemepisných šírkach je nedôvera ľudí voči jedlám z hmyzu [57,58].

## 2.6 Využitie hmyzej múčky pre výkrm rýb

V posledných rokoch začal hrať hmyz v akvakultúre dôležitú úlohu, ako zdroj bielkovín. Hmyz je najrozmanitejšou skupinou zvierat na svete a tvorí prirodzenú súčasť stravy mäsožravých a všežravých rýb. Hmyz je sľubným zdrojom bielkovín a lipidov v krmivách pre hospodárske zvieratá a ryby. V Európskej únii je používanie hmyzej múčky a hmyzieho oleja v krmive pre ryby povolené. Medzi najsľubnejšie druhy na výrobu priemyselného krmiva patria larvy muchy čiernej, larvy muchy domácej, priadky morušovej a múčne červy. Kobylky a termity sa tiež používajú, ale v menšej miere. K dnešnému dňu sú tieto druhy najviac preštudované. Recyklácia poľnohospodárskeho a lesného odpadu na krmivo, by výrazne znížila organické znečistenie [1,22,59].

Múčka z lariev muchy čiernej (*Hermetia illucens*) je sľubná náhrada za rybiu múčku v krmive pre pstruha dúhového, sumca, tilapiu a krevety, ako alternatívny zdroj proteínov v krmive. Pri Tilapii nílskej (*Oreochromis niloticus*) zloženie tela rýb (sušina, surová bielkovina, lipidy, popol a vláknina) nebolo ovplyvnené použitím krmiva s hmyzou múčkou ($p \geq 0,05$). Krmivo ovplyvnilo iba profil mastných kyselín v tele rýb. Zastúpenie mastných kyselín odzrkadľovalo zloženie stravy. Krmivo s vyšším zastúpením hmyzej múčky obsahovalo viac nasýtených mastných kyselín a naopak menej polynenasýtených mastných kyselín. Na základe výsledkov štúdie možno dospieť k záveru, že hmyzia múčka sa môže použiť na nahradenie až 50 % rybej múčky bez toho, aby to malo nepriaznivý vplyv na rast rýb. Okrem rybej múčky je aj sójový proteín najbežnejším zdrojom proteínov v krmivách. V dôsledku rýchleho rozvoja akvakultúry, začal rásť dopyt po vysoko hodnotných kŕmnych bielkovinách. Výsledky štúdií ukazujú, že nahradením sójového proteínového koncentrátu čiastočne odtučnenou hmyzou múčkou z lariev muchy čiernej, až do úrovne 50 % (18,5 % v

celej strave) zlepšuje kvalitu bielkovín v potrave Tilapie nílskej. Pri použití sójového proteínového koncentrátu, bol zistený vyšší obsah proteínov, ale nižší obsah lipidov a popola v porovnaní s hmyzou múčkou. Koncentrácia esenciálnych aminokyselín, bola nižšia v hmyzej múčke, s výnimkou metionínu, valínu, histidínu a tryptofánu. Nahradením sójového proteínového koncentrátu s čiastočne odtučnenou hmyzou múčkou, až do úrovne 50 % nemá negatívny vplyv na rast rýb [9,60,61,62].

Zahrnutie diét na báze hmyzej múčky z lariev muchy čiernej a hmyzieho oleja výrazne zvýšilo hepatosomatický a viscerosomatický index atlantických lososov (*Salmo salar*) chovaných v sladkej vode. Pri diétach s hmyzou múčkou, boli pozorované nižšie koncentrácie neesenciálnych aminokyselín: glutámovej kyseliny, hydroxoprolínu a taurínu. Naopak koncentrácie tyrozínu mali nižšie diéty, ktoré neobsahovali hmyziu múčku ale rybiu múčku. Nahradením rybej múčky došlo k zníženiu obsahu arzénu a fosforu, zatiaľ čo koncentrácie mangánu a železa sa v diéte zvýšili pri použití lariev z muchy čiernej. Pri nahradení rybej múčky hmyzou múčkou z lariev muchy čiernej kŕmených 60 % morských rias (*Ascophyllum nodosum*), bola u atlantických lososov zvýšená koncentrácia kadmia v krmive. Koncentrácia olova sa zvýšila pri vyššom zastúpení hmyzej múčky v krmive. Koncentrácie fluóru a ortuti v strave klesali so zvyšujúcim sa začlenením hmyzej múčky do stravy. Bol pozorovaný prenos arzénu z krmiva do filiet. Hmyzia múčka a olej z lariev muchy čiernej majú veľký potenciál, ako zdroj živín pre atlantického lososa. Hmyzia múčka z lariev muchy čiernej, ktoré boli kŕmené stravou obohatenou o morské riasy je celkovo bezpečným zdrojom bielkovín pre atlantického lososa. Pokiaľ ide o množstvo kontaminantov, všetky boli prítomné pod limitmi stanovenými v právnych predpisoch EÚ. V Nórsku skúmali prikrmovanie hmyzou múčkou lokálne vyšľachtených lososov atlantických, ktorý boli adaptovaný na morskú vodu. Hmyzia múčka, bola vyrobená z larvy muchy čiernej, ktoré sa chovali na tokoch organického odpadu z potravín určených na ľudskú spotrebu. Pri analýze profilu mastných kyselín vo vyrobených krmivách, bolo pozorované klesanie množstva omega-3 mastných kyselín (EPA a DHA), pri zvyšovaní dávok hmyzej múčky v krmive. Znečisťujúce látky spojené s morskými prísadami, ako sú chlórované pesticídy, klesali so zvyšujúcim sa množstvom hmyzej múčky. Nové pesticídy, ako je endosulfán, zostali konštantné, pravdepodobne preto, že sa tento pesticíd zavádza do krmiva s rastlinnými zložkami. Senzorická analýza filiet rýb neodhalilo žiadne významné rozdiely vo vôni, chuti alebo textúre [55,63,64].

Hmyz je ekologickou alternatívou bohatou na výživné látky. Pri zahrnutí hmyzej múčky z lariev muchy čiernej do stravy pstruha dúhového (*Oncorhynchus mykiss*), dochádza k vyššej biodiverzite zastúpenia mikroorganizmov v čreve rýb. Niektoré baktérie môžu chrániť pred patogénmi, ako aj zvyšovať trávenie. Výsledky štúdií naznačujú, že čiastočne odtučnená múčka z lariev muchy čiernej je platným alternatívnym zdrojom bielkovín a môže nahradiť až 50 % sušiny v krmive pstruha dúhového bez toho, aby to ovplyvnilo organosomatické indexy. Keď sa do stravy začlenil aj mechanicky extrahovaný olej z lariev muchy čiernej, tak celotelový obsah surových bielkovín a aminokyselín pstruha dúhového nepriamo koreloval s úrovňou hmyzej múčky v potrave, ale nie s obsahom oleja, rozdiely boli signifikantné. Výnimku tvorili hydroxyprolín, taurín, treonín a tryptofán. Hydroxyprolín, bol jedinou analyzovanou dusíkatou zlúčeninou, ktorá sa zvýšila v pstruhovi kŕmenom hmyzou múčkou, alebo hmyzím olejom. Hmyzí olej z lariev muchy čiernej ma určitý antihyperglykemický účinok na pstruha na lačno. Zvýšená stráviteľnosť hydroxyprolínu v

diétach obsahujúcich produkty z lariev muchy čiernej má potenciálne výhody pre výrobu krmív s nízkym obsahom tuku. Na základe výsledkov výskumu je odporúčané maximálne zahrnutie hmyzej múčky do stravy pre pstruha dúhového 13 % a oleja môže byť potenciálne nad 10 %. Histopatologické vyšetrenie pečene, sleziny a čriev neodhalilo žiadne nežiaduce účinky pri zvyšovaní hladín hmyzej múčky v krmive. U pečene boli pozorované tukové zmeny. Zmeny v ukladaní glykogénu a aktivácia perivaskulárneho lymfoidného tkaniva. V slezine sa pozorovala hyperplázia bielej buničiny a hemosideróza. Zahrnutie hmyzej múčky v strave nevykazovalo signifikantne histopatologické zmeny pstruha dúhového. Hmyzia múčka stimulovala vyššiu produkciu neutrálnych mucínov, ako kyslých mucínov. Výsledky experimentu naznačujú, že múčka z lariev muchy čiernej môže nahradiť do 20 % sušiny v krmive pstruha dúhového bez toho, aby to ovplyvnilo biomarkery oxiačného stresu. V krmivách s hmyzou múčkou boli najviac zastúpené z esenciálnych aminokyselín leucín, tyrozín a valín, zatiaľ čo kyselina glutámová a kyselina asparágová boli najhojnejšie zastúpené z neesenciálnych aminokyselín. Výsledky výskumu ukázali, že do 40 % zastúpenia lariev muchy čiernej v krmivách rýb vykazovali rovnaké váhové prírastky, ako ryby kŕmené rybou múčkou a nemalo to vplyv na ich prežitie. Obsah kyseliny laurovej, bol zvýšený pri použití hmyzej múčky oproti rybej múčke. Pri 18–36 % zastúpení lariev muchy čiernej v krmivách ryby vykazovali rovnaké váhové prírastky, ako ryby kŕmené rybou múčkou. Naviac obsahovali ich rybie filety zvýšené množstvo omega–3 mastných kyselín. Senzorická analýza filiet rýb neodhalila žiadne významné rozdiely pri použití hmyzej múčky namiesto rybej múčky [65,66,67,68,69,70].

Tím vedcov z USA uskutočnil výskum, v ktorom čiastočne nahradili rybiu múčku hmyzou múčkou z kukly muchy domácej (Musca domestica), pri chove pstruha dúhového. Zistili, že krmivo z kukiel muchy domácej ma veľmi podobné zloženie, čo sa týka zastúpenia bielkovín a tukov, ako rybia múčka. Rast rýb bol negatívne ovplyvnený, už pri obsahu 9,2 % v krmive. V oblastiach, kde existuje akvakultúrny priemysel v tesnej blízkosti poľnohospodárskych zariadení, by sa larvy mohli použiť na zníženie živočíšneho odpadu (droby z rýb a hnoj) a mohli by poskytnúť kvalitný zdroj bielkovín a tukov pre chov rýb [8].

Bola prevedená rada výskumov z *Tenebrio molitor,* kde cieľom výskumu bolo vyhodnotiť využitie *Tenebrio molitor*, ako potenciálnej náhrady za rybiu múčku v strave rýb. Červy a larvy hmyzu sa vždy považovali za prirodzenú stravu rýb. Na vyhodnotenie potenciálu múčneho červa, ako krmiva bohatého na živiny pre pstruha dúhového (*Oncorhynchus mykiss*) bol navrhnutý 8-týždňový kŕmny experiment. *Tenebrio molitor* sa ukázala, ako sľubná alternatíva rybej múčky vo výžive pstruha dúhového. Má pozitívny vplyv na rýchlosť rastu a má imunopotenciačný učinok. Výkonnosť rastu rýb, pokiaľ ide o prírastok hmotnosti a špecifickú rýchlosť rastu, sa významne zvýšila so zvyšujúcou sa úrovňou *Tenebrio molitor* v strave až o 14 % a potom klesala, keď sa hladiny hmyzu v strave ďalej zvyšovali na 28 %. Vysoké zastúpenie hmyzu v krmive pre ryby viedlo v mnohých prípadoch k zníženiu rastu, najmä u morských mäsožravých druhov rýb. Sedemtýždňový kŕmny pokus so sumčekom africkým (*Clarias gariepinus*) preukázal potenciál *Tenebrio molitor*, ako alternatívneho zdroja proteínov. Rastový výkon a účinnosť využitia krmiva pri sumčekoch kŕmených s krmivom, kde 40 % rybej múčky bolo nahradených múčkou z červov sa významne nelíšil v porovnaní s rybami, ktoré kŕmili kontrolnou stravou bez akejkoľvek hmyzej múčky. Sumčekovia kŕmení s krmivom, kde bolo 80 % rybej múčky nahradenej

červovou múčkou stále vykazovali dobrý rast a účinnosť krmiva. Sumček kŕmený výhradne múčnymi červami vykazoval mierny pokles v rastovej výkonnosti, ale pri kŕmení v kombinácii s komerčným krmivom pre sumčekov rástol rovnako dobre alebo lepšie, ako ryby kŕmené iba komerčným krmivom. V experimentoch sa zistilo, že múčne červy, či už použité samostatne alebo premenené na suché krmivo, majú ako krmivo veľký potenciál. Filety z *Clarias gariepinus* kŕmených hmyzou múčkou, majú zvyčajne výrazne vyššie zastúpenie telu prospešných lipidov. V štúdii o pražme červenej (*Pagrus major*), ktorá bola kŕmená stravou, kde bola čiastočne alebo úplne nahradená rybia múčka larvami *Tenebrio molitor* odtučnenými roztokom hexán-etanolu. Bolo preukázané, že larvy múčnych červov nie sú iba alternatívnym zdrojom živočíšnych bielkovín a výživných látok, ale majú potenciál, ako funkčná prísada do krmív proti chorobám pražmy červenej [49,50,71,72].

## 2.7 Zloženie stravy rýb.

Zloženie stravy a získavanie potravy je špecifické pre jednotlivé druhy alebo skupiny rýb. Tomu je prispôsobená aj stavba zažívacieho traktu, enzymatické vybavenie a nároky na zloženie krmiva. Spoločným znakom tráviacej sústavy je absencia slín v ústnej dutine. K zjednodušeniu priechodu potravy slúži hlien polysacharidovej povahy vylučovaný v prednej časti pažeráku. Ďalej ryby majú minimálne množstvo črevnej mikroflóry ($10^3$-$10^8$ baktérií v 1 g črevného obsahu) bez celulolytických baktérií, preto nedokážu stráviť vlákninu. Ryby vyžadujú rovnaké živiny ako teplokrvné živočíchy, ale majú nižšiu spotrebu energie. Nutričné požiadavky sa po stránke kvantitatívnej potreby živín líšia u studenomilných lososovitých rýb a teplomilných kaprovitých rýb. Požiadavky na úroveň výživy a kvalitu potravy stúpajú so zvyšujúcou sa intenzitou chovu a klesajúcou dostupnosťou prirodzenej potravy. Znalosť z oblasti fyziológie a výživy živočíchov, zastupiteľnosti a využiteľnosti jednotlivých živín umožňujú optimalizovať zloženie krmiva a následne i ekonomiku chovu. Živiny v krmive ide rozdeliť na základe chemických analýz na niekoľko skupín – proteíny, lipidy, sacharidy, minerály a vitamíny [73,74,75].

### 2.7.1 Proteíny vo výžive rýb

Ryby príjmom proteínov získavajú aminokyseliny potrebné pre vlastný organizmus. Proteíny z krmiva sú potom trávené alebo hydrolyzované a vzniknuté voľné aminokyseliny sú v čreve absorbované a distribuované krvou do orgánov a tkanív. Dostatočný príjem proteínov je dôležitý pre rast. Množstvo prijatých proteínov a ich zloženie sú ovplyvnené druhom ryby, vekom ryby (mladšie ryby vyžadujú vyšší obsah bielkovín ako staršie), teplotou vody (s poklesom teploty vody pod optimálnu úroveň klesajú požiadavky na obsah bielkovín), intenzita kŕmenia (stúpajúcou intenzitou chovu sa používajú krmivá s vyšším obsahom bielkovín a u tržných rýb z 40-44 % bielkovín dochádza u lososovitých rýb k zvýšeniu na 48 %). U Kapra obecného dochádza v závislosti na poklese teploty k poklesu potreby prijímať proteín v krmive. Pri optimálne teplote (25 °C) sa množstvo proteínu pre maximálny rast pohybuje okolo 45 %. S poklesom teploty pod 20 °C klesá aj potreba proteínov na 35 % a pri teplote pod 15 °C na 15-17 %. Obsah proteínov v krmivách pre lososovité ryby je okolo 50 %. V krmivách sa hlavne sleduje optimálny profil aminokyselín. V súčasnosti je vo výžive rýb obecným trendom znižovanie obsahu proteínov v kŕmnych zmesiach a optimalizácia

obsahu jednotlivých aminokyselín tak, aby bola dosiahnutá minimálna hodnota kŕmneho koeficientu pri optimálnom raste a minimalizácia množstva exkrementov a amoniaku zaťažujúcich chovný systém [76,77].

Organizmus musí mať k stavbe bielkovín k dispozícií aminokyseliny. Ryby majú 10 esenciálnych aminokyselín, ktoré si nevedia sami vytvoriť a musia ich primať v strave (Tabuľka 4). Medzi esenciálne aminokyseliny patrí arginin, histidin, isoleucin, leucin, lysin, metionin, fenylalanin, treonin, tryptofan a valin. S nedostatkom aminokyselín v prirodzených podmienkach s dostatkom stravy bohatej na proteíny dochádza veľmi zriedka. Naopak v umelých chovoch rýb sa objavuje deficit niektorých esenciálnych aminokyselín. Najčastejšie sa jedná o metionín, cystein a lyzín. Cystein môže byť do určitej miery nahradený u rýb metionínom, považuje sa za semiesenciálnu aminokyselinu [76,77,78].

Tabuľka 4: Potreba esenciálnych aminokyselín v strave rýb [79]

| Aminokyseliny | Skratky | Zastúpenie v strave (g/100g) |
|---|---|---|
| Arginin | Arg | 3,1 |
| Histidin | His | 1,4 |
| Isoleucin | Ile | 2,1 |
| Leucin | Leu | 3,9 |
| Lyzín | Lys | 4,7 |
| Metionin | Met | 1,6 |
| Fenylalanin | Phe | 2,8 |
| Treonin | Thr | 3,0 |
| Tryptofan | Trp | 0,4 |
| Valin | Val | 2,8 |

### 2.7.2 Lipidy vo výžive rýb

Lipidy sú významným zdrojom energie a esenciálnych mastných kyselín, ktoré sú nenahraditeľné pre normálny rast a vývoj rýb. U lososovitých studenomilných rýb plnia úlohu najdôležitejšieho zdroja energie a sú pre tieto ryby nenahraditeľné. To vychádza z neschopnosti týchto rýb tráviť sacharidy. Ryby lososovitého typu majú vyššie zastúpenie polynenasýtených (PUFA) a mononenasýtených mastných kyselín (MUFA) vo svojom tele, a tiež majú vyššie požiadavky na zastúpenie týchto kyselín v potrave. MUFA sú prekurzory eikosanoidov, účinných látok (prostaglandínov, tromboxanov,...), podieľajú sa v organizme na rade kľúčových biologických funkcií (dýchanie, činnosť srdca,..). Obecne je u lososovitých rýb doporučené 7- 30 % tuku v krmive závislosti na druhu ryby, veku, teplote vody a chovných cieľoch. Vysoké množstvo tuku v krmive obmedzuje príjem krmiva a zvyšujú sa nároky na obsah rozpusteného tuku. U kaprovitých rýb je obsah tuku nižší v rozmedzí 8-10 % a pri chove v teplejšej vode bola najvyššia rýchlosť rastu dosiahnutá pri použití krmiva s 17- 18 % tuku. Zdrojom tuku v krmive býva rybí olej, rastlinné oleje, lecitín alebo hydinový tuk. V minulosti bol základným zdrojom tukov v krmive rybí tuk, ale kvôli vysokej cene rybieho tuku sa v dnešnej dobe používajú zmesi rastlinných tukov s určitým podielom rybieho tuku [76,77,78].

### 2.7.3 Sacharidy vo výžive rýb

Nutričná hodnota sacharidov je rozdielna pre rôzne druhy rýb. V krmivárskej terminológií medzi sacharidy patrí vláknina a bezdusíkaté látky výťažkové (BNVL). Teplomilné ryby využívajú sacharidy lepšie ako studenomilné. Keďže mnoho druhov rýb je primárne karnivornych alebo omnivornych, tak sacharidy nie sú hlavnou zložkou ich krmiva. Medzi významné polysacharidy pre ryby patrí vláknina a škrob. V krmive tvoria balastnú časť, dôležitú pre naplnenie tráviaceho traktu. Vláknina je pre ryby nestráviteľná a ich vyššie množstvo znižuje stráviteľnosť ostatných živín u lososovitých rýb nad 2,5 % a u kaprovitých rýb nad 8 %. Vláknina je dôležitá pre motoriku čriev rýb. Škrob je významnou zložkou krmiva, pre svoj technologický význam pri výrobe krmiva a energetickú hodnotu. Zmazovatený škrob ma spájací účinok a zvyšuje stabilitu zmesi vo vode, jeho štruktúra po hydrotermickej úprave umožňuje naviazať tuk a po ochladení vytvorí stabilnú štruktúru. Sacharidy sú typické pre krmivá rastlinného pôvodu a nie sú pre výživu rýb esenciálne. V tele môžu slúžiť ako prekurzory pre syntézu neesenciálnych aminokyselín a nukleovej kyseliny. Stráviteľnosť sacharidov závisí na štruktúre sacharidu a druhu ryby, pretože ryby majú rôznu aktivitu amylolytických enzýmov. U niektorých druhov rýb je vylučovaná chitináza na rozklad chitínových obalov. Doporučený obsah upravených sacharidov (želatinizácia škrobu) v krmivách pre lososovité ryby je 15-28 %. Pri použití vyššieho množstva stráviteľných sacharidov v strave dochádza u rýb k zvýšeniu hmotnosti pečene, zmene ich farby a zvýšení obsahu glykogénu [76,77,78].

### 2.7.4 Vitamíny vo výžive rýb

Vitamíny sú nevyhnutné pre normálny rast a vývin, metabolizmus, biosyntézu účinných látok, reprodukciu a udržanie dobrého stavu imunitného systému. Ryby obecne majú v porovnaní s teplokrvnými živočíchmi relatívne nízku spotrebu vitamínov. Potreba vitamínov je ovplyvnená druhom ryby, vekom a systémom chovu. Potreba vitaminizácie kŕmnych zmesí pre ryby sa zvyšuje s intenzitou chovu, znižovaním dostupnosti prirodzenej potravy a zvyšovaním stresových faktorov pri chove rýb. Obsah vitamínov je udávaný buď v hmotnostných jednotkách (väčšinou mg) alebo v jednotkách vyjadrujúcich ich aktivitu, tzv. medzinárodné jednotky (m.j.), a to na kg hmotnosti rýb. V bežnej krmivárskej praxi je potrebné ich vyjadrovať v jednotkách (mg, m.j.) na kg kŕmnej zmesi alebo ich sušiny. Tri vitamíny rozpustné vo vode sú potrebné vo výžive rýb vo väčšej miere. Ide o vitamín C, cholín a inositol, ich potreba je vyššia než 100 mg na 1 kg krmiva. Vitamíny rozpustné v tukoch si ryby môžu ukladať do určitej miery do tukových tkanív, preto sa u nich môže objavovať hypervitaminóza, zdravotné problémy z nadbytku vitamínov [73,77,78].

### 2.7.5 Minerálne látky

Všetky živočíchy žijúce vo vode potrebujú anorganické alebo minerálne látky pre svoje normálne životné pochody. Na rozdiel od suchozemských živočíchov, majú ryby schopnosť absorpcie niektorých anorganických elementov z prostredia, zo sladkej alebo slanej vody. Do organizmu sa dostávajú s potravou, kožou a žiabrovým aparátom. Minerálne látky ide rozdeliť podľa ich zastúpenia v organizme a požiadavku rýb na ich množstvo na makroelementy (ich potreba sa uvádza v g) a mikroelementy (potreba v mg). Vápnik, mangán, sodík, draslík, železo, zinok, meď a selén sú získavané z veľkej časti z vody [77,78].

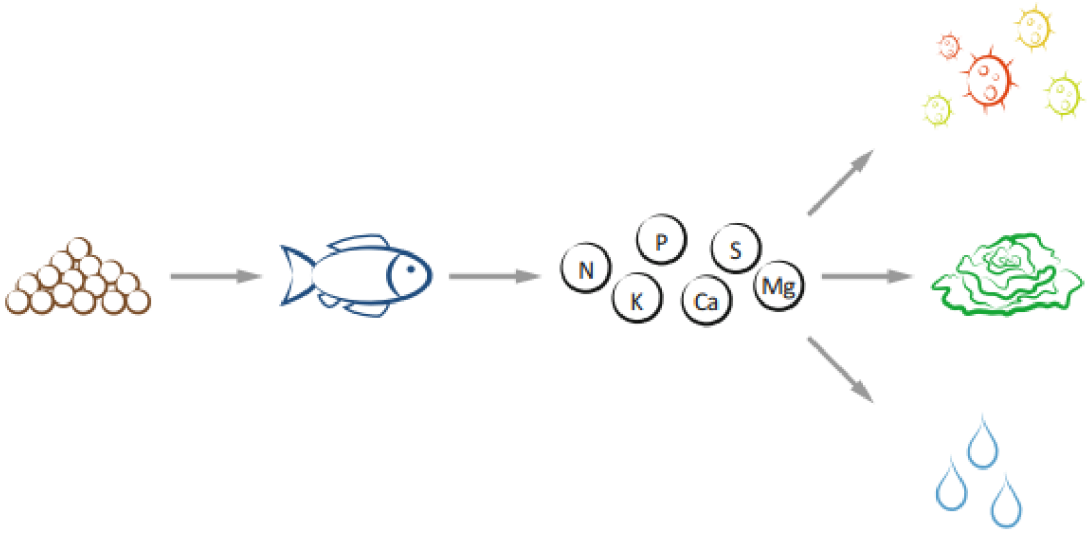
Medzi makroelementy (makroprvky) patrí vápnik, fosfor, horčík, draslík, sodík, síra a chlór, ktoré tvoria viac ako 99 % minerálnych látok v tele rýb. Ich množstvo je ovplyvnené potravou, prostredím, kde žijú ryby, vekom a druhom rýb [77,78].

Mikroelementy (mikroprvky) sú prvky, ktorých prísun je potrebný v stopových množstvách. Medzi životne dôležité patrí železo, meď, zinok, mangán, kobalt, jód, fluór, selén, molybdén atď.. Ich význam je hlavne v oblasti funkčnosti a tvorby enzýmov, hormónov, vitamínov a katalytická funkcia pri metabolických a biosyntetických pochodoch, sú súčasťou rôznych tkanív [77,78].

Zdrojom síry a fosforu sú hlavne krmivá. Najčastejšie sa v kŕmnych zmesiach pre ryby sleduje zastúpenie vápniku a fosforu. Zatiaľ čo potrebný vápnik môžu z časti absorbovať z vody, ale fosfor musí byť obsiahnutý v krmive v biodostupnej forme. Potreba fosforu pre pstruha dúhového je približne 0,7-0,8 % kŕmnej dávky a u kapra obecného 0,6-0,7 %. Význam a funkcia jednotlivých prvkov v organizme rýb je rovnaká ako u teplokrvných živočíchov. Najvýznamnejšie minerálne látky pre stavbu tela sú vápnik a fosfor, spoločne so železom, fluórom a horčíkom. Železo, kobalt a meď majú význam pri krvotvorbe a pri ich nedostatku sa objavuje anémia. Sodík, draslík a chlór sa podieľajú na osmoregulácií. Pri nedostatku niektorých z prvkov sa objavujú zdravotné problémy. Niektoré minerálne látky, hlavne zo stopových prvkov môžu spôsobiť metabolické poruchy alebo spôsobiť otravu, ktorá pôsobí nepriaznivo nielen na ryby ale i ďalej v potravinovom reťazci [77,78].

## 2.8 Aquaponia

Aquaponia je udržateľná metóda chovu rýb spojená s pestovaním zeleniny, bez využitia pesticídov, herbicídov a chemických hnojív. Pri tomto type poľnohospodárstva sa pestuje v podstate viac potravín s menšou spotrebou vody, pôdy a práce, ako pri tradičnom poľnohospodárstve. Kombinuje chov rýb v nádržiach (recirkulačná akvakultúra) s pestovaním rastlín na vode (hydropónia). Krmivo pre ryby je hlavným vstupným bodom živín. Ryby jedia krmivo, používajú potrebné živiny, ostatné uvoľňujú, ako odpad a tento odpad sa potom rozdelí medzi mikróby, rastliny a systémovú vodu. Voda z chovu rýb je bohatá na živiny a poskytuje prirodzené hnojivo pre rastliny a rastliny zas pomáhajú pri čistení vody pre ryby. Kŕmenie, by sa malo načasovať, tak aby zodpovedalo rytmu vylučovania rýb a absorpcií živín rastlinami. Ide o prirodzený proces, ktorý napodobňuje jazerá, rybníky, rieky a vodné toky na Zemi. Táto metóda má radu výhod, medzi hlavné patrí jej efektívnosť, udržateľnosť, vysoká produktivita, nepretržitá výroba potravín a ekologickosť. Rastliny a ryby, ktoré sa použijú v jednom aquaponickom systéme, by mali mať rovnaké nároky na teplotu, pH [80,81].




Obrázok 2: Schematické znázornenie tokov živín v aquaponickom systéme [81]

## 2.9 Inštrumentálne metódy

V práci bolo analyzované zloženie hmyzej múčky z *Tenebrio molitor* z hľadiska základných nutrientov. Vybrané inštrumentálne metódy popísané v tejto kapitole, boli využité pri analýze hmyzej múčky.

### 2.9.1 Plynová chromatografia

Plynová chromatografia (GC) je separačná analytická metóda, v ktorej sa od seba oddeľujú zložky vzorky na základe afinity k mobilnej a stacionárnej fáze. Ide o metódu, ktorá je používaná na kvalitatívnu a kvantitatívnu analýzu zložiek potravín, aromatických látok a aditív [82].

Základné časti plynového chromatografu tvorí zdroj nosného plynu, dávkovač (injektor), termostatovaná separačná kolóna, detektor a vyhodnocovacie zariadenie s integrátorom plochy píkov. V plynovej chromatografií tvorí mobilnú fázu (pohyblivú) nosný plyn. Zdrojom nosného plynu je tlaková fľaša väčšinou s dusíkom, vodíkom, héliom alebo argónom. Nosný plyn sa vyberá v závislosti od použitého detektora. Stacionárna fáza je tvorená buď z pevnej látky, ide o plynovú adsorpčnú chromatografiu alebo kvapalinou ukotvenou na nosiči, keď ide o plynovú rozdeľovaciu chromatografiu. Vzorka sa dávkuje do nosného plynu, ktorý ju unáša kolónou, pričom dochádza k separácií zložiek. Vzorka musí byť premenená na plyn, aby mohlo dôjsť k transportu. Zlúčeniny, ktoré majú vyššiu afinitu k stacionárnej fáze sa eluujú neskôr. Jednotlivé zložky opúšťajúce kolónu sú identifikované pomocou detektoru, ktorý ich množstvo zaznamenáva v závislosti na čase alebo objeme pretečeného nosného plynu. Najčastejšie používaným detektorom v plynovej chromatografii je plameňovo ionizačný detektor (FID). Princípom FID je ionizácia eluovaných látok z kolóny v detekčnom priestore pomocou plameňa horiaceho medzi dvomi elektródami za vzniku iónov, elektrónov a radikálov pri štiepení väzieb. Vplyvom vzniku častíc príde k vedeniu elektrického prúdu medzi elektródami. Počet iónov v detektore je priamo úmerný k veľkosti vzniknutého prúdu a táto závislosť je merateľná. Pri použití GC-FID je možné presne kvantifikovať deriváty mastných kyselín. Ide pravdepodobne o najlepšiu techniku na analýzu

profilu mastných kyselín vo vzorkách. Pri FID je najvhodnejší nosný plyn dusík, ale môžu sa použiť aj ostatné plyny. Detektor po detekcií látok vyšle elektrický signál do dátového systému, ktorý následne generuje dátový záznam chromatogram [83,84,85].

### 2.9.2 UV-VIS spektrofotometria

Spektrofotometria v ultrafialovej a viditeľnej oblasti (UV-VIS spektrofotometria) je optická metóda, ktorá je založená na absorpcií elektromagnetického žiarenia molekulami analytu v roztokoch. Vzorky sa analyzujú v rozsahu vlnových dĺžok 200 až 800 nm. Princípom metódy je interakcia medzi elektrónmi vo väzobných prípadne neväzobných orbitaloch molekuly s fotónmi UV-VIS žiarenia. Energia žiarenia excituje elektróny v orbitaloch do vyššej energetickej hladiny, pričom dochádza k absorpcií určitého množstva žiarenia o konkrétnu energiu a vlnovú dĺžku. Absorbuje sa časť elektromagnetického žiarenia, ktorá svojou energiou zodpovedá prechodu elektrónu zo základnej hladiny na excitovanú. Absorpčné spektrum je závislosť absorbancie na vlnovej dĺžke. Vzhľadom závislosti absorbancie na koncentrácií sa pre účely zrovnania spektier používa závislosť logaritmu molárneho absorpčného koeficientu na vlnovej dĺžke. Absorbancia roztoku absorbujúcej látky je priamo úmerná hmotnostnej koncentrácií a hrúbke kyvety. Táto závislosť je označovaná ako Lambert-Beerov zákon a využíva sa ku kvantifikácií. Spektrofotometer pozostáva z troch základných častí: zo zdroja žiarenia (volfrámová lampa, vodíková výbojka), filtra alebo mriežky pre izoláciu úzkeho pásma energie a detektora (fotodióda, fotoelektrický násobič) meriaceho žiarenie prepúšťaného vzorkou. Medzi mriežku a detektor sa vkladá kyveta so vzorkou. Signál z detektoru je spracovávaný vyhodnocovacím systémom [82,84,86].

### 2.9.3 Optická emisná spektrometria s indukčne viazanou plazmou

Optická emisná spektrometria s indukčne viazanou plazmou (ICP-OES) patrí k najrozšírenejším analytickým metódam využívaných pre prvkovú analýzu. Princípom optickej emisnej spektrometrie je emisia čiarových spektier rôznych vlnových dĺžok excitovanými voľnými atómami. Pre emisiu žiarenia atómov vzorky treba dodať energiu, k tomuto účelu sa používajú budiace zdroje. Budiaci zdroj prevedie vzorku z kvapalnej fázy do plynnej a dôjde k atomizácií a excitácií elektrónov. Pri ICP-OES slúži k excitácií elektrónov vysokoteplotná indukčne viazaná plazma. Vzorka je privádzaná do zhmľovača peristaltickým čerpadlom, do ktorého je privádzaný argón. V prúde argónu dochádza k vzniku aerosólu vzorky, ktorý pokračuje cez zhmlžovaciu komoru do injektoru plazmovej hlavice. V hlavici pôsobením vysokej teploty plazmového výboja dochádza k excitácií a ionizácií atómov. Fotóny vyžiarené atómami prvkov sú následne smerované do optického spektrometru. Na monochromátor dopadá žiarenie rôznych vlnových dĺžok. Vplyvom ohybu žiarenia sa polychromatické žiarenie rozštiepi na jednotlivé vlnové dĺžky. Následne je žiarenie o jednotlivých vlnových dĺžkach privedené do detektora, kde vzniknutý signál je vyhodnotený na počitači [87,88].

# 3 CIELE PRÁCE

Ciele práce môžeme rozdeliť na teoretickú a experimentálnu časť. Cieľom teoretickej časti bolo vypracovať literárnu rešerš o využití hmyzej múčky v ľudskej výžive a výžive rýb. Charakterizovanie *Tenebrio molitor* a jeho využitie v krmivárskom priemysle rýb.

Cieľom experimentálnej časti bola charakterizácia hlavných nutričných látok hmyzej múčky z Múčiara obyčajného (*Tenebrio molitor*) a detailná analýza vybraných zložiek za využitia inštrumentálnych techník. Následné z výsledkov vyplynulo využitie hmyzej múčky. Jednak ako využitie pre krmivárske účely - výslednú charakterizáciu kŕmnej zmesi. Ďalším využitím je možnosť v potravinárskom priemysle - bola pripravená potravina, konkrétne muffiny s prídavkom hmyzej múčky s *Tenebrio molitor* a ich následné senzorické hodnotenie.

# 4 EXPERIMENTÁLNA ČASŤ

## 4.1 Použité chemikálie, prístroje a pomôcky

### 4.1.1 Použité chemikálie:

#### 4.1.1.1 Chemikálie použité na jednotlivé stanovenia

- Acetón, Lachema (ČR)
- Cetyltrimetylamonium bromid (CTAB), Lach-Ner s.r.o. (ČR)
- Dekahydrát tetraboritan sodný, Lach-Ner s.r.o. (ČR)
- Dimetylsufoxid (DMSO), Lach-Ner (ČR)
- Dodekahydrát hydrogénfosforečnan sodný, Lach-Ner s.r.o. (ČR)
- Ethanol, Lach-Ner s.r.o. (ČR)
- Etylénglykol, Lach-Ner s.r.o. (ČR)
- Fenol, Lach-Ner s.r.o. (ČR)
- Glukosa, Lach-Ner s.r.o. (ČR)
- Hexan pre HPLC, Lach-Ner s.r.o. (ČR)
- Hydrogenuhličitan sodný, Lach-Ner s.r.o. (ČR)
- Hydroxid sodný, Lach-Ner s.r.o. (ČR)
- Chelatón III, Lach-Ner (ČR)
- Kremičitan sodný, Lach-Ner (ČR)
- Kyselina dusičná 67%, p.a.+; Analytika Praha spol. s.r.o. (ČR)
- Kyselina heptadekánová, Sigma – Aldrich (SRN)
- Kyselina chlorovodíková (35 %), Lach-Ner (ČR)
- Kyselina octová, Lachema (ČR)
- Kyselina sírová 96%, p.a., Penta (ČR)
- Laurylsulfát sodný, Lachema (ČR)
- Metanol p.a., Lach-Ner s.r.o. (ČR)
- Metanol pre HPLC, Lach-Ner s.r.o. (ČR)
- Molybdénan amonný, Lach-Ner (ČR)
- Molybdénan sodný, Lach-Ner (ČR)
- N-acetyl-D-glukosamín, Lachema (ČR)
- Peroxid vodíku 30%, kvalita p.a.; Analytika Praha spol. s.r.o. (ČR)
- Síran meďnatý, Lach-Ner s.r.o. (ČR)
- Síran sodno-draselný, Lachema (ČR)
- Síran sodný, Lach-Ner s.r.o. (ČR)
- Uhličitan sodný, p.a., Lach-Ner s.r.o. (ČR)
- Ultračistá neionizovaná voda vyrobena ELGA PureLab Classic; Veolia Water Systems LTD. (UK)
- Vínan sodno-draselný, Lachema (ČR)
- Viacprvkový vodný certifikovaný referenčný materiál ASTASOL MIX AN9090MN (ANALYTIKA spol. s.r.o., ČR)
- Viacprvkový vodný certifikovaný referenčný materiál ASTASOL MIX CZ9097MN1 (ANALYTIKA spol. s.r.o., ČR)

### 4.1.2 Prístroje a pomôcky:

- Spektrofotometer VIS, Helios δ, Unicam (GB)
- Destilačný prístroj, VAPODEST 200 (DE)
- Mineralizačná jednotka KT-8s
- Trepačka IKA Yelow Line (SRN)
- Centrifúga Sigma Laborzentrifugen (SRN)
- Analytické váhy Boeco (SRN)
- Vákuová odparka RV 06, IKA (SRN)
- Vortex-Genie 2, Scientific Industries (USA)
- Ultrazvukový kúpeľ PS 02000 (ČR)
- Termoblok, SBH200D, Stuart (UK)
- Sklenené guľôčky, Roth (DE)
- Mikrovlnné zariadenie – High peroformance microwave digestion unit, MILESTONE 1200 mega
- Gerhardt Soxtherm, SOX 412, C. Gerhardt GMBH & CO. KG (DE)
- Prístroj ICP-OES Ultima 2, HORIBA Scientific
- Plynový chromatograf TRACETM 1300 GC (ThermoQuest S.p.A, Taliansko)

## 4.2 Metódy k stanoveniu nutričných hodnôt

### 4.2.1 Použitý hmyz pre analýzu

Nutričné hodnoty boli stanovené v larvách Múčiara obyčajného (*Tenebrio molitor*) z českej hmyzej farmy (Obrázok 3). Larvy boli chované na drvenej zelenine, ovocí, a ako základ steliva sa používajú bukové hobliny. Pred každou analýzou boli larvy podrvené na múčku.

Obrázok 3: Použitá vzorka pre analýzu

### 4.2.2 Stanovenie vlhkosti a sušiny

Vlhkosť celkovo ovplyvňuje kvalitu a stabilitu produktu. Predstavuje celkový obsah vody a prchavých látok vo vzorke. Vysoký obsah vlhkosti vytvára prostredie pre rast a rozmnožovanie mikroorganizmov a má za následok morfologické a fyzikálno-chemické zmeny.

Vo vzorke bola stanovená vlhkosť gravimetrickou metódou podľa normy ČSN EN ISO 712, bol stanovený podiel sušiny. Z mŕtveho rozdrveného čerstvého hmyzu, bolo navážených 50 gramov. Vzniknutá hmyzia múčka bola vložená do predom zváženej navažovačky a následne bola sušená v sušiarni pri 105 °C do konštantnej hmotnosti. Po vysušený boli zvážené navažovačky so vzorkou a na základe rozdielu hmotností bola prepočítaná vlhkosť. Výpočet bol prevedený pomocou vzťahu [89]:

$$vlhkosť\ (\%) = 100.\frac{m_W}{m_{DW}} = 100.\frac{(m_{FW} - m_{DW})}{m_{FW}} \quad (3.1)$$

$$sušina\ (\%) = 100 - vlhkosť\ (\%) = \frac{m_{DW}}{m_{FW}} \quad (3.2)$$

$m_w$.....hmotnosť vody
$m_{DW}$.....hmotnosť suchej vzorky
$m_{FW}$.....hmotnosť čerstvej vzorky

### 4.2.3 Stanovenie obsahu popola

Popol bol stanovovaný gravimetrickou metódou. Do spaľovacieho kelímku, ktorý bol dopredu zahriaty na teplotu 550 °C, ochladený a zvážený, bolo navážené 5 g vzorky. Spaľovací kelímok bol vložený do muflovej pece zahriatej na 550 °C. Vzorka bola spaľovaná 3 hodiny. Kelímok so vzorkou bol vložený do exsikátoru a po vychladnutí bol zvážený.

### 4.2.4 Stanovenie obsahu bezdusíkatých látok výťažkových

Bezdusikaté látky výťažkové boli stanovené nepriamo, výpočtom z údajov získaných pomocou chemickej analýzy. Medzi BNLV sa zahrňujú hlavne neštrukturálne sacharidy. Výpočet sa prevádza z výsledkov stanovenia dusíkatých látok, tuku, vlákniny a popola. Vypočíta sa ako zbytok od sušiny. Odčítaním od obsahu sušiny v g/kg obsah dusíkatých látok, tuku, vlákniny, popola a všetko v g/kg dostaneme BNVL.

$$\mathrm{BNVL} = \mathrm{sušina} - (\mathrm{A} + \mathrm{B} + \mathrm{C} + \mathrm{D})[\mathrm{g/kg}] \qquad (3.3)$$

A – dusíkaté látky [g/kg]
B – tuk [g/kg]
C – popol [g/kg]
D – vláknina [g/kg]

### 4.2.5 Stanovenie obsahu tuku

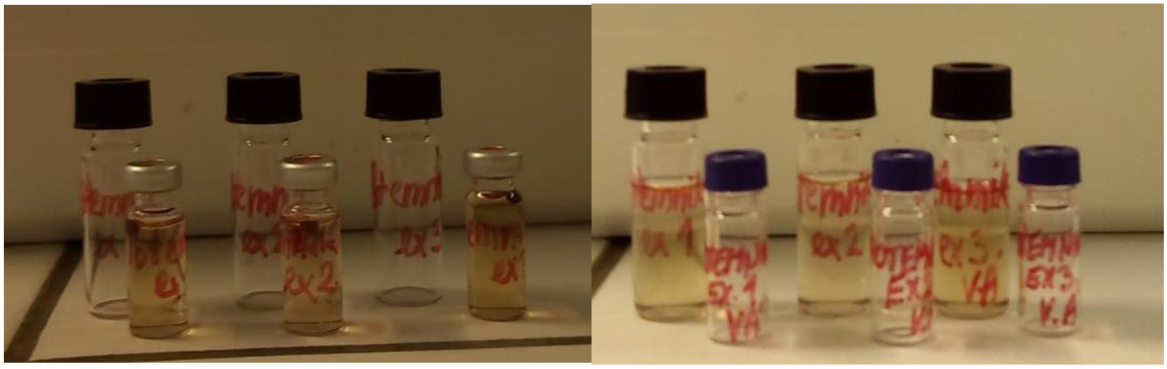
Obsah tuku vo vzorke bol stanovený pomocou metódy podľa Soxhleta na prístroji Gerhardt Soxtherm nastaveného podľa parametrov uvedených v tabuľke 5. Z vysušených lariev Múčiara obyčajného, bola pripravená hmyzia múčka. Do 4 patrón bolo navážené po 10 g hmyzej múčky a boli utesnené vatou. Pripravené patróny boli zaliate 100 ml hexanu, ako extrakčného činidla. Extrakcia prebiehala pri 170 °C po dobu 3 hodiny a 4 minúty. Po extrakcií sa nechali patróny vychladnúť. Následne sa extrakt prelial do predom zvážených baniek s guľatým dnom. Pripravené banky s extraktom sa nechali odpariť na vákuovej odparke a odparok bol zvážený. Výsledný tuk bol prepipetovaný do vialiek, ktoré sa utesnili parafilmom a umiestnili sa do mraziaku na ďalšie stanovenie.

Tabuľka 5: Parametre prístroja Gerhardt Soxtherm

| | |
|---|---|
| **Maximálna teplota** | 300 °C |
| **Teplota extrakcie** | 170 °C |
| **Redukčný interval** | 3 min 30 s |
| **Redukčný pulz** | 3 s |
| **Teplá extrakcia** | 1 h 30 min |
| **Evaporácia A** | 5-krát interval |
| **Extrakčný čas** | 1 h |
| **Evaporácia B** | 2-krát interval |
| **Evaporácia C** | 10 min |
| **Dĺžka programu** | 3h 4 min |

### 4.2.6 Stanovenie obsahu mastných kyselín

Zastúpenie mastných kyselín vo vzorke bolo stanovené plynovou chromatografiou s plameňovo ionizačným detektorom. Pre analýzu bolo navážených 15 mg vzorky múčky do 3 krymplovacích vialiek a pre druhu sadu analýz 10 mg extraktu tuku do 3 krymplovacích vialiek. K vzorke bolo pridaných 1,8 ml transesterifikačnej zmesi (15 % $H_2SO_4$ v metanol, 0,5 mg/ml inertného štandardu C17). Zakrymplovaná vialka bola vložená do termobloku na 2 hodiny pri 85 °C. Po transesterifikácii a schladení (Obrázok 4) bol obsah krymplovacej vialky prevedený do vialky (4 ml) obsahujúcej 0,5 ml 0,05 M NaOH. K zmesi sa pridal 1 ml hexánu a vialka bola pretrepaná na multipozičnom vortexe do oddelenia fáz. Následne bolo do GC vialky napipetovaných 0,1 ml hornej fázy a 0,9 ml hexanu. Pripravené vzorky boli premerané na plynovej chromatografií s plameňovo ionizačným detektorom podľa uvedených podmienok (Tabuľka 6).



Obrázok 4: Zľava krymplovacie vialky z termobloku, zmes po oddelení fáz

Tabuľka 6: Podmienky pre plynovú chromatografiu

| | |
|---|---|
| **Autosampler** | AI 1310 |
| **Kolóna** | Zebron ZB-FAME |
| **Rozmery kolóny** | 30 m x 0,25 mm x 0,20 μm |
| **Kód kolóny** | 7HG-G033-10 |
| **Detektor** | FID |
| **Teplota detektoru [°C]** | 260 |
| **Prietok vzduchu [ml/min]** | 350 |
| **Prietok vodíku [ml/min]** | 35 |
| **Make-up dusík [ml/min]** | 30 |
| **Teplota injektora [°C]** | 250 |
| **Konštantý prietok [ml/min]** | 1 |
| **Deliaci pomer** | 10 |

### 4.2.7 Stanovenie obsahu bielkovín

Pomocou metódy podľa KJELDAHLA bol stanovený obsah dusíku a hrubej bielkoviny. Mineralizácia bola prevedená 2 spôsobmi, každý program pre 3 navážky. Boli použité dva spôsoby mineralizácie, aby sme stanovili, ktorá je účinnejšia na stanovenie bielkovín v hmyzej múčke. Mineralizácia bola prevedená v mineralizačnej jednotke KT-8s (Obrázok 5), podľa programov popísaných v tabuľke 7 a tabuľke 8. Do mineralizačnej trubice bol

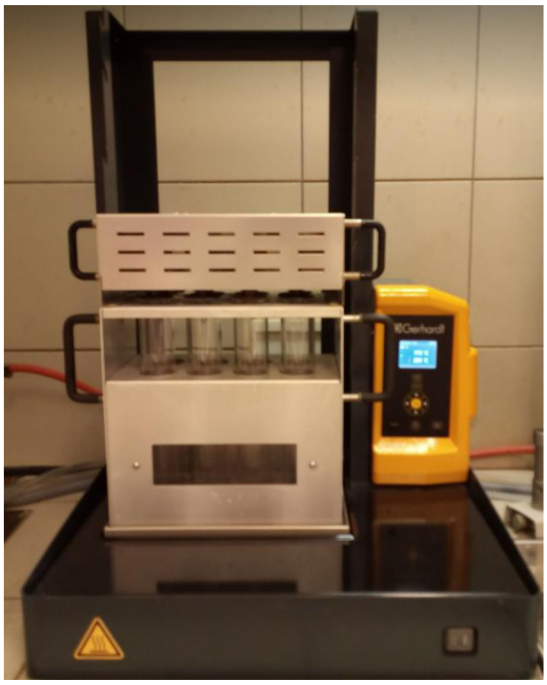
navážený 1 gram vzorky s 2 gramami Weinigerovho katalyzátoru. Ku vzorke sa pridalo 10 ml koncentrovanej kyseliny sírovej. Pripravená mineralizačná trubica bola vložená do mineralizačnej jednotky a bol spustený program.

Tabuľka 7: Program mineralizácie č.1

| Číslo kroku | Proces | Teplota (°C) | Čas (hod.) |
|---|---|---|---|
| **1** | zahrievanie | 250 | 0,5 |
| **2** | zahrievanie | 330 | 0,5 |
| **3** | mineralizácia | 400 | 1,5 |
| **4** | chladenie | laboratórna teplota | 0,5 |

Tabuľka 8: Program mineralizácie č.2

| Číslo kroku | Proces | Teplota (°C) | Čas (hod.) |
|---|---|---|---|
| **1** | zahrievanie | 330 | 0,5 |
| **2** | zahrievanie | 400 | 0,5 |
| **3** | mineralizácia | 400 | 1,5 |
| **4** | chladenie | laboratórna teplota | 0,5 |



Obrázok 5: Mineralizačná jednotka KT-8s

Obrázok 6: Destilačný prístroj VAPODEST 200

Po mineralizácií bol mineralizát kvantitatívne prevedený do 100 ml odmernej banky a objem bol doplnený po risku. Do destilačnej trubice bolo napipetovaných 10 ml nariedeného mineralizátu, ku ktorému sa pridali 3 kvapky fenolftaleínu. Trubica bola vložená do destilačnej jednotky (Obrázok 6). Do vzorky bolo pridaných 80 ml 33 % NaOH . Došlo k uvoľneniu amoniaku, ktorý bol predestilovaný do predlohy s 25 ml 0,05 M $H_2SO_4$. Po destilácií sa pridalo k destilátu 3 kvapky Tashirovho indikátoru. Roztok bol titrovaný štandardizovaným roztokom NaOH. Obsah bielkoviny a dusíka bol stanovený podľa vzťahu. Obsah hrubých bielkovín sa zvyčajne počíta z obsahu celkového dusíku pomocou prepočtového faktoru jeho obecná hodnota je 6,25. Táto hodnota ale navyšuje obsah bielkovín u hmyzu z prítomnosti nebielkovinového dusíku. Časť dusíku sa nachádza aj chitínových polymeroch. Podľa Janssen et al. je pre larvy Múčiara obyčajného prepočtový faktor 4,76. Obsah bielkovín by mal byť presnejší po odčítaní ADF vlákniny z obsahu celkového dusíka pred vynásobením prepočtovým faktorom. V tejto práci bol obsah hrubej bielkoviny prepočítaný pomocou faktoru 6,25. Výsledky sú preto skreslené, ale umožňuje to porovnať zistené hodnoty s ostatnými autormi, ktorí použili rovnaký prepočtový faktor [90,91].

$$w_N = \frac{2.\left(c_{H_2SO_4}.V_{H_2SO_4} - \frac{c_{NaOH}.V_{NaOH}}{2}\right).14{,}01}{m_{navážka}}.100\% \qquad (3.4)$$

### 4.2.8 Stanovenie obsahu celkových sacharidov

Celkový obsah sacharidov bol prevedený pomocou metódy podľa Duboise. Ide o spektrálnu metódu založenú na rozklade sacharidov pomocou $H_2SO_4$. Boli prevedené dve série meraní. V prvej sérií do uzatvárateľnej skúmavky bol navážený 1 g vzorky následne sa k nej pridalo 10 ml destilovanej vody a 28,4 µl 35 % HCl. Pri druhej sérii bola použitá len destilovaná

voda. Po dobu 3 hodín sa vzorky pretrepávali na trepačke. Vzorka sa po pretrepaní zriedila 100-krát a pridalo sa k nej 0,5 ml Carrezového roztoku I a 0,5 ml Carrezového roztoku II. Vzorky boli následne scentrifugované pri 5 000 ot./min. po dobu 5 minút. Po vyčírení bolo odobratý zo skúmavky 1 ml. K 1 ml vyčírenej vzorky bol pridaný 1 ml 5 % fenolu a 5 ml koncentrovanej kyseliny sírovej. Zmes bola premiešaná a nechala sa 30 minút odstáť. Následne bola zmeraná absorbancia pri 490 nm proti destilovanej vode.

Kalibračná rada bola pripravená rovnakým spôsobom, len namiesto vzorky sa použil roztok glukózy s koncentráciou 100 $\mu l.ml^{-1}$. Do skúmaviek bolo napipetovaných 0,25; 0,5; 0,75 a 1 ml roztoku glukózy.

### 4.2.9 Stanovenie redukujúcich sacharidov

Redukujúce sacharidy boli stanovené pomocou metódy podľa Somogyi-Nelsona. Pred stanovením boli pripravené 2 extrakty. Jeden čisto vodný extrakt druhý s prídavkom HCl. Extrakty boli vyčírené Carrezovým roztokom I a II. Do skúmavky bol napipetovaný 1 ml extraktu vzorky, ku ktorému sa pridalo 0,5 ml Somogyiho činidla I (24 g bezvodého $Na_2CO_3$, 16 g $NaHCO_3$, 14 g vinanu sodno-draselného a 12 g síranu sodno-draselného a všetko rozpustíme v 800 ml destilovanej vody) a 0,5 ml Somogyiho činidla II (4 g síranu meďnatého a 24 g síranu sodného sa rozpustilo vo 200 ml destilované vody). Zmes bola povarená vo vriacom vodnom kúpeli po dobu 15 minút. Po povarení bola zmes schladená studenou vodou. K ochladenému roztoku sa pridal 0,5 ml Somogyiho činidla III (25 g molybdénanu amonného sa rozpustilo v 450 ml destilované vody, následne sa pridalo 21 ml koncentrovanej kyseliny sírovej a 25 ml roztoku obsahujúceho 3 g arzenínanu sodného, roztok sa ponechal 48 hodín odstáť pri laboratórnej teplote v tme). Vzorky boli dôkladne premiešané a doplnené destilovanou vodou do 10 ml. Následne bola premeraná absorbancia pri 720 nm proti slepej vzorke. Slepá vzorka bola pripravená rovnako ako vzorka, ale namiesto vzorky tam bola použitá destilovaná voda.

Kalibračná rada bola pripravená rovnakým spôsobom, ale namiesto vzorky sa použil roztok glukózy o koncentrácií 200 $\mu l.ml^{-1}$. Do skúmaviek bolo napipetovaných 0,0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 a 1 ml roztoku glukózy.

### 4.2.10 Stanovenie obsahu chitínu

Obsah chitínu je sledovaný farebnou reakciou Si (VI)–Mo (VI) systému, na začiatku je pozorované žlté sfarbenie spôsobené tvorbou žltých molybdosilikátových aniónov. Následne príde k priamej redukcii Mo (VI) a príde k vzniku modrého sfarbenia. Do 3 skúmaviek bolo navážených 10 mg vzorky a 20 mg vzorky do zvyšných 3 skúmaviek. K vzorkám sa následne pridalo 5 ml HCl (6M) a boli 12 hodín vo vyhriatom termobloku na 115 °C. Hydrolyzované vzorky boli po schladení napipetované do uzatvárateľných skúmaviek po 100 µl. K vzorke bolo pridaných 100 µl 5M NaOH a 1 ml Si (IV)-Mo (VI). Pripravené roztoky boli temperované na 70 °C na 30 minút. Počas zahrievania bolo pozorované modrozelené sfarbenie. Absorbancia bola meraná pri 750 nm proti slepej vzorke. Slepá vzorka bola pripravená rovnakým spôsobom, len namiesto vzorky sa použilo 100 µl destilovanej vody.
Kalibačná rada bola pripravená zo štandardu N-acetyl-D-glukosamínu. Do uzatvárateľných skúmaviek bolo navážený štandard, tak aby po pridaní 5 ml 6M HCl mali roztoky

v skúmavkách koncentráciu 0,2; 0,6; 1,0 a 1,4 mg/ml. Roztoky boli v termobloku pri 115 °C po dobu 12 hodín.

- Roztok Si (IV)-Mo (VI):

V odmernej banke (10 ml) bol pripravený roztok zmiešaním 5 ml 0,1M $Na_2SiO_3$, 1,2 M $Na_2MoO_4$, 3 ml DMSO a 1,5 ml 10 M kyseliny octovej. Roztok bol doplnený po risku destilovanou vodou a kvantitatívne prevedený do centrifugačnej skúmavky. Následne bol roztok scentrifugovaný pri 4 000 ot./min. po dobu 3 minút.

### 4.2.11 Stanovenie obsahu vlákniny podľa Henneberga a Stohmanna

Vláknina bola stanovovaná metódou podľa Henneberga a Stohmanna. Do 500 ml destilačnej banky boli navážené 2 g rozmixovanej vzorky hmyzej múčky, k vzorke bolo pridaných 200 ml 5 % kyseliny sírovej a bola varená 30 minút pod spätným chladičom. Ešte teplý roztok bol sfiltrovaný cez filtračný kelímok a bol premytý teplou vodou. Zvyšok vo filtračnom kelímku bol kvantitatívne prevedený späť do destilačnej banky 200 ml 5 % hydroxidu sodného a bol znovu varení pod spätným chladičom 30 minút. Následne bol roztok sfiltrovaný cez filtračný kelímok a premytý teplou vodou a etanolom. Obsah filtračného kelímku bol vysušený pri 105 °C a po vychladnutí bol kelímok zvážený. Po zvážení bol kelímok vložený do muflovej pece, obsah bol spálený pri teplote 650 °C a po opätovnom zvážení bola hmotnosť popola odčítaná od hmotnosti vysušené vzorky.

### 4.2.12 Stanovenie obsahu ADF a NDF vlákniny

Stanovenie NDF vlákniny (neutrálne-detergentná vláknina) bolo prevedené podľa jednotného pracovného postupu – skúšania krmív č. 80 [91]. Do varnej banky (500 ml) bol navážený 1 g sušenej vzorky a k nemu bolo pridaných 0,5 g bezvodného siričitanu sodného a 100 ml neutrálne detergentného činidla. Obsah bol dôkladne premiešaný a privedený k varu pod spätným chladičom a pri miernom vare ponechaný po dobu 1 hodiny. Ešte teplý obsah bol prefiltrovaný cez filtračný kelímok. Zbytok na filtri bol dôkladne premytý teplou destilovanou vodou a potom dva krát premytý 10 ml acetónu. Po odparení acetónu sa kelímok sušil v sušiarni pri 105 °C po dobu 7 hodín. Po vychladnutí v exsikátore a zvážení bol kelímok vložený do muflovej pece a spálený pri 500 °C po dobu 5 hodín. Po vychladnutí v exsikátore bol kelímok znova zvážený a z rozdielov hmotnosti bol vypočítaný obsah NDF.

- **Neutrálne-detergentné činidlo**

  Roztok A: V 150 ml $H_2O$ sa rozpustí 14,6 g Chelatónu III a 6,8 g dekahydrátu tetraboritanu sodného

  Roztok B: V 100 ml $H_2O$ sa po ohriatí rozpustí 11,5 g dodekahydrátu hydrogénfosforečnanu sodného

Roztoky A a B sa zmiešajú a doplnia vodou do objemu 700 ml. Za stáleho miešania a mierneho zahrievania sa v roztoku rozpustí 30 g laurylsulfátu sodného, pridá sa 10 ml etylénglykolu pre zníženie penenia objem sa upraví na 950 ml. Pripravený roztok sa nechá stáť jeden deň a následne sa upraví pH koncentrovaným roztokom NaOH, pripravený rozpustením 40 g NaOH v 100 ml destilovanej vody alebo koncentrovanou kyselinou chlorovodíkovou (35 %) na hodnotu 6,9 až 7,1 a doplní sa na objem 1 000 ml.

Stanovenie ADF vlákniny (acido-detergentná vláknina) bolo prevedené podľa Jednotného pracovného postupu – skúšania krmív č. 70 [93]. Rovnakým spôsobom ako NDF s tým rozdielom, že k vzorku nebol pridávaný siričitan sodný a namiesto neutrálneho detergentného činidla bolo pridané činidlo acidodetergentné v rovnakom množstve.

• **Acidodetergentné činidlo**

Zmieša sa 300 ml destilovanej vody s 27,8 ml 96 % kyseliny sírovej. Po premiešaní bola pridaná destilovaná voda do objemu 1 000 ml. Za mierneho zahrievania bolo v tomto roztoku rozpustených 20 g CTAB (cetyltrimetylamonium bromid). Vzniknutý roztok odpovedá koncentrácií kyseliny sírovej 0,5 mol/l.

### 4.2.13 Stanovenie obsahu mikroprvkov a makroprvkov

Obsah mikroprvkov a makroprvkov bol stanovený metódou atómovej emisnej spektroskopie s indukčne viazanou plazmou. Analýza bola prevedená na prístroji ICP-OES Ultima 2 jeho špecifikácie sú uvedené v tabuľke 9 .

Tabuľka 9: Technická špecifikácia prístroja ICP-OES Ultima 2

| | |
|---|---|
| **Frekvencia generátoru** | 40,68 MHz |
| **Chladiaci systém pre generátor a cievku** | typ GenCo |
| **Odsávanie** | priame napojenie na plazmovú komoru |
| **Pracovný plyn** | argón |
| **Čistota pracovného plynu** | 99,996 % |
| **Čerpadlo** | 3-kanálová peristaltická pumpa |
| **Hmlová komora** | cyklónová |
| **Zhmľovač** | typ Meinhard, tlak: 3,02 bar |
| **Konfigurácia plazmovej hlavice** | radiálna |
| **Vlnová dĺžka** | 160 – 800 nm |
| **Optický systém** | ohnisková vzdialenosť: 1 m<br>optická mrieņka: 2 400 vrypov/mm<br>optické rozlíšenie pre 160 – 320 nm: < 5 pm<br>optické rozlíšenie pre 320 – 800 nm: < 10 pm |
| **Detekcia** | Dual PMT s HDD® systémom |

#### 4.2.13.1 Stanovenie mikroprvkov

Vzorky boli pred analýzou rozložené metódou mikrovlnného rozkladu Do rozkladných vysokotlakých nádob bolo naväžených približne 0,5 g vzorky. K vzorke bolo následne pridaných 6 ml kyseliny dusičnej a 1 ml peroxidu vodíku. Vzorka bola utesnená a vložená do mikrovlnného zariadenia. Rozklad prebiehal v 5 stupňoch, podľa nastavení programu uvedeného v tabuľke 10. Po mineralizácií boli vzorky kvantitatívne prevedené do odmernej banky, kde boli doplnené destilovanou vodou na 25 ml. Roztok bol prefiltrovaný membránovými nylonovými filtrami s veľkosťou pórov 0,45 μm a priemerom 13 mm. Následne boli roztoky kvantitatívne prevedené do skúmaviek a premerané na optickej emisnej spektroskopii s indukčne viazanou plazmou za uvedených podmienok v tabuľke 11.

Tabuľka 10: Nastavenie mikrovlnného rozkladu

| **Stupeň rozkladu** | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. |
|---|---|---|---|---|---|
| **Výkon rozkladu [W]** | 250 | 0 | 250 | 400 | 600 |
| **Doba rozkladu [min]** | 1,2 | 2,2 | 3,6 | 4,5 | 5,5 |

Tabuľka 11: Parametre pre stanovenie mikroprvkov

| | |
|---|---|
| **Nosný plyn [l/min]** | 0,258 |
| **Plazmový plyn [l/min]** | 14,300 |
| **Pomocný plyn [l/min]** | 0,203 |
| **Priemer vstrekových trysiek [mm]** | 3 |
| **Výkon generátoru [W]** | 1 350 |

Kalibračná rada bola pripravená v odmerných bankách (25 ml) v koncentráciách 0; 2,5; 5 a 10 mg/l. Boli pripravené štandardné roztoky zmesí prvkov chróm, zinok, kadmium, olovo, nikel, kobalt, mangán, železa, meď a hliník. Roztoky boli doplnené deionizovanou destilovanou vodou.

#### 4.2.13.2 Stanovenie makroprvkov

Na stanovenie makroprvkov boli vzorky rovnakým spôsobom mineralizované ako na stanovenie mikroprvkov. Mineralizované vzorky boli kvantitatívne prevedené do odmerných baniek a doplnené na 50 ml destilovanou vodou a prefiltrované. Následne boli vzorky kvantitatívne prevedené do skúmaviek a premerané na optickej emisnej spektroskopii s indukčne viazanou plazmou za uvedených podmienok v tabuľke 12.

Tabuľka 12: Parametre pre stanovenie makroprvkov

| | |
|---|---|
| **Nosný plyn [l/min]** | 0,803 |
| **Plazmový plyn [l/min]** | 14,370 |
| **Pomocný plyn [l/min]** | 0,204 |
| **Priemer vstrekových trysiek [mm]** | 3 |
| **Výkon generátoru [W]** | 1 100 |

Kalibračná rada bola pripravená v odmerných bankách (25 ml) v koncentráciách 0; 10; 25 a 50 mg/l. Boli pripravené štandardné roztoky pre draslík, sodík, horčík, vápnik a fosfor. Roztoky boli doplnené deionizovanou destilovanou vodou.

## 4.3 Senzorická analýza

Senzorická analýza prebehla 9.6.2021 (streda) v čase od 10:00 do 14:00 hodiny. Hodnotenia sa zúčastnilo 24 hodnotiteľov vo veku od 21 do 35 rokov z radov študentov a akademikov z Fakulty chemickej VUT v Brně, z toho 17 žien a 6 mužov. Hodnotitelia reprezentovali spotrebiteľov, pretože pred senzorickou analýzou neboli špeciálne zaškolení. Pri spracovaní údajov sa použilo 23 dotazníkov jeden kvôli neúplnosti údajov musel byť vyradený.

V senzorickej analýze bol skúmaný vplyv prídavku hmyzej múčky z Múčiara obyčajného na senzorické vlastnosti muffinov. Sledovala sa schopnosť hodnotiteľov rozlíšiť muffiny obsahujúce 0 %, 10 % a 20 % hmyzej múčky a vzťah hodnotiteľov ku konzumácií hmyzu.

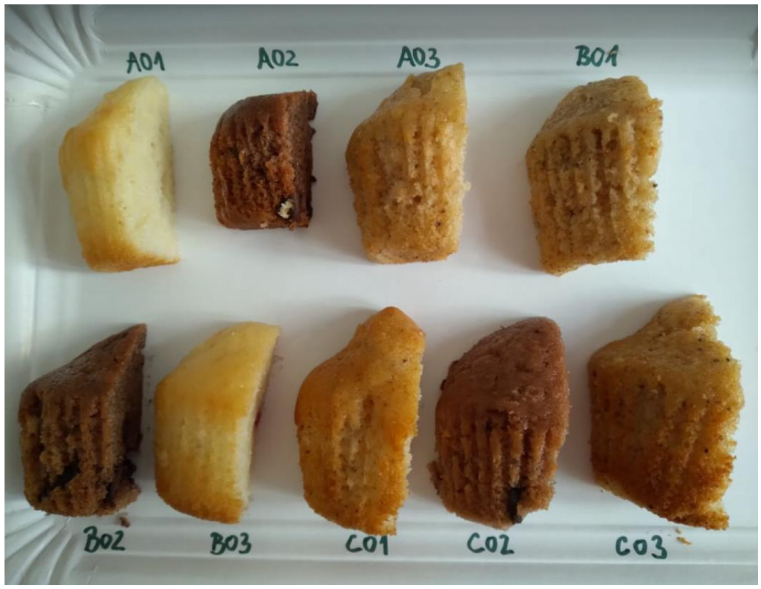
### 4.3.1 Analyzované vzorky

K analýze boli použité doma pripravené muffiny obsahujúce 0 %, 10 % a 20 % hmyzej múčky. Boli analyzované tri príchute muffinov, a to vanilkové, ovocné a čokoládové. Vzorky boli označené kódom aby bola zachovaná anonymita, podľa tabuľku 13.

Tabuľka 13: Popis jednotlivých vzoriek

| Kód označenia | Príchuť | Obsah hmyzej múčky |
|---|---|---|
| A01 | vanilková | 0 % |
| A02 | čokoládová | 20 % |
| A03 | ovocná | 10 % |
| B01 | vanilková | 20 % |
| B02 | čokoládová | 10 % |
| B03 | ovocná | 0 % |
| C01 | vanilková | 10 % |
| C02 | čokoládová | 0 % |
| C03 | ovocná | 20 % |

K neutralizácií chuti mali hodnotitelia k dispozícií pitnú vodu. Vzorky na senzorickú analýzu sú vyobrazené na obrázku 7. Nutričné zloženie jednotlivých muffinov je: pre muffiny bez obsahu hmyzu uvedené v tabuľke 14, pre muffiny obsahujúce 10 % hmyzu v tabuľke 15 a pre muffiny s obsahom hmyzu 20 % v tabuľke 16. Už z nutričného zloženia možeme vidieť, že muffiny s prídavkom hmyzej múčky boli bohatšie na bielkoviny a tuky, ktorých navýšenie pozostávalo zo zdravých nenasýtených mastných kyselín.



Obrázok 7: Analyzované vzorky

Tabuľka 14: Nutričné zloženie muffinov obsahujúcich 0 % hmyzej múčky

| **Kód označenia** | C02 | A01 | B03 |
|---|---|---|---|
| **Energetická hodnota** | 1346,4 kj/ 321,6 kcal | 1347,4 kj/ 321,8 kcal | 1222,3 kj/ 291,9 kcal |
| **tuky** | 15,9 | 16,0 | 14,1 |
| **- z toho nasýtené mastné kyseliny** | 4,3 | 4,3 | 3,8 |
| **sacharidy** | 38,1 | 38,5 | 35,5 |
| **- z toho cukry** | 20,0 | 20,3 | 18,5 |
| **vláknina** | 1,3 | 0,8 | 1,3 |
| **bielkoviny** | 5,8 | 5,5 | 5,0 |
| **soľ** | 0,6 | 0,5 | 0,5 |

Tabuľka 15: Nutričné zloženie muffinov obsahujúcich 10 % hmyzej múčky

| **Kód označenia** | B02 | C01 | A03 |
|---|---|---|---|
| **Energetická hodnota** | 1370,2 kj/ 327,5 kcal | 1371,5 kj/ 327,8 kcal | 1243,7 kj/ 297,2 kcal |
| **tuky** | 16,9 | 17,0 | 15,0 |
| **- z toho nasýtené mastné kyseliny** | 4,6 | 4,5 | 4,0 |
| **sacharidy** | 36,3 | 36,7 | 33,9 |
| **- z toho cukry** | 19,9 | 20,2 | 18,4 |
| **vláknina** | 1,4 | 0,9 | 1,4 |
| **bielkoviny** | 6,7 | 6,5 | 5,8 |
| **soľ** | 0,6 | 0,5 | 0,5 |

Tabuľka 16: Nutričné zloženie muffinov obsahujúcich 20 % hmyzej múčky

| **Kód označenia** | A02 | B01 | C03 |
|---|---|---|---|
| **Energetická hodnota** | 1400,4 kj/ 335 kcal | 1395,7 kj/ 333,8 kcal | 1265,0 kj/ 302,5 kcal |
| **tuky** | 18,1 | 18,0 | 15,9 |
| **- z toho nasýtené mastné kyseliny** | 4,8 | 4,8 | 4,2 |
| **sacharidy** | 34,6 | 34,9 | 32,3 |
| **- z toho cukry** | 19,8 | 20,1 | 18,4 |
| **vláknina** | 1,5 | 1,0 | 1,5 |
| **bielkoviny** | 7,7 | 7,5 | 6,7 |
| **soľ** | 0,6 | 0,5 | 0,5 |

### 4.3.2 Priebeh senzorickej analýzy

Senzorické hodnotenie prebiehalo formou vyplnenia dotazníkov. V prvej časti dotazníku hodnotitelia odpovedali na otázky týkajúce sa ich názoru na hmyz v strave. Druhá časť dotazníku bola zameraná na senzorické hodnotenie neznámych vzoriek podľa vybraných kritérií.

Vôňa a chuť bola charakterizovaná za použitia sedembodovej kategórovej stupnice hedonického (1 neprijateľný → 7 vynikajúci) a intenzitného (1 nepoznateľný → 7 veľmi silný) typu. Pri farbe bola hodnotená intenzita päťbodovou stupnicou (1 veľmi málo intenzívna → 5 veľmi intenzívna) a príjemnosť farby sedembodovou stupnicou (1 neprijateľná → 7 vynikajúca). Farba, vôňa a chuť boli hodnotené aj slovným popisom. Konzistencia bola hodnotená päťbodovou stupnicou (1 príliš mäkký → 5 príliš tvrdý) a následne mali vybrať hodnotitelia najlepšiu a najhoršiu vzorku z hľadiska konzistencie. Na hodnotenie prijateľnosti vzorky bola použitá sedembodová stupnica (1 neprijateľná → 7 vynikajúca), pričom hodnotitelia mali brať do úvahy všetky vyššie zmienené vlastnosti. Nakoniec bol poradový test, kde hodnotitelia mali zoradiť vzorky podľa preferencií (1 najlepšia → 9 najhoršia). Formulár pre senzorické hodnotenie je uvedený v 1.príloha.

# 5 VÝSLEDKY A DISKUSIA

## 5.1 Obsah základných zložiek

Základné zložky hmyzej múčky z Múčiara obyčajného boli stanovované na dvoch hmyzích múčkach. Jedna bola rozdelená na dve frakcie a z druhej sa stanovovali základne zložky bez rozdelenia na frakcie. Frakcie boli rozdelené na 1. frakciu tvorenú jemným podielom hmyzej múčky, ktorá tvorila 68 % z celku a 2. frakcia tvorená z hrubého podielu múčky, ktorá tvorila 32 %. Z frakcií bol prevedený prepočet na celkovú hmyziu múčku a bol porovnaný z výsledkami analýzy celkovej hmyzej múčky. Dáta k prvej a druhej frakcií boli poskytnuté firmou UGF s.r.o. Výsledky sú uvedené v tabuľke 17.

Tabuľka 17: Chemický rozbor základných zložiek v hmyzej múčke z Múčiara obyčajného

| | 1. frakcia* [g/kg sušiny] | 2. frakcia** [g/kg sušiny] | Prepočet z frakcií [g/kg sušiny] | Vzorka nedelená na frakcie [g/kg sušiny] |
|---|---|---|---|---|
| **Bielkoviny** | 453,9 | 564,1 | 489,2 | 515,3 |
| **Tuk** | 261,9 | 221,5 | 249,0 | 297,7 |
| **Vláknina** | 39,7 | 103,1 | 60,0 | 75,0 |
| **Acidodetergentná vláknina (ADF)** | 89,3 | 122,5 | 99,9 | 78,4 |
| **Neutrálnedetergentná vláknina (NDF)** | 187,5 | 273,9 | 215,1 | 206,9 |
| **Popol** | 44,1 | 48,7 | 45,6 | 72,6 |

*jemný podiel hmyzej múčky, ** hrubý podiel hmyzej múčky

### 5.1.1 Obsah vlhkosti a sušiny

Pomocou gravimetrickej metódy, podľa normy ČSN EN ISO 712 bola stanovená vlhkosť na 1,71±0,1 % hm. Následne sa prepočítala sušina, podľa vzorca uvedeného v kapitole 4.2.2. Sušina tvorila 98,29±0,5 %. Z výsledkov je možné pozorovať vysoký podiel sušiny, pretože išlo o sušené larvy Múčiara obyčajného. Vidieť, že ide iba o zvyšky vzdušnej vlhkosti. Naopak u múčky delenej na frakcie bola sušina 512,2 g/ kg sušiny. Tiež z výsledkov uvedených v tabuľke 17 je viditeľné, že 1.frakcia zložená z jemného podielu obsahuje oveľa viac vody.

### 5.1.2 Obsah popola

Podľa postupu popísaného v kapitole 4.2.3 bol gravimetricky vo vzorke stanovený obsah popola. Obsah činil v hmyzej múčke 122,6 g/kg sušiny pri prepočte celkovej hmyzej múčky z dvoch frakcií môžeme pozorovať nižšie zastúpenie popola iba 45,6 g/kg sušiny. Popol predstavujú nespáliteľné látky v múčke, prevažne ide o minerálne látky. Rozdiel môže byť spôsobený tým, že pri rozdelení na frakcie došlo k stratám minerálnych látok.

### 5.1.3 Obsah tuku

Metódou podľa Soxhleta uvedenej v kapitole 4.2.5 bol stanovený obsah tuku na 297,7 g/kg sušiny pri múčke nerozdelenej na frakcie a pri múčke rozdelenej na frakcie a následne prepočítanej bol obsah 249,0 g/kg sušiny. Rozdiel mohol byť spôsobený zmenami pri chove jednotlivých lariev použitých pri výrobe múčky, rozdielom vo veku lariev, alebo zastúpením samčekov a samičiek. Obsah tuku 29,7±0,5 % pri múčke nerozdelenej na frakcie zodpovedá tomu čo uvádza MAKKAR, et al. [23], ktorý uvádza obsah tukov u sušených lariev v rozmedzí 29,83-31,17 %. Obsah tuku stanovený vo vzorkách múčky zodpovedá doporučenému obsahu tuku v krmive pre ryby. FILIPIAKA, et al. a JIRÁSKA, et al. [76,77] uvádzajú odporúčaný obsah u lososovitých rýb 7- 30 % tuku v krmive závislosti na rade faktorov, napríklad druhu ryby, veku, atď. U kaprovitých rýb je obsah tuku nižší v rozmedzí 8-18 % v závislosti na teplote vody. V minulosti bol základným zdrojom tukov v krmive rybí tuk, ale kvôli vysokej cene rybieho tuku sa hľadajú alternatívne zdroje tukov. Na základe analýz je preukázaný potenciál lariev Múčiara obyčajného ako zložky stravy rýb.

Obrázok 8: Vyextrahovaný tuk z 20 gramov hmyzej múčky

### 5.1.4 Obsah bielkovín

Zastúpenie bielkovín bolo analyzované metódou podľa Kjeldahla popísanej v kapitole 4.2.7. Najprv bola prevedená mineralizácia, kde bola vzorke zhomogenizovaná a následne prebiehala destilácia. Pre meranie boli požité larvy Múčiara obyčajného *Tenebrio molitor* a ich hodnota prepočítaná na celkový obsah v sušine. Obsah hrubej bielkoviny bol prepočítaný pomocou faktoru 6,25. Výsledky sú preto skreslené, ale umožňuje to porovnať zistené hodnoty s ostatnými autormi, ktorí použili rovnaký prepočtový faktor. Obsah celkového dusíku a hrubej bielkoviny je uvedený v tabuľke 18. Mineralizácia prebiehala dvoma rôznymi programami uvedenými v kapitole 4.2.7. Z výsledkov analýzy je vidieť, že oba spôsoby mineralizácie sú rovnako účinné. Obsah bielkovín činí u hmyzej múčky rozdelenej na frakcie a následne prepočítanej na celok 489,2 g/kg sušiny u druhej múčky bolo stanovené 515,3 g/kg sušiny bielkovín. Zastúpenie je podobné ako uvádzajú iní autori, napríklad FINKE [2] uvádza obsah dusíkatých látok 49,1 %, NERGUI, et al. [28] stanovil obsah dusíkatých látok na 46,44 % a MAKKAR, et al. [23] uvádza obsah bielkovín v sušených larvách až 63,31-68-87 %. Obsah bielkovín sa mení s obsahom tuku v sušine

a z toho dôvodu sú spôsobené odchýlky medzi jednotlivými stanoveniami. Čím je menší obsah tuku, tým je naopak väčší obsah bielkovín a naopak. Zo stanovení je možné vidieť, že obsah bielkovín je nemenný a premennú udáva obsah tuku, ktorý sa hladovaním znižuje. Doporučený obsah bielkovín v strave pre ryby podľa FILIPIAKA, et al. a JIRÁSKA, et al. [76,77] je u kaprovitých 15-45 % podľa teploty vody a u lososovitých okolo 50 %. Stanovený obsah bielkovín vo vzorkách zodpovedá potrebnému množstvu bielkovín u rýb.

Tabuľka 18: Obsah celkového dusíku a hrubej bielkoviny vo vzorke

| Vzorka | Obsah celkového dusíku [%] | Obsah hrubej bielkoviny [%] |
|---|---|---|
| 1 | 8,040 | 50,250 |
| 2 | 8,046 | 50,285 |
| 3 | 8,056 | 50,350 |
| 4 | 8,041 | 50,255 |
| 5 | 8,058 | 50,362 |
| 6 | 8,067 | 50,420 |
| priemer | 8,051±0,010 | 50,320±0,062 |

### 5.1.5 Vláknina

Podľa postupu v kapitole 4.2.11 bola stanovená vláknina metódou podľa Henneberga a Stohmanna. Obsah vlákniny bol stanovený na 75 g/kg sušiny v múčke nerozdelenej na frakcie a v múčke rozdelenej na frakcie bol stanovený obsah vlákniny na 60 % uvedené v tabuľke 17. Adekvátny príjem vlákniny v krmive je spojený so správnym fungovaním tráviaceho traktu a motoriku čriev rýb. Vláknina je pre ryby nestráviteľná a ich vyššie množstvo znižuje stráviteľnosť ostatných živín. HARDY, et al. [78] uvádza obsah vlákniny u lososovitých rýb nad 2,5 % a u kaprovitých rýb nad 8 %. Podľa týchto parametrov obsah vlákniny u oboch múčok zodpovedá doporučenej dávke vlákniny u kaprovitých rýb.

### 5.1.6 ADF a NDF vláknina

Gravimetrickou metódou bola stanovená acido-detergentná vláknina (ADF) a neutrálne-detergentná vláknina (NDF). Obsah ADF vlákniny bol stanovený v múčke nedelenej na frakcie 78,4 g/kg sušiny a pri prepočte dvoch frakcií múčky vyšiel obsah ADF vlákniny 99,9 g/kg sušiny. Rozdiel medzi múčkami mohol vzniknúť pri delení na frakcie. Obsah neutrálne-detergentnej vlákniny bol stanovený na 215,1 g/kg sušiny v múčke delenej na frakcie a následne prepočítanej na celok a 206,9 g/kg sušiny v múčke nedelenej na frakcie. Môžeme pozorovať, že na zastúpenie NDF nemá vplyv delenie hmyzej múčky na frakcie.

### 5.1.7 Bezdusikaté látky vyťažkové (BNVL)

Boli stanovené nepriamo, výpočtom z výsledkov stanovenia dusíkatých látok, tuku, vlákniny, popola a obsahu vlhkosti, podľa postupu popísaného v kapitole 5.1.7. k prepočtu boli použité výsledky analýz prepočítané na pôvodnú hmotnosť a nie na celkovú sušinu. BNLV sú tvorené prevažne sacharidmi, malú časť môžu tvoriť i organické kyseliny, prípadne ďalšie látky nezachytené v analýzach. Z výsledkov uvedených v tabuľke 19 je vidieť, že zastúpenie v hmyzej múčke je minimálne. Obsah BNVL v múčke delenej na frakcie tvorí 59,2 g/kg a pri

vzorke nedelenej na frakcie len 41,1 g/kg. Nízke hodnoty môžu byť spôsobené nízkym zastúpením sacharidov v larvách Múčiara obyčajného.

Tabuľka 19: Prepočet BNVL

| Bezdusíkaté látky výťažkové (BNVL) | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 1.frakcia | 2.frakcia | Prepočet z frakcií | Vzorka nedelená na frakcie |
| **Sušina [g/kg]** | 290,1 | 985,2 | 512,5 | 982,9 |
| **Dusíkaté látky [g/kg]** | 131,7 | 555,7 | 267,4 | 503,2 |
| **Tuk [g/kg]** | 76,0 | 218,2 | 121,5 | 250,1 |
| **Popol [g/kg]** | 12,8 | 48,0 | 24,1 | 119,2 |
| **Vláknina [g/kg]** | 11,5 | 101,5 | 40,3 | 69,3 |
| **BNVL [g/kg]** | 58,1 | 61,8 | 59,2 | 41,1 |

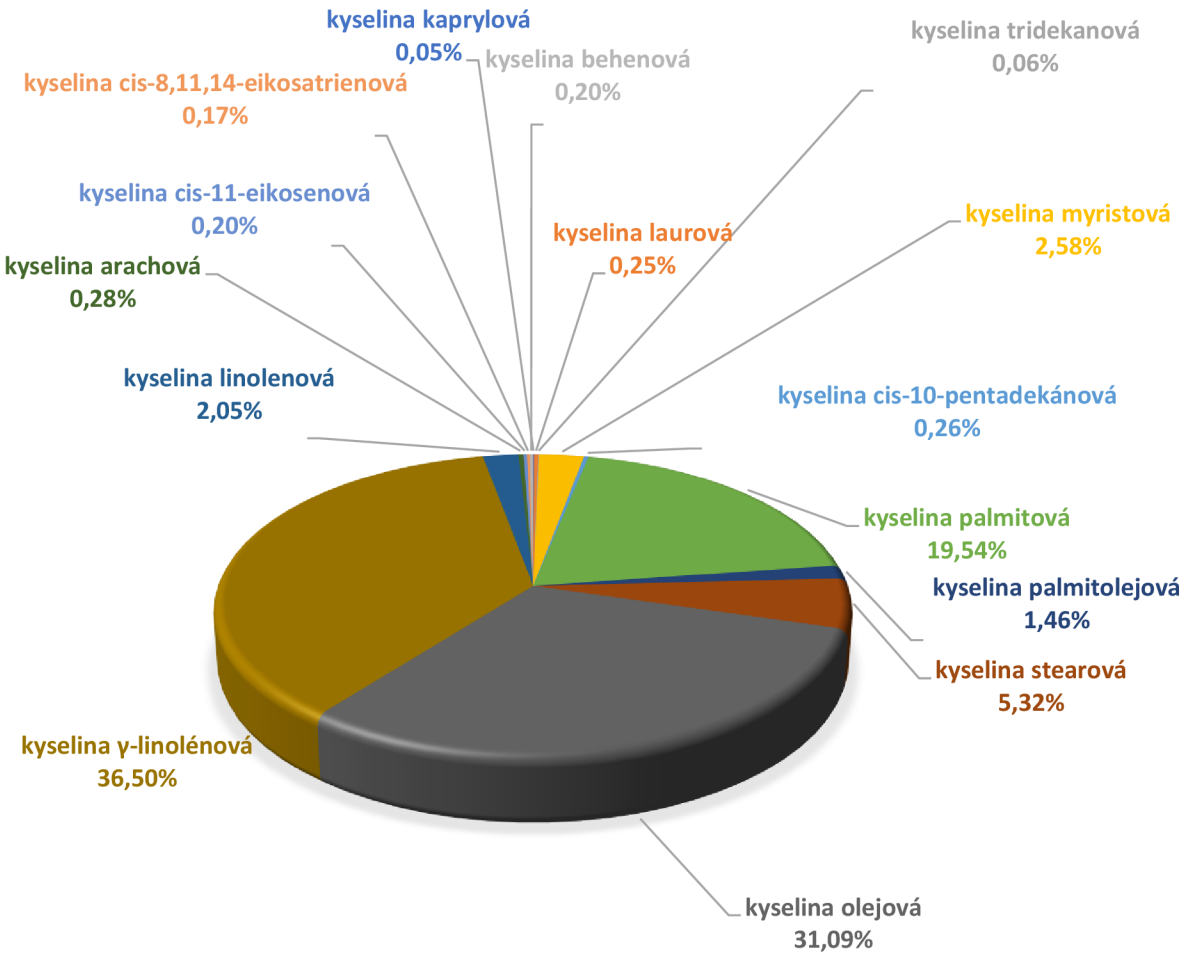
## 5.2 Profil mastných kyselín

Profil mastných kyselín bol stanovený plynovou chromatografiou s plameňovo-ionizačným detektorom, podľa postupu uvedeného v kapitole 4.2.6. Zastúpenie jednotlivých mastných kyselín v jednotlivých frakciách a ich následný prepočet a zastúpenie v hmyzej múčke nerozdelenej na frakcie je uvedené v tabuľke 20. Obsah mastných kyselín závisí od krmiva Múčiara obyčajného. Zvyšovanie množstva esenciálnych mastných kyselín v Múčiarovi obyčajnom je možné obohacovaním krmiva. Z uvedených údajov v tabuľke môžeme pozorovať rozdiely medzi dvoma analyzovanými múčkami. Pri múčke nedelenej na frakcie bolo pozorované vyššie zastúpenie jednotlivých mastných kyselín oproti údajom prepočítaním z jednotlivých frakcií. Dôvodom môžu byť straty vzniknuté pri rozdeľovaní múčky na jednotlivé frakcie.

Tabuľka 20: Profil mastných kyselín v *Tenebrio molitor*

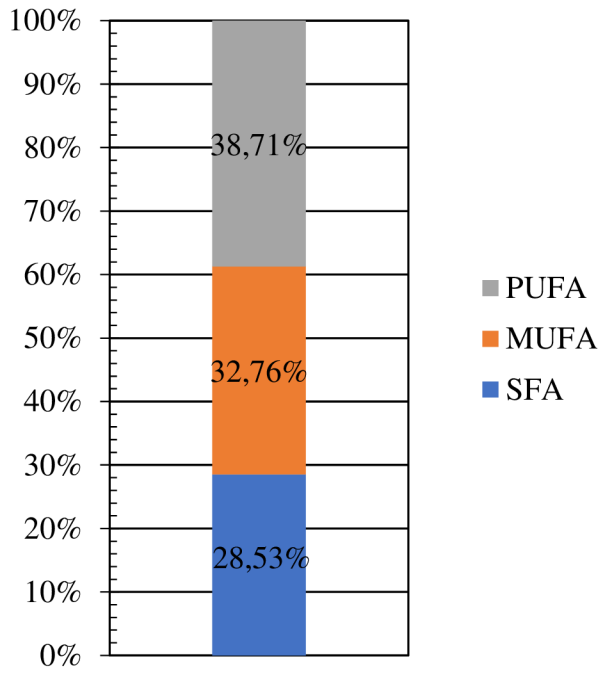
| Mastné kyseliny | 1.frakcia [g/100g tuku] | 2. frakcia [g /100g tuku] | Prepočet z frakcií [g /100g tuku] | Vzorka nedelená na frakcie [g /100g tuku] |
|---|---|---|---|---|
| C8:0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| C10:0 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 |
| C11:0 | 0,26 | 0,00 | 0,18 | 0,00 |
| C12:0 | 0,13 | 0,09 | 0,12 | 0,27 |
| C13:0 | 0,04 | 0,03 | 0,04 | 0,00 |
| C14:0 | 1,77 | 1,36 | 1,64 | 2,36 |
| C14:1 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 |
| C15:1 | 0,00 | 0,02 | 0,01 | 0,29 |
| C16:0 | 11,51 | 15,55 | 12,80 | 19,65 |
| C16:1 | 1,23 | 1,02 | 1,16 | 1,01 |
| C17:0 | 0,45 | 0,47 | 0,46 | 0,00 |
| C17:1 | 0,17 | 0,16 | 0,17 | 0,00 |
| C18:0 | 2,34 | 3,30 | 2,65 | 5,70 |
| C18:1n9t+ C18:1n9c | 31,11 | 30,45 | 30,90 | 33,36 |
| C18:3n6 | 35,13 | 30,79 | 33,74 | 35,16 |
| C18:3n3 | 0,11 | 0,17 | 0,13 | 1,35 |
| C20:0 | 2,16 | 1,86 | 2,06 | 0,41 |
| C20:1n9 | 0,11 | 0,14 | 0,12 | 0,00 |
| C20:2n6 | 0,14 | 0,16 | 0,15 | 0,00 |
| C20:3n6 | 0,06 | 0,06 | 0,06 | 0,00 |
| C21:0 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,00 |
| C20:4n6 | 0,01 | 0,04 | 0,02 | 0,00 |
| C22:0 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,00 |
| C22:6n3 | 0,09 | 0,02 | 0,07 | 0,00 |
| C22:4n6 | 0,02 | 0,07 | 0,04 | 0,00 |
| C22:5n3 | 0,09 | 0,14 | 0,11 | 0,00 |

Z výsledkov uvedených v tabuľke 20 je viditeľné najväčšie zastúpenie kyseliny myristovej (C14:0), kyseliny palmitovej (C16:0), kyseliny stearovej (C18:0), kyseliny olejovej a elaidovej (C18:1n9t+ C18:1n9c) a kyseliny γ-linolénovej (C18:3n6), ktorá tvorí majoritné zastúpenie vo všetkých nameraných vzorkách. Zastúpenie mastných kyselín sa líši od údajov uvedených autormi DREASSI et al. a ZIELINSKA et al., ktorý uvádzajú ako majoritnú mastnú kyseliny kyselinu olejovú. Zastúpenie jednotlivých mastných kyselín je uvedené v tabuľke 2. Rozdiely v zastúpení mastných kyselín môže byť spôsobené rozdielmi v strave Múčiara obyčajného.



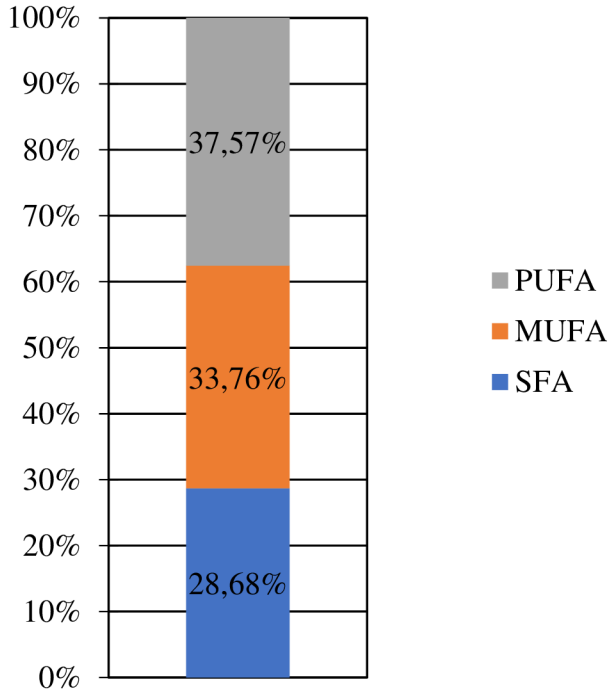

Graf 1: Zastúpenie mastných kyselín vo vyextrahovanom tuku

Profil mastných kyselín bol stanovený aj zvlášť vo vyextrahovanom tuku, ktorý bol popisovaný v kapitole 5.1.3. Obsah mastných kyselín v tuku je znázornený na grafe 1. Z uvedených údajov môžeme vidieť majoritné zastúpenie kyseliny γ-linolenovej rovnako ako bolo pozorované pri analýze z hmyzej múčky. Zastúpenie kyseliny γ-linolenovej tvorí 36,5 % z celkového obsahu mastných kyselín. Druhou najviac zastúpenou mastnou kyselinou je kyselina olejová, ktorá tvorila 31,09 % z celkového obsahu mastných kyselín.



Graf 2: Zastúpenie PUFA, MUFA a SFA vo vyextrahovanom tuku

Zastúpenie polynenasýtených mastných kyselín (PUFA), mononenasýtených mastných kyselín a nasýtených mastných kyselín (SFA) vo vzorke vyextrahovaného tuku z prístroja Gerhardt Soxtherm je znázornené na grafe 2. Z výsledkov grafu je zrejmé, že vo vyextrahovanom tuku z Múčiara obyčajného sú najviac zastúpené polynenasýtené mastné kyseliny 38,71 % a najmenej nasýtených mastných kyselín iba 28,53 %. Zastúpenie mastných kyselín zodpovedá požiadavkám rýb, ktoré potrebujú pre svoj rast najme PUFA, ako bolo popísané v kapitole 2.7.2.




Graf 3: Zastúpenie PUFA, MUFA a SFA vo vzorke múčky nedelenej na frakcie

Zastúpenie PUFA, MUFA a SFA vo vzorke múčky nedelenej na frakcie je zobrazené v grafe 3. Pri vzorke múčky bolo pozorované, tiež majoritné zastúpenie polynenasýtených mastných kyselin 37,57 %. Z údajov je vidieť, že zastúpenie PUFA, MUFA a SFA sa nelíši použitím hmyzej múčky alebo vyextrahovaného tuku z múčky. Prístroj GC-FID zanalyzoval obe vzorky rovnako. Vysoké zastúpenie nenasýtených mastných kyselín sa zhoduje s údajmi, ktoré uvádza aj FINKE [2].

## 5.3 Celkové sacharidy

Celkové sacharidy boli stanovené spektrofotometricky metódou podľa Duboisa postupom popísaným v kapitole 4.2.8. Meranie bolo prevedené s extraktami s prídavkom 35 % HCl a bez prídavku 35 % HCl. Bola premeraná iba múčka nedelená na frakcie. Stanovené hodnoty sú uvedené v tabuľke 21.

Tabuľka 21: Celkové sacharidy

| Číslo vzorky | Hmotnosť [mg/100g] | Zastúpenie [%] | |
|---|---|---|---|
| **1.** | 77,46 | 0,081±0,008 | extrakcia bez prídavku 35% HCl |
| **2.** | 87,48 | | |
| **3.** | 77,41 | | |
| **4.** | 191,00 | 0,198±0,005 | extrakcia s prídavkom 35% HCl |
| **5.** | 199,91 | | |
| **6.** | 204,36 | | |

Z jednotlivých hodnôt v tabuľke môžeme pozorovať, že extrakcia bola účinnejšia s prídavkom 35 % HCl. Vyššie zastúpenie sacharidov pri extraktoch s prídavkom HCl môže byť spôsobené slabou hydrolýzou prítomných polysacharidov. Zastúpenie sacharidov bolo veľmi nízke, a to sa zhoduje s údajmi, ktoré publikovali ďalší autori. NOWAK, et al. [30] udáva zastúpenie sacharidov 1,1 %. Nízky obsah sacharidov v larvách Múčiara obyčajného ukazuje jeho potenciál ako krmiva pre ryby, pretože ryby v strave potrebujú nízke zastúpenie sacharidov.

## 5.4 Redukujúce sacharidy

Redukujúce sacharidy boli stanovené spektrofotometricky podľa postupu uvedeného v kapitole 4.2.9. Stanovenie bolo prevedené len na múčke nedelenej na frakcie. Z hmyzej múčky z Múčiara obyčajného boli pripravené dva extrakty, jeden s prídavkom HCl a druhý bez prídavku HCl. Obsah redukujúcich sacharidov je uvedený v tabuľke 22.

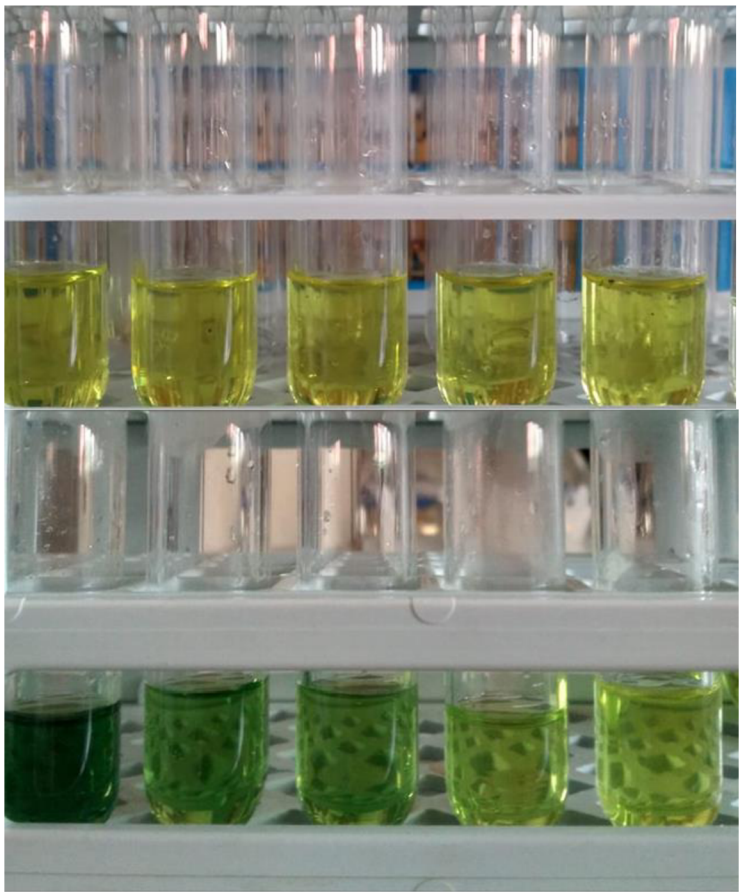
Tabuľka 22: Redukujúce sacharidy

| Číslo vzorky | Hmotnosť [mg/100g] | Zastúpenie [%] | |
|---|---|---|---|
| **1.** | 155,49 | 0,154±0,003 | extrakcia bez prídavku 35% HCl |
| **2.** | 156,44 | | |
| **3.** | 150,68 | | |
| **4.** | 146,90 | 0,156±0,007 | extrakcia s prídavkom 35% HCl |
| **5.** | 165,02 | | |
| **6.** | 156,92 | | |

Z údajov uvedených v tabuľke vidieť, že obsah redukujúcich sacharidov je skoro rovnaký v oboch extraktoch. Na redukujúce sacharidy nemal vplyv prídavok 35 % HCl. Obsah redukujúcich sacharidov je nízky, tak ako to uvádza NOWAK, et al. [30]. Potvrdil sa aj vysoký podiel redukujúcich sacharidov v celkovom množstve sacharidov, čo potvrdzujú aj iní autori, podľa ktorých je zo sacharidov najviac zastúpená fruktóza, následne glukóza, manóza a trehalóza [30].

## 5.5 Obsah chitínu

Zastúpenie chitínu vo vzorke múčky bolo prevedené podľa metódy popísanej v kapitole 4.2.10. Pri analýze bola pozorovaná farebná zmena znázornená na obrázku 9. Obsah chitínu bol stanovený na 5,51±0,19 g/100 g vzorky. Množstvo chitínu je porovnateľné s údajmi, ktoré uvádza SONG, et al. [44] kde uvádza v priemere obsah chitínu v larvách *Tenebrio molitor* na 5 %.



Obrázok 9: Farebná zmena roztokov kalibračnej rady hore pred zahriatím a dole po zahriatí na 70 °C

## 5.6 Minerálne látky

Minerálne látky boli stanovené pomocou ICP-OES postupom popísaným v kapitole 4.2.13. Zastúpenie vybraných minerálnych látok je uvedené v tabuľke 23. Z uvedených údajov je možné preukázať majoritné zastúpenie draslíku a sodíku v hmyzej múčke z Múčiara obyčajného, ktoré sú potrebné pre osmoreguláciu rýb. Zastúpenie draslíku bolo stanovené na 10240 mg/kg pri prepočte z hmyzej múčky delenej na frakcie a 9363 mg/kg u múčky nedelenej na frakcie. Obsah sodíku bol pri múčke delenej na frakcie 1230 mg/kg a u múčky nedelenej na frakcie 1168 mg/kg. Môžeme tiež vidieť vysoké zastúpene fosforu u vzorky delenej na frakcie na 7700 mg/kg a pri vzorke nedelenej na frakcie 6840 mg/kg. Fosfor je prvok najviac sledovaný v kŕmnych zmesiach pre ryby, pretože je dôležitý pre stavbu tela rýb, ako bolo spomínané v kapitole 2.7.5. Z minoritných prvkov bolo pozorované najvyššie zastúpenie zinku a železa. Železo je dôležité pre krvotvorbu, a aby nedochádzalo k anémií rýb.

Tabuľka 23: Zastúpenie vybraných minerálnych látok v hmyzej múčke z *Tenebrio molitor*

| **Stanovené prvky** | **1.frakcia [mg/kg]** | **2. frakcia [mg/kg]** | **Prepočet z frakcií [mg/kg]** | **Vzorka nedelená na frakcie [mg/kg]** | |
|---|---|---|---|---|---|
| K | 9890 | 10990 | 10240 | 9363 | majoritné prvky |
| Na | 1100 | 1500 | 1230 | 1168 | |
| Ca | 590 | 760 | 640 | 620 | |
| P | 6900 | 9400 | 7700 | 6840 | |
| Mg | 0,24 | 0,24 | 0,24 | 255 | minoritné prvky |
| Cu | 20,3 | 28,7 | 22,98 | 22,0 | |
| Fe | 109,8 | 87,3 | 102,63 | 98,0 | |
| Mn | 14,7 | 12,6 | 14,04 | 14,0 | |
| Zn | 147,1 | 155,0 | 149,61 | 139,5 | |

Obsah jednotlivých majoritných a minoritných prvkov sa líši od rozsahov, ktoré uvádza SIMON et al. [53]. Zastúpenie jednotlivých minerálnych látok uvádzaným SIMON et al. sú uvedené v tabuľke 3. Rozdiely medzi údajmi uvádzanými SIMON et al. a údajmi stanovenými na použitej hmyzej múčke môžu byť spôsobené vysokou špecifickosťou zastúpenia minerálnych látok. Všeobecne minerálne zloženie záleží od rady faktorov ako sú potravinové zdroje hmyzu, vývojového štádia, prostredia, kde žijú ryby, vekom rýb a druhom ryby a ďalších. Z výsledkov analýz môžeme pozorovať odchýlky v zložení jednotlivých prvkov aj medzi múčkou nedelenou na frakcie a delenou na frakcie. Odlišnosti výsledkov jednotlivých stanovení sú spôsobené práve spomínanými faktormi.

## 5.7 Profil aminokyselín

Stanovenie aminokyselín bolo prevedené na dvoch frakciách a následne údaje boli prepočítané na celkovú hmyziu múčku. Výsledné dáta boli poskytnuté Veterinárnou univerzitou v Brne. Profil aminokyselín je uvedený v tabuľke 24.

Tabuľka 24: Profil aminokyselín v analyzovanej hmyzej múčke

| Aminokyseliny | Skratka | 1. frakcia [g/kg] | 2. frakcia [g/kg] | Prepočet z frakcií [g/kg] |
|---|---|---|---|---|
| **Kyselina asparagová** | Asp | 36,6 | 41,1 | 38,0 |
| **Treonin** | Thr | 16,9 | 20,1 | 17,9 |
| **Serin** | Ser | 17,7 | 22,6 | 19,3 |
| **Kyselina glutamová** | Glu | 51,0 | 49,3 | 50,5 |
| **Prolin** | Pro | 31,8 | 43,4 | 35,5 |
| **Glycin** | Gly | 21,2 | 31,0 | 24,3 |
| **Alanin** | Ala | 28,6 | 48,2 | 34,9 |
| **Valin** | Val | 26,2 | 38,2 | 30,0 |
| **Metionin** | Met | 0,7 | 24,8 | 8,4 |
| **Isoleucin** | Ile | 19,5 | 25,3 | 21,4 |
| **Leucin** | Leu | 32,2 | 41,1 | 35,0 |
| **Tyrosin** | Tyr | 23,5 | 30,8 | 25,8 |
| **Fenylalanin** | Phe | 17,0 | 17,5 | 17,2 |
| **Histidin** | His | 14,7 | 18,5 | 15,9 |
| **Lyzín** | Lys | 24,4 | 30,8 | 26,4 |
| **Arginin** | Arg | 24,4 | 28,9 | 25,8 |

Z údajov uvedených v tabuľke je vidieť, že hmyzia múčka z Múčiara obyčajného obsahu najväčšie zastúpenie aminokyseliny kyseliny glutamovej 50,5 g/kg sušiny, kyseliny asparagovej 38 g/kg sušiny, prolínu 35,5 g/kg sušiny a leucinu 35 g/kg sušiny. Použitá hmyzia múčka obsahuje deväť esenciálnych aminokyselín z desiatich potrebných pre výživu rýb. Prehľad zastúpenia esenciálnych aminokyselín v strave rýb je uvedené v tabuľke 4. Optimálne zastúpenie aminokyselín v strave obsahuje najviac lysinu, leucinu a arginínu. Vysoké zastúpenie leucinu zodpovedá potrebám rýb.

Profil aminokyselín larvy Múčiara obyčajného sa líši od údajov ostatných autorov uvedených v tabuľke 1. Podľa BEDNÁŘOVEJ et al. [29] má najvyššie zastúpenie aminokyselina alanin 46 g/kg a následne kyselina glutamová s 45,5 g/kg a nebol uvedený tryptofan. NERGUI et al. [28] uvádza najvyššie zastúpenie aminokyseliny kyseliny glutamovej 26,4 g/kg a alaninu 17,1 g/kg a tiež neuvádza tryptofan a FINKE [2] najvyšší obsah kyseliny glutamovej 21,1 g/ kg a uvádza 1,8 g/kg tryptofanu. Zastúpenie jednotlivých aminokyselín sa líši v závislosti od druhu krmiva a oblasti chovu.

## 5.8 Návrh krmiva

Z výsledkov analýz bolo navrhnuté optimálne krmivo pre pstruha. Pri návrhu sa vychádzalo zo štúdií a ponuky komerčných krmív. Pstruh dúhový (*Oncorhynchus mykiss*) je bežne chovaný druh rýb v akvakultúre. Okrem rýb chovaných na konzumáciu sa chovajú aj milióny pstruhov dúhových na zarybnenie do rybníkov, jazier, potokov a riek. Komerčné krmivo obsahovalo rybiu múčku, pšenicu, pšeničné otruby, krvnú múčku, rybí tuk a palmový olej. Navrhnuté krmivo obsahovalo namiesto palmového oleja sójový olej, ako bolo použité aj v štúdií od JEONG, et al. [72]. Krvná múčka bola vynechaná kvôli vysokému obsahu železa v larvách tenebrio molitor. Nutričné zloženie komerčného krmiva a navrhnutého krmiva je v

tabuľke 25. Zahrnutím hmyzej múčky ako náhrady za rybiu múčku sa zvýšilo zastúpenie proteínov. Navrhnuté krmivo obsahovalo 14 % hmyzej múčky z *Tenebrio molitor* a 40 % rybej múčky. Ďalej obsahovalo pšenicu, pšeničné otruby, rybí tuk a sójový olej.

Tabuľka 25: Základné parametre komerčného a navrhnutého krmiva

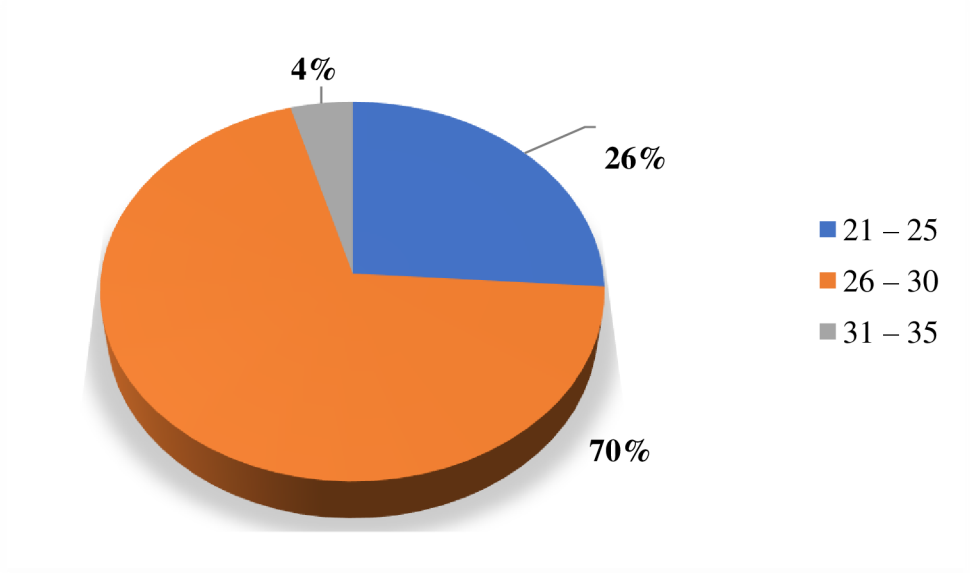
| **Komerčné krmivo** | | **Navrhnuté krmivo** | |
|---|---|---|---|
| Bielkoviny | 42 % | Bielkoviny | 49,8 % |
| Tuky | 18 % | Tuky | 14,8 % |
| Popol | 7,1 % | Popol | 8,5 % |
| Cena | 105 Kč | Cena | 115 Kč |

Ceny krmív sú uvedené na kilo krmiva. Cena navrhnutého krmiva je vyššia oproti komerčne dostupnému krmivu. Vyššia cena je spôsobená vyššou cenou hmyzej múčky oproti rybej múčke. Napriek súčasným vysokým trhovým cenám hmyzej múčky v porovnaní s konvenčnými zdrojmi bielkovín je produkcia hmyzu rýchlo sa rozvíjajúcim odvetvím a v Európe bolo nedávno založených niekoľko spoločností a start-upov. To môže v blízkej budúcnosti viesť k zníženiu ceny. Mierne zníženie ceny u navrhnutého krmiva sa podarilo nahradením palmového oleja sójovým olejom, ktorý je lacnejší.

## 5.9 Výsledky senzorickej analýzy

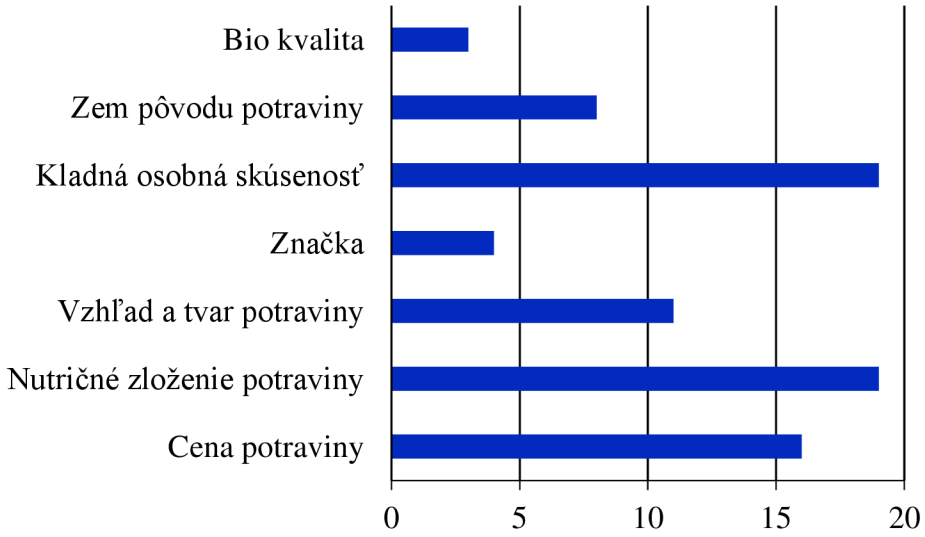
Formou senzorickej analýzy bol sledovaný vplyv prídavku hmyzej múčky na senzorický profil muffinov a tudíž využitie hmyzej múčky v potravinárstve, konkrétne u výživy ľudí. Muffiny s prídavkom hmyzu mali vyšší obsah bielkovín, tukov a vlákniny oproti muffinom bez prídavku hmyzu. Pri muffinoch bez hmyzu bol vyšší obsah sacharidov.Bol zisťovaný vzťah spotrebiteľov ku konzumácií potravín s prídavkom hmyzu a či sú hodnotitelia schopní rozpoznať hmyz v strave.

Počas senzorického hodnotenia bolo sledovaných 9 vzoriek označených kódmi a boli analyzované spôsobom uvedeným v kapitole 4.3.2. Senzorický dotazník mal dve časti. Prvej časti dotazníku hodnotitelia vyplňovali informácie o sebe a o vzťahu ku konzumácií hmyzu. Dotazník bol anonymný. Senzorickej analýzy sa zúčastnilo 23 respondentov z čoho bolo 17 žien a 6 mužov. Najviac hodnotiteľov bolo vo veku od 26-30 rokov. Vekové rozpätie účastníkov senzorickej analýzy je uvedené v grafe 4



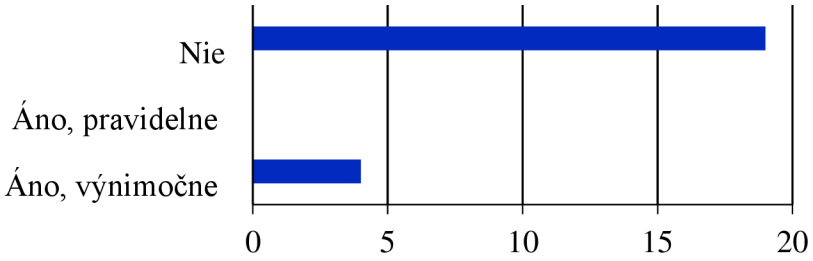

*Graf 4: Vek hodnotiteľov*

V druhej otázke mali hodnotitelia vybrať faktory, ktoré zohľadňujú pri výbere potravín. Hodnotitelia mohli označiť 1 alebo viac odpovedí. V grafe 5 sú uvedené odpovede respondentov. Z uvedených údajov vyplýva, že najviac spotrebitelia zohľadňujú pri nákupe nutričné zloženie potravín a kladnú osobnú skúsenosť. Najmenej ich zaujíma bio kvalita a značka potraviny.



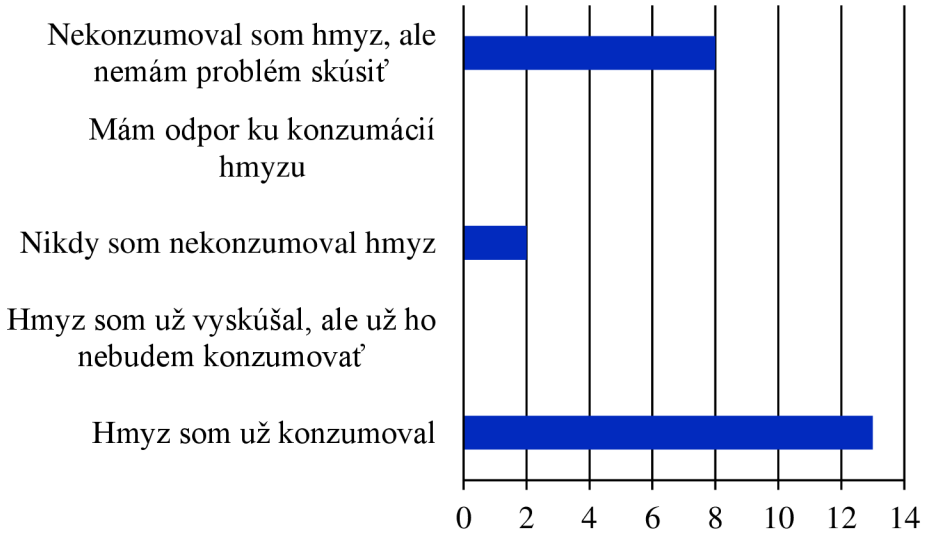

Graf 5: Faktory, ktoré zohľadňujú spotrebitelia pri nákupe

Na otázku či sa v strave respondetov výskytuje hmyzu odpovedalo 19 z nich odpoveďov, že nie. Zastúpenie odpovedí je uvedené v grafe 6. Z odpovedí je patrné, že v našej zemepisnej šírke nie je ešte stále konzumácia hmyzu bežná.



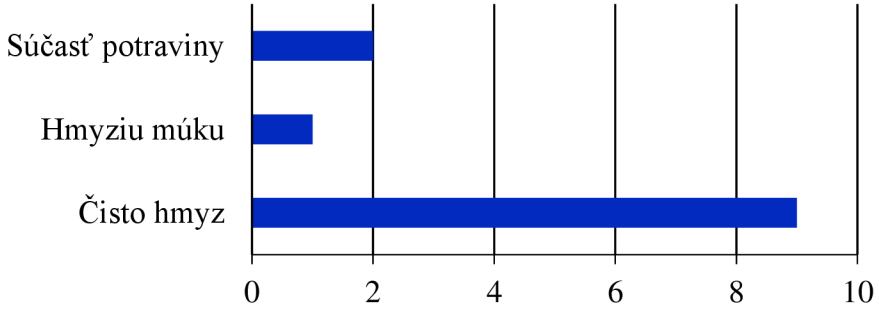

Graf 6: Výskyt hmyzu v strave

Pri otázke 4: Aký majú vzťah ku konzumácií hmyzu. Odpovedalo 13 hodnotiteľov, že hmyz už konzumovalo. Z toho vidieť, že aj napriek skúsenosti s konzumáciou hmyzu ľudia stále nezaradili hmyz do svojho jedálnička. Zastúpenie jednotlivých odpovedí je uvedené v grafe 7.



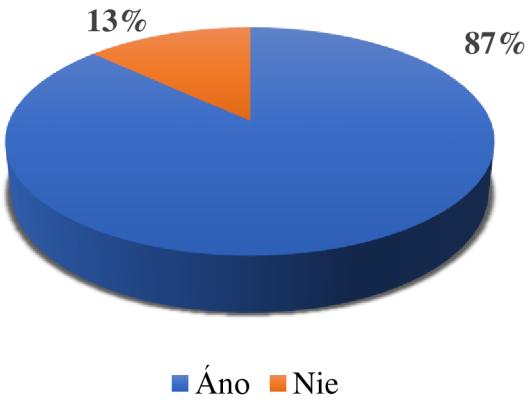

Graf 7: Vzťah ku konzumácií hmyzu

Z 13 respondentov, ktorí uviedli že už jedli hmyz uviedlo 9 hodnotiteľov, že jedlo čisto hmyz, tzn. hmyz nebol pred konzumáciou upravený do podoby potraviny alebo pomletý na múčku. Bol to buď čerstvý alebo len usušený hmyz podávaný na priamu konzumáciu. Presné zastúpenie jednotlivých odpovedí je uvedené v grafe 8.




Graf 8: Akej forme konzumovali hmyz hodnotitelia, ktorí uviedli že už jedli hmyz

V poslednej otázke v prvej časti dotazníku, ktorá sa týkala vzťahu hodnotiteľov ku konzumácií hmyzu mali uviesť, či považujú hmyz za potravinu budúcnosti. Zastúpenie odpovedí je uvedené v grafe 9. Z 23 hodnotiteľov až 20 uviedlo, že považuje hmyz za potravinu budúcnosti.



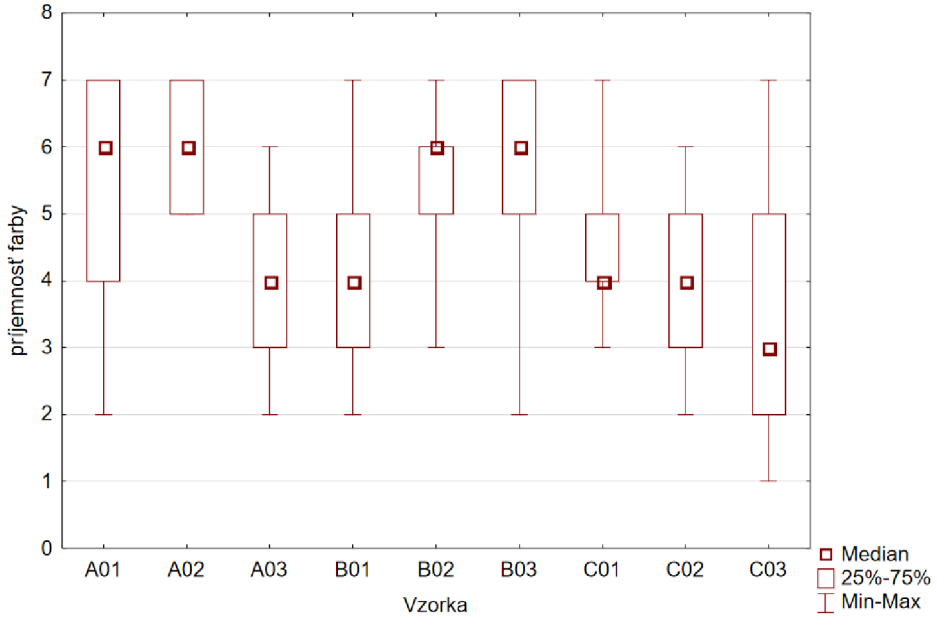

Graf 9: Zastúpenie odpovedí na otázku: Je podľa Vás hmyz potravina budúcnosti?

Z výsledkov prvej časti dotazníku je vidieť, že ľudia v našej zemepisnej šírke považujú hmyz za potravinu budúcnosti, ale ešte nie sú pripravení ju zaradiť do každodenného jedálnička.

V druhej časti dotazníku hodnotitelia senzoricky hodnotili 9 neznámych vzoriek. Hodnotené vzorky môžeme vidieť na obrázku 7. Hodnotitelia hodnotili farbu, vôňu, konzistenciu, chuť, celkovú prijateľnosť a na záver vyplnili poradový test. Výsledky boli vyhodnocované pomocou programu Microsoft Office Excel a Statistica. Výsledky boli štatisticky spracované pomocou použitia Grubsovho testu na hladine významnosti $\alpha$=0,05, ktorý umožnil vylúčenie extrémnych hodnôt na základe vypočítaného testovacieho kritéria súboru dát, ktoré odpovedajú Gaussovmu normálnemu rozdeleniu. Extrémne hodnoty boli odstránené a vylúčené z ďalšieho štatistického spracovania. Následne bol prevedený Kruskal-Wallisov test na hladine významnosti $\alpha$=0,05, ktorý sleduje rozdelenie súborov do zhlukov na jednotlivé premenné kde zistíme, či majú medzi sebou štatisticky významný rozdieľ.

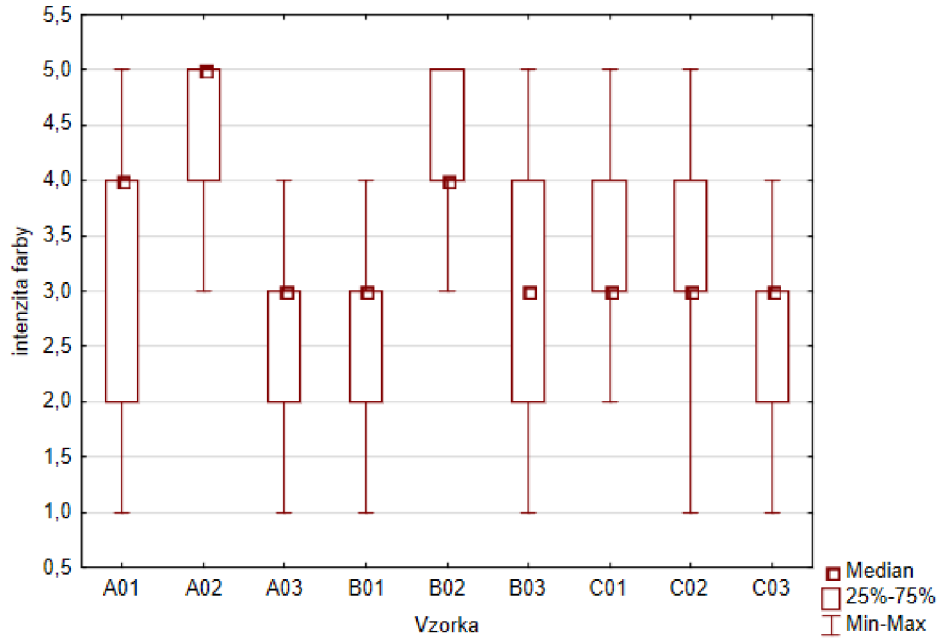
### 5.9.1 Hodnotenie farby

Hodnotitelia pri vzorkách hodnotili príjemnosť a intenzitu farby. Príjemnosť farby hodnotili pomocou sedembodovej stupnice (1 neprijateľná → 7 vynikajúca) a intenzitu päťbodovou stupnicou (1 veľmi málo intenzívna → 5 veľmi intenzívna). Je vidieť, že analyzované vzorky sa líšia intenzitou farby, ale aj celkovým vzhľadom. Hodnotenie vzhľadu nebolo zahrnuté do hodnotenia, ale hodnotitelia mali v dotazníku za úlohu aj slovne popísať farbu vzoriek. Popis farieb pre jednotlivé vzorky je prehľadne zobrazený v prílohách (2.príloha, 3.príloha, 4.príloha). Výsledky boli štatisticky vyhodnotené. Na základe Kruskal-Wallisovho testu na hladine významnosti 0,05 bolo zistené, že výsledky pri hodnotení príjemnosti a intenzity farby sa medzi sebou štatisticky významne líšia.




Graf 10: Príjemnosť farby vzoriek

Z grafu 10 príjemnosti farby je vidieť, že senzorická analýza je veľmi subjektívna. Rozptyl odpovedí pri jednotlivých vzorkách je odlišný, okrem vzorky A03 (ovocná príchuť a 10 % hmyzej múčky) a C02 (čokoládová príchuť a 0 % hmyzej múčky) kde je rozptyl aj medián rovnaký. Najpríjemnejšiu farbu mali vzorky A01 (vanilková príchuť a 0 % hmyzej múčky), A02 (čokoládová príchuť a 20 % hmyzej múčky), B02 (čokoládová príchuť a 10 % hmyzej múčky) a B03 (ovocná príchuť a 0 % hmyzej múčky). Najväčší rozptyl bol pozorovaný pri vzorke C03 (ovocná príchuť a 20 % hmyzej múčky). Tam niektorým hodnotiteľom prišla farba vynikajúca a niektorým neprijateľná. Vzorka C03 bola považovaná za vzorku s najmenej príjemnou farbou, čo môže byť spôsobené kombináciou hmyzu a ovocia.

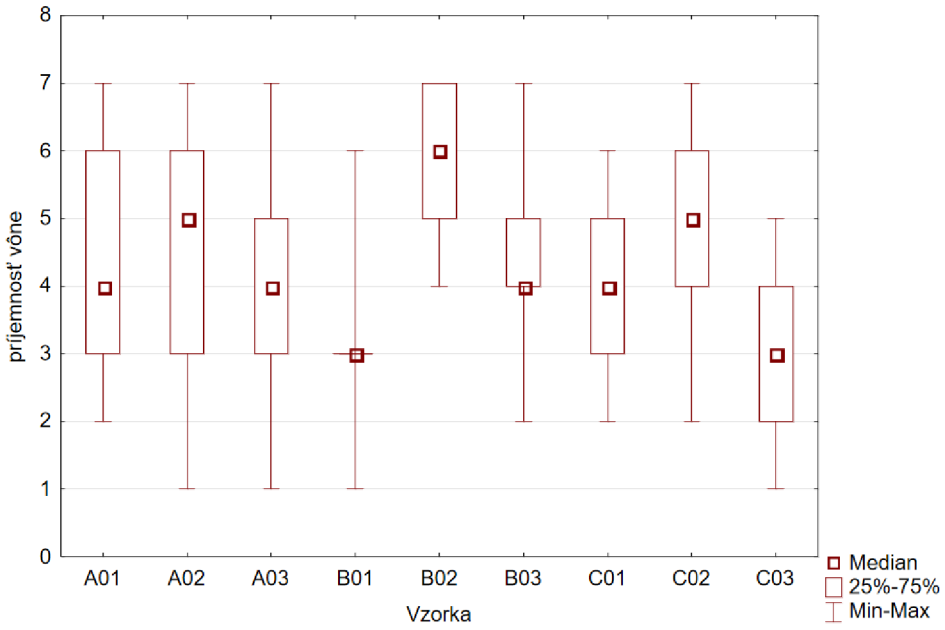



Graf 11: Intenzita farby vzoriek

Z uvedeného grafu 11 intenzity farby je možné pozorovať že najintenzívnejšiu farbu má vzorka A02 a väčšina hodnotiteľov uviedlo pri väčšine vzoriek strednú intenzitu farby a to pri vzorkách A03, B01, B03, C01, C02 a C03. Vzorka A02 mala tak intenzívnu farbu vďaka 20 % obsahu hmyzu, ktorý zvýraznil farbu čokolády.
Pri hodnotení farby je možné pozorovať, že prídavok hmyzu má kladný vplyv na zvýraznenie farby čokolády. Väčšina hodnotiteľov označila práve čokoládové muffiny s prídavkom hmyzu za muffiny s najpríjemnejšou farbou.

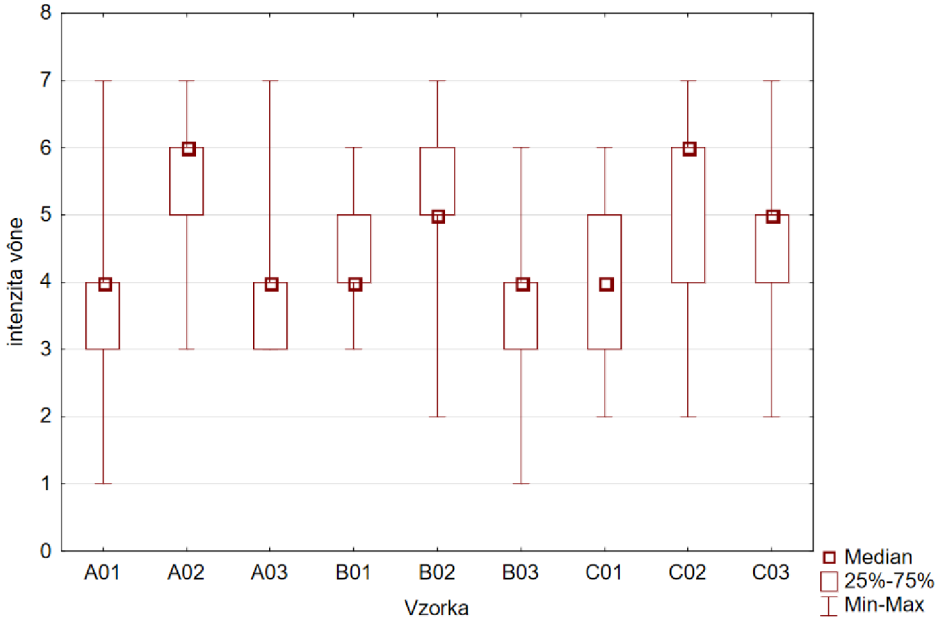
### 5.9.2 Hodnotenie vône

Pri hodnotení vône hodnotitelia hodnotili príjemnosť a intenzitu vône na základe sedembodových stupníc. Súčasťou dotazníka bol aj slovný popis vône, ktorý nebol zahrnutý do hodnotenia. Slovné popisy sú pre zaujímavosť priložené v prílohách (5.príloha, 6.príloha, 7.príloha). ). Výsledky boli podrobené štatistickéme vyhodnoteniu, kde na základe Kruskal-Wallisovho testu na hladine významnosti 0,05 bolo zistené, že výsledky pri hodnotení príjemnosti a intenzity vône sa medzi sebou štatisticky významne líšia.



Graf 12: Príjemnosť vône vzoriek

Vyhodnotenie výsledkov príjemnosť vône jednotlivých vzoriek je uvedené v grafe 12. Je vidieť, že najlepšiu vôňu mala vzorka B02 a neprijateľnú vôňu mali vzorky B01 a C03. Vzorky s kódom B01 a C03 obsahovali najviac percent hmyzej múčky a to 20 %. Z výsledkov je patrné, že pri použití čokolády je vôňa hmyzu dobre zamaskovaná oproti vanilkovým a ovocným muffinom. Pri hodnotení príjemnosti vône je vidieť, že hodnotenie vône je subjektívne. Niektorým hodnotiteľom vzorky s obsahom hmyzu voňali príjemne niektorým nepríjemne.



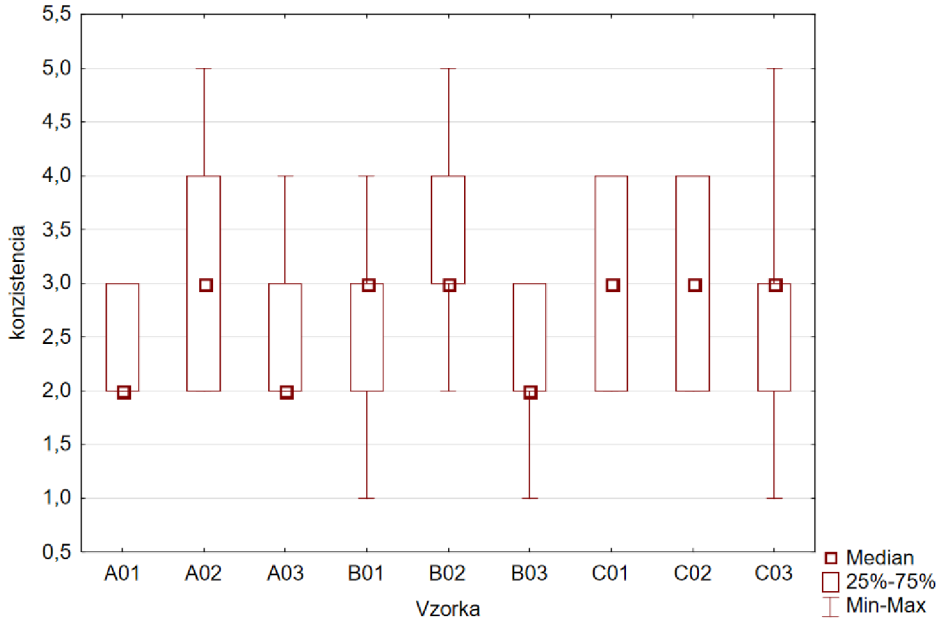
Graf 13: Intenzita vône vzoriek

Intenzita vôni jednotlivých vzoriek je uvedená v grafe 13 aj tu je možné pozorovať veľký rozptyl odpovedí jednotlivých hodnotiteľov. Hodnotitelia označili ako najintenzívnejšie vzorky A02 a C02, čokoládové muffiny. Intenzívna vôňa bola spôsobená prídavkom čokolády. Najmenej intenzívna vôňa bola pri vzorkách A01, A03, B01, B03 a C01. Z uvedených údajov vyplýva, že vanilkové a ovocné muffiny mali málo intenzívnu vôňu okrem vzorky C03, ktorú hodnotitelia označili ako silnejšiu. Pri vzorke C03 bolo cítiť intenzívnejšiu vôňu hmyzu.

Pri hodnotení vôni hodnotitelia uprednostňovali vzorky s prídavkom čokolády a s nízkym obsahom hmyzu. Väčšina hodnotiteľov najhoršie hodnotilo vôňu vzorky C03, kde silne prenikala vôňa hmyzu.

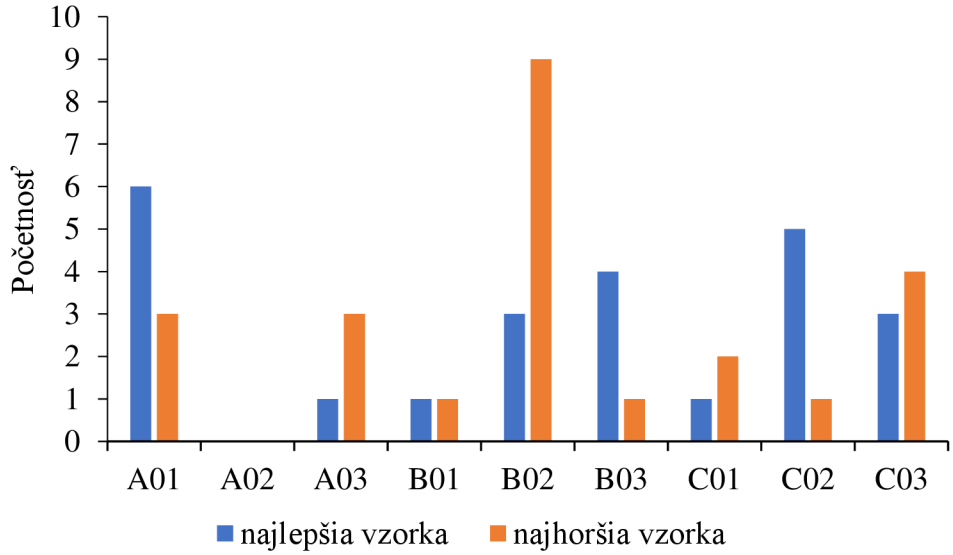
### 5.9.3 Hodnotenie konzistencie

Konzistencia je základným ukazovateľom senzorickej kvality vzoriek je ovplyvnená skladbou použitých surovín vo výrobku. Pri daných vzorkách boli pri príprave muffinov použité základné suroviny potrebné na prípravu muffinov, a to múka, vajíčko, cukor, olej, mlieko a pre zlepšenie konzistencie bola pridaná kyslá smotana a kypriaci prášok. Hodnotitelia hodnotili konzistenciu pomocou dvojpolárnej stupnice (neutrálny bod je v strede) v rozsahu konzistencie príliš mäkká a príliš tvrdá. Hodnotitelia mali označiť aj najlepšiu a najhoršiu vzorku, pretože niektorým hodnotiteľom môže vyhovovať mäkšia konzistencia niekomu tvrdšia. Výsledky porovnania konzistencie sú uvedené v grafe 14 a vyhodnotenie najlepších a najhorších vzoriek je uvedené v grafe 15. Výsledky boli statisticky vyhodnotené. Za využitia Kruskal-Wallisovho testu na hladine významnosti 0,05 bolo zistené, že výsledky pri hodnotení konzistencie vzoriek sa medzi sebou štatisticky významne líšia.




Graf 14: Hodnotenie konzistencie vzoriek

Pri hodnotení konzistencie boli ako najmäkšie uvedené vzorky A01, A03 a B03. Stredná konzistencia bola pri vzorkách A02, B01, B01, C01, C02 a C03. Tvrdá konzistencia nebola pozorovaná ani pri jednej vzorke. Z výsledkov je vidieť, že na konzistenciu nemá vplyv prídavok hmyzu.



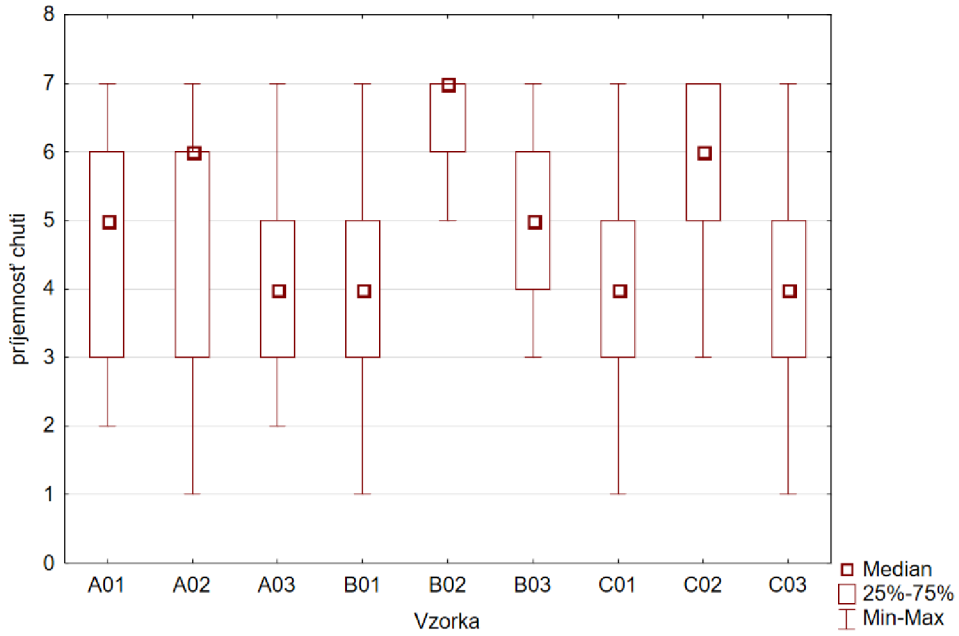

Graf 15: Najlepšie a najhoršie hodnotené vzorky podľa konzistencie

Na základe početnosti bola stanovená najlepšia a najhoršia vzorka z hľadiska konzistencie. Ako najlepšia vzorka bola označené vzorka A01 (vanilková príchuť a 0% hmyzej múčky) a najhoršia vzorka B02 (čokoládová príchuť a 10 % hmyzej múčky). Vzorka A02 (čokoládová príchuť a 20 % hmyzej múčky) nebola označené ani raz za najlepšiu ani za najhoršiu. B02 bola vzorka obsahujúca čokoládu a 10 % hmyzu. Je zvláštne, že vzorka A02, ktorá tiež obsahovala čokoládu a vyšší podiel hmyzu až 20 % nebola považovaná tiež za najhoršiu. Vzorka A02 patrila k vzorkám, ktoré boli označené ako mäkké a to preukazuje, že

hodnotitelia preferujú mäkšie muffiny oproti tuhším. Z výsledkov vidieť odlišnosť preferencií jednotlivých hodnotiteľov.

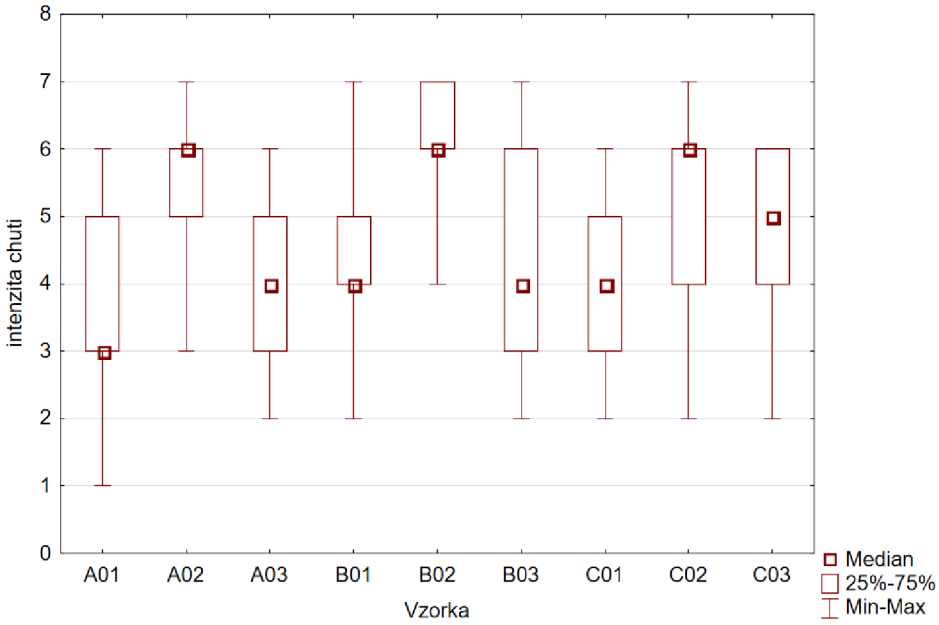
### 5.9.4 Hodnotenie chuti

Chuť bola hodnotená podobne ako farba a vôňa charakterizovaním príjemnosti a intenzity. Hodnotitelia mali aj slovne popísať jednotlivé chute. Popis chutí nebol zahrnutí do vyhodnotenia. Slovné opisy chutí sú prehľadne popísané v prílohách (8.príloha, 9.príloha, 10.príloha). Chuť zahrňuje komplexný pocit v ústach. Výsledky hodnotenia chute boli štatisticky spracované. Na základe Kruskal-Wallisovho testu na hladine významnosti 0,05 bolo zistené, že výsledky pri hodnotení príjemnosti a intenzity chute sa medzi sebou štatisticky významne líšia.




Graf 16: Príjemnosti chuti vzoriek

Príjemnosť chuti jednotlivých vzoriek je uvedená v grafe 16. Za vzorku s vynikajúcou chuťou bola označená vzorka B02 (čokoládová príchuť a 10 % hmyzej múčky), ktorá z hľadiska konzistencie bola označená za najhoršiu. Pri hodnotení chuti je možné pozorovať najväčší rozptyl odpovedí pri vzorke A02, B01, C01 a CO3. Pri týchto vzorkách niektorí hodnotitelia uviedli, že dané vzorky sú neprijateľné a niektorí že sú vynikajúce. Najhoršie dopadli vzorky A03 (ovocná príchuť a 10 % hmyzej múčky), B01 (vanilková príchuť a 20 % hmyzej múčky), C01 (vanilková príchuť a 10 % hmyzej múčky) a C03 (ovocná príchuť a 20 % hmyzej múčky) pri ktorých väčšina hodnotiteľov uviedla, že sú len dobré.

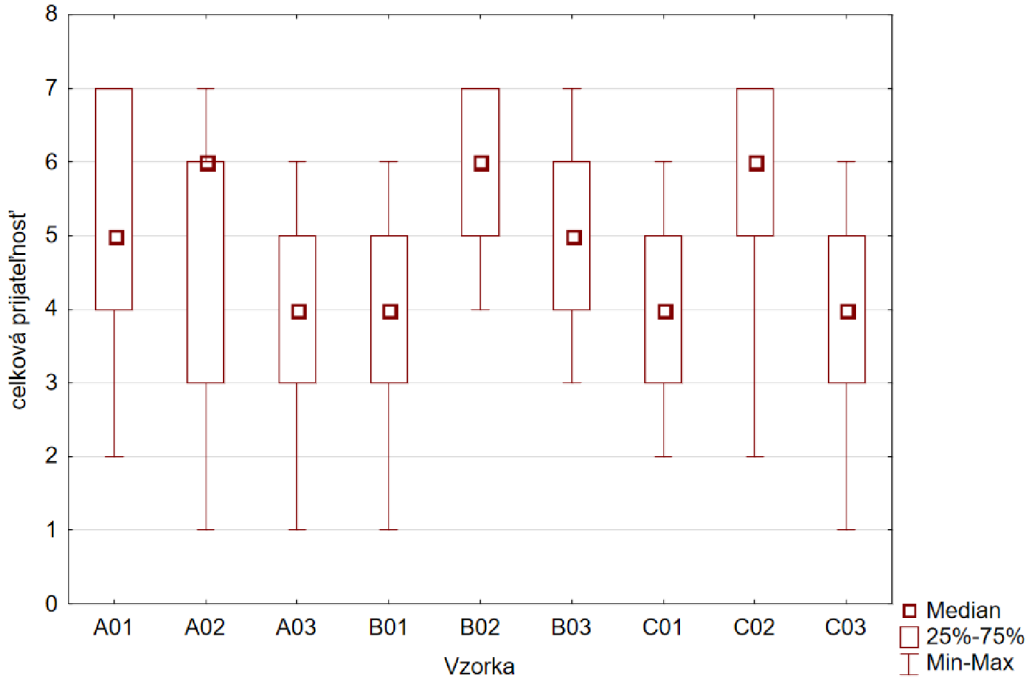


Graf 17: Intenzita chuti vzoriek

Intenzita chuti vzoriek je uvedená v grafe 17. Dostatočne silná intenzita bola uvedená pri vzorkách A02, B02 a C02. Pri všetkých vzorkách, ktoré boli čokoládové. Najslabšia intenzita chuti bola pri vzorke A01, ktorá bola vanilková bez prídavku hmyzu.
Z hľadiska chuti boli za najpríjemnejšie a najintenzívnejšie označené vzorky obsahujúce čokoládu. Hodnotitelia preferovali čokoládové muffiny pred vanilkovými a ovocnými.

### 5.9.5 Hodnotenie celkovej prijateľnosti

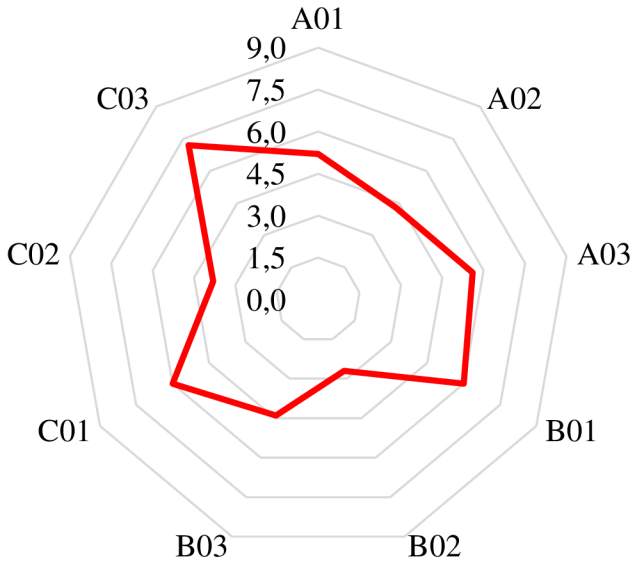
Hodnotitelia mali pri senzorickej analýze zohľadniť aj celkovú prijateľnosť vzoriek pričom mali zohľadniť všetky vyššie hodnotené vlastnosti. Výsledky analýzy sú uvedené v grafe 18. Celková prijateľnosť bola podrobená štatistickému vyhodnoteniu, kde na základe Kruskal-Wallisovho testu na hladine významnosti 0,05 bolo zistené, že výsledky sa medzi sebou štatisticky významne líšia. Pri zahrnutí všetkých aspektov senzorického hodnotenia boli za najvyhovujúcejšie vzorky stanovené vzorky A02, B02 a C02. Za iba dobré boli stanovené vzorky A03, B01, C01 a C03. Pri celkovom hodnotení vzoriek sa potvrdilo to, čo pri hodnotení chuti. Hodnotitelia pri senzorickej analýze preferovali čokoládové muffiny a nezáležalo ani na obsahu hmyzu.




Graf 18: Celková prijateľnosť vzoriek

### 5.9.6 Poradový test

Hodnotitelia v poslednom kroku mali v poradovom teste očíslovať analyzované vzorky od najlepšej (1) po najhoršiu (9). Výsledky poradového testu sú uvedené v grafe 19. V poradovom teste vyšla na prvom mieste vzorka C02, obsahujúca čokoládu bez prídavku hmyzu. Na poslednom mieste sa umiestnila vzorka C03 obsahujúca 20 % hmyzu a ovocie. Z výsledkov vidieť, že hodnotitelia aj napriek tomu, že analyzované vzorky boli anonymné a boli uvádzané len pod kódom, tak na posledné miesto umiestnili vzorku obsahujúcu hmyz a naopak na prvé miesto vzorku bez prídavku hmyzu. Hodnotitelia v našej zemepisnej šírke nie sú stále pripravení na začlenenie hmyzu do stravy.




Graf 19: Poradový test vzoriek (A01 vanilková príchuť a 0 % hmyzej múčky, A02 čokoládová príchuť a 20 % hmyzej múčky, A03 ovocná príchuť a 10 % hmyzej múčky, B01 vanilková príchuť a 20 % hmyzej múčky, B02 čokoládová príchuť a 10 % hmyzej múčky, B03 ovocná príchuť a 0 % hmyzej múčky, C01 vanilková príchuť a 10 % hmyzej múčky, C02 čokoládová príchuť a 0 % hmyzej múčky, C03 ovocná príchuť a 20 % hmyzej múčky)

# 6 ZÁVER

Predložená diplomová práca sa zaoberala analýzou hmyzej múčky z Múčiara obyčajného z nutričného hľadiska a následného využitia v strave ľudí a rýb. V experimentálnej časti boli stanovené vybrané zložky obsiahnuté v hmyzej múčke pomocou inštrumentálnych metód. Analýzy boli prevádzané na celkovej múčke a na múčke rozdelenej na 2 frakcie, podľa hrubosti.

Zo základných zložiek bol stanovovaný obsah tuku pomocou metódy podľa Soxhleta a profil mastných kyselín pomocou plynovej chromatografie s plameňovo ionizačným detektorom. Obsah tukov bol stanovený u múčky nedelenej na frakcie 297,7 g/kg sušiny a pri prepočítanej hodnote z dvoch frakcií bola stanovená na 249,0 g/kg sušiny. Zastúpenie tukov zodpovedá potrebnému množstvu tuku pre krmivo rýb. Profil mastných kyselín preukazuje vysoké zastúpenie polynenasýtených mastných kyselín a nízky podiel nasýtených mastných kyselín.

Sacharidy boli stanovované spektrofotometricky, a to celkové sacharidy a redukujúce sacharidy. Zastúpenie sacharidov bolo veľmi nízke. Z výsledkov analýz bolo vidieť, že väčšinu sacharidov tvorili redukujúce sacharidy. Bola stanovovaná v rámci sacharidov aj vláknina, a to hrubá vláknina, acido-detergentná (ADF) a neutrálne-detergentná vláknina (NDF). V analyzovanej hmyzej múčke bolo preukázané vyššie zastúpenie NDF vlákniny. Hmyzia múčka nedelená na frakcie obsahovala 206,9 g/kg sušiny a v múčke prepočítanej z dvoch frakcií 215,1 g/kg sušiny NDF vlákniny. Vysoké zastúpenie NDF poukazuje na potenciál hmyzej múčky v krmivárskom priemysle.

Minerálne látky boli stanovované pomocou ICP-OES. Vo vzorkách bol najväčší obsah draslíka, sodíka a fosforu. Všetky stanovené minerálne látky sú dôležité pre stavbu a osmoreguláciu tela rýb. Bol stanovený obsah bielkovín a celkového dusíka. Obsah bielkovín v múčke nedelenej na frakcie činil 515,3 g/kg sušiny a pri prepočte múčky delenej na frakcie na celok bol obsah bielkovín 489,2 g/kg sušiny. Zastúpenie jednotlivých aminokyselín bolo prevedené len na múčke delenej na frakcie. Výsledky analýz jednotlivých frakcií boli prepočítané na celkovú múčku. Z aminokyselín bol stanovený najväčší obsah kyseliny glutamovej, kyseliny asparagovej, prolínu a leucinu. Hmyzia múčka obsahovala esenciálne aminokyseliny potrebné pre ľudí a ryby. Z analyzovaných údajov boli prepočítané aj bezdusíkaté látky výťažkové, ktoré sú tvorené prevažne sacharidmi. Obsah činil pri vzorke nedelenej na frakcie 41,1 g/kg a pri múčke delenej na frakcie 59,2 g/kg. Nízky obsah nám potvrdil nízke zastúpenie sacharidov v hmyzej múčke.

Pri analýzach sa preukázala hmyzia múčka z Múčiara obyčajného ako zdroj vysoko cenných bielkovín a tukov, ktoré sú potrebné pre chov rýb. Hmyzia múčka pre svoje nutričné zloženie by mohla byť vhodná aj pre výživu ľudí, ale pre ľudí v našej zemepisnej šírke nie je moc bežná a ťažko by sa zaraďovala do jedálnička ľudí. Čo bolo preukázané aj senzorickou analýzou muffinov s prídavkom hmyzej múčky. Bolo by tiež potrebné ešte vyriešiť veľa problémov spojené aj s prípravou pokrmov, pretože oproti klasickým múkam by hmyzia múčka predstavovala problém pri kysnutí cesta. Hmyzia múčka v strave ľudí je skôr potravina budúcnosti. Jej bohaté nutričné zloženie by dnešnej dobe mohlo vyriešiť skôr problém spojený s chovom rýb, pretože ryby sú obľúbeným pokrmom ľudí. Hmyzia múčka z *Tenebrio molitor* obsahuje vysoký podiel minerálnych látok, ktoré sú potrebné pre správne fungovanie

orgánov rýb. Obsahuje vysoké zastúpenie nenasýtených mastných kyselín, a toto by sa odzrkadlilo aj na zložení mäsa rýb. Má hospodársky aj environmentálny potenciál. Má nízke zastúpenie sacharidov, čo odpovedá nárokom rýb na krmivo. Z výsledkov analýz bolo navrhnuté krmivo, ktoré zložením odpovedalo potrebám rýb a bolo cenovo prijateľné. Výsledky potvrdili, že spracovaná surovina na bázy múčky z lariev Múčiara obyčajného (*Tenebrio molitor*) svojim zložením odpovedá veľmi dobre potrebám pre výkrm rýb.

# POUŽITÁ LITERATÚRA


1. HUIS, Arnold van., 2013. *Edible insects: future prospects for food and feed security* [online]. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO forestry paper, 171. ISBN 978-92-5-107596-8.
2. FINKE, M. D., 2002. *Complete nutrient composition of commercially raised invertebrates used as food for insectivores*. Zoo Biology, 21(3): 269–285.
3. HWANGBO J., E. C. HONG, A. JANG, H. K. KANG, J. S. OH, B. W. KIM, B. S. PARK, 2009. *Utilization of house fly-maggots, a feed supplement in the production of broiler chickens.* Journal of Environmental Biology, 30: 609-614.
4. RAMOS-ELORDUY, Julieta, J. M. P. MORENO, 2002. *Edible insects of chiapas, Mexico.* Ecology of Food and Nutrition. 41(4), 271-299. ISSN 0367-0244. Dostupné z: doi:10.1080/03670240214081.
5. RUMPOLD, Birgit A. a Oliver K. SCHLÜTER, 2013. *Potential and challenges of insects as an innovative source for food and feed production.* Innovative Food Science and Emerging Technologies. 17, 1-11. ISSN 14668564. Dostupné z: doi:10.1016/j.ifset.2012.11.005.
6. WANG, Dun, Shao-Wei ZHAI, Chuan-Xi ZHANG, Qiang ZHANG a Hui CHEN, 2007. *Nutrition value of the Chinese grasshopper Acrida cinerea (Thunberg) for broilers.* Animal Feed Science and Technology. 135(1-2), 66-74. ISSN 03778401. Dostupné z: doi:10.1016/j.anifeedsci.2006.05.013.
7. KLASING K.C., P. THACKER, M. A. LOPEZ, C. C. CALVERT, 2000. *Increasing the calcium content of mealworms (Tenebrio Molitor) to improve their nutritional value for bone mineralization of growing chicks.* Journal of Zoo and Wildlife Medicine. 31(4), 512-517.ISSN1042-7260. Dostupné z : doi:10.1638/10427260(2000)031 [0512:ITCCOM] 2.0.CO;2.
8. ST-HILAIRE, Sophie, Katie CRANFILL, Mark A. MCGUIRE, et al., 2007. *Fish Offal Recycling by the Black Soldier Fly Produces a Foodstuff High in Omega-3 Fatty Acids*. Journal of the World Aquaculture Society. 38(2), 309-313. ISSN 0893-8849. Dostupné z: doi:10.1111/j.1749-7345.2007.00101.x.
9. CUMMINS, Vaun C., Steven D. RAWLES, Kenneth R. THOMPSON, Alejandro VELASQUEZ, Yuka KOBAYASHI, Janelle HAGER a Carl D. WEBSTER, 2017. *Evaluation of black soldier fly (Hermetia illucens) larvae meal as partial or total replacement of marine fish meal in practical diets for Pacific white shrimp (Litopenaeus vannamei).* Aquaculture. 473, 337-344. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2017.02.022. ISSN 00448486. Dostupné také z: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/ S0044848616308213.
10. CHOI, In Hag, Joo Min KIM, Nam Jung KIM, Jeong Dae KIM, Chul PARK, Jong-Hwan PARK a Tae Ho CHUNG, 2017. *Replacing fish meal by mealworm (Tenebrio molitor) on the growth performance and immunologic responses of white shrimp (Litopenaeus vannamei).* Acta Scientiarum. Animal Sciences. 40(1). ISSN 1807-8672. Dostupné z: doi:10.4025/actascianimsci.v40i1.39077.
11. MOTTE, Constant, Alfredo RIOS, Thomas LEFEBVRE, Hong DO, Morgane HENRY a Orapint JINTASATAPORN, 2019. *Replacing Fish Meal with Defatted*

*Insect Meal (Yellow Mealworm Tenebrio molitor) Improves the Growth and Immunity of Pacific White Shrimp (Litopenaeus vannamei)*. Animals. 9(5). ISSN 2076-2615. Dostupné z: doi:10.3390/ani9050258.

12. ČR, 2008. Vyhláška č. 4/2008 Sb., *kterou se stanoví druhy a podmínky použití přídatných látek a extrakčních rozpouštědel při výrobě potravin*. Dostupné na: https://www.zakony.cz/zakony/2008/1/zakon-004-2008-Sb-vyhlaska-kterou-se-stanovi-druhy-a-podminky-pouziti-pridatnych-latek-a-extrakcnich-rozpoustedel-pri-SB2008004.
13. ČR, 2015. Vyhláška č. 295/2015 Sb., o *provedení některých ustanovení zákona o krmivech*. Dostupné na: https://www.zakony.cz/zakony/2015/251/zakon-295-2015-Sb-vyhlaska-o-provedeni-nekterych-ustanoveni-zakona-o-krmivech-SB2015295.
14. EU, 2017. Nařízení Komise (EU) ze dne 24. května 2017, kterým se mění přílohy I a IV nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 999/2001 a přílohy X, XIV a XV nařízení Komise (EU) č. 142/2011, pokud jde o ustanovení týkající se zpracovaných živočišných bílkovin. Dostupné na: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32017R0893&from=DE.
15. NARIADENIE EURÓPSKEHO PARLAMENTU A RADY (EÚ) č. 2015/2283 z dňa 25. novembra 2015 o nových potravinách, ktorým sa mení nariadenie Európskeho parlamentu a Rady (EÚ) č. 1169/2011, ktorým sa zrušuje nariadenie Európskeho parlamentu a Rady (ES) č. 25/97 a nariadenie Komisie (ES) č. 1852/2001. In: ročník 2015, č. 2283. Dostupné z: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SK/TXT/?uri=CELEX%3A32015R2283&qid=1625002169849.
16. Vykonávacie nariadenie Komisie (EÚ) 2021/882 z 1. júna 2021, ktorým sa podľa nariadenia Európskeho parlamentu a Rady (EÚ) 2015/2283 povoľuje umiestnenie sušených lariev Múčiara obyčajného *Tenebrio molitor* na trh ako novej potraviny a ktorým sa mení vykonávacie nariadenie Komisie (EÚ) 2017/2470. Dostupné z : https://eur-lex.europa.eu/eli/reg_impl/2021/882/oj.
17. COTTON, Richard T., 1963. *Pests of Stored Grain and Grain Product.* Minneapolis, Minnesota: Burgess Publishing Company.
18. CAMPBELL, J. M., M. J. SARAZIN a D. B. LYONS, 1989. *Canadian beetles (Coleoptera) injurious to crops, ornamentals, stored products, and buildings.* Ontario Canada: Agricultural Canada Ottawa, 491 s. ISBN 0660129671.
19. METCALF, W.P. a C. L. FLINT, 1962. *Destructive and Useful Insects.* 4th Edn. Toronto: McGraw Hill, Beck Company. ISBN 100070416583..
20. EBELING, W., 1975. *Urban entomology, pests of stored food products*. http://www.entomology.ucr.edu/ebeling/.
21. GIBSON, R., 2009. *The multipurpose mealworm*. Leapingfromthebox.com. Dostupné na: http://www.leapingfromthebox.com/art/rlg/mealworms.html.
22. NOGALES-MÉRIDA, Silvia, Paola GOBBI, Damian JÓZEFIAK, Jan MAZURKIEWICZ, Krzysztof DUDEK, Mateusz RAWSKI, Bartosz KIEROŃCZYK a Agata JÓZEFIAK, 2018. *Insect meals in fish nutrition.* Reviews in Aquaculture. 11(4), 1080-1103. ISSN 1753-5123. Dostupné z: doi:10.1111/raq.12281.

23. MAKKAR, Harinder P.S., Gilles TRAN, Valérie HEUZÉ a Philippe ANKERS, 2014. *Stateoftheart on use of insects as animal feed*. Animal Feed Science and Technology. 197, 1-33. ISSN 03778401. Dostupné z: doi:10.1016/j.anifeedsci.2014.07.008.
24. RODJAROEN, Somrak, Karun THONGPRAJUKAEW, Puridet KHONGMUANG, Saowalak MALAWA, Kimhun TUNTIKAWINWONG a Suktianchai SAEKHOW, 2020. *Ontogenic Development of Digestive Enzymes in Mealworm Larvae (Tenebrio molitor) and Their Suitable Harvesting Time for Use as Fish Feed*. Insects. 11(6). ISSN 2075-4450. Dostupné z: doi:10.3390/insects11060393.
25. FINKE M. D., 2004: *Nutrient Content of Insects*. Dostupné na: http://www.organicvaluerecovery.com/studies/studies_nutrient_content_of_insects.htm.
26. VODRÁŽKA, Zdeněk, 1996. *Biochemie. 2*. opr. vyd. Praha: Academia. ISBN 80-200-0600-1.
27. POHANKA, Miroslav, 2015. *Přehled biochemie: učební text pro vysokoškolskou výuku*. Hradci Králové : Fakulta vojenského zdravotnictví Univerzity obrany. ISBN 978-80-7231-358-7.
28. NERGUI, R., S. H. KIM, W. H. CHOI, S. J. HONG a N. J. KIM. *Nutritional Value of Mealworm, Tenebrio molitor as Food Source.* International Journal od Industrial Entomology. 2012, (25), 93-98.
29. BEDNÁŘOVÁ, M., V. ADAM, F. JELEN a M. BORKOVCOVÁ. *Protein profile of Tenebrio molitor (In Czech).* MENDELNET 2011. Mendel University in Brno, Faculty of Agronomy, 2011, (1), 549–554.
30. NOWAK, V., D. PERSIJN, D. RITTENSCHOBER a U. R. CHARRONDIERE. *Review of food composition data for edible insects*. Food Chemistry. 2016, (193), 39-46.
31. VERKERK M. C., TRAMPER J., VAN TRIJP J. C. M. a D. E MARTENS. *Insect cells for human food*. Biotechnology Advances. 2007, (25), 198–202.
32. WHO a FAO. *Food labelling*. 5. Rome: WHO, FAO, 2007. ISBN 978-92-5-105840-4.
33. WALSH, Gary, 2002. *Proteins: biochemistry and biotechnology*. New York: J. Wiley. ISBN 04-718-9907-0.
34. PAUL A., M. FREDERICH, R. CAPARROS MEGIDO, T. ALABI, P. MALIK, R. UYTTENBROECK, F. FRANCIS, C. BLECKER, E. HAUBRUGE, G. LOGNAY, et al., 2017. *Insect fatty acids: A comparison of lipids from three Orthopterans and Tenebrio molitor L. larvae.* J. Asia Pac. Entomol. 20:337–340. doi: 10.1016/j.aspen.2017.02.001.
35. VAN BROEKHOVEN, S., D. G. OONINCX, A. VAN HUIS a J. J. VAN LOON. *Growth performance and feed conversion efficiency of three edible mealworm species (Coleoptera: Tenebrionidae) on diets composed of organic by-products.* Journal of Insect Physiology. 2015, (73), 1-10.
36. RAKSAKANTONG P., MEESO N., KUBOLA J., S. SIRIAMORNPUN. *Fatty acids and proximate composition of eight Thai edible terricolous insects*. Food Research International. 2010, (43), 350-355.

37. XIAOMING, Ch., F. YING, Z. HONG a Ch. ZHIYONG. *Review of the nutritive value of edible insects.* Edible insects and other inverte brates in Australia: future prospects. Edible forests insect - Human bite back. 2010, (1), 65-84.
38. DEFOLIART G. R., 1992. *Insects as human food*. Crop Protection, 11: 395–399.
39. TZOMPA-SOSA, D.A.; L. Yi; van Valenberg, H.J.F.; van Boekel, M.A.J.S.; LAKEMOND, C.M.M, 2014. *Insect lipid profile: Aqueous versus organic solvent-based extraction methods*. Food Res. Int.. 62, 1087–1094.
40. ZIELIŃSKA, E.; BARANIAK, B.; KARA´S, M.; RYBCZYŃSKA, K.; JAKUBCZYK, A., 2015. *Selected species of edible insects as a source of nutrient composition.* Food Res. Int. 77, 460–466.
41. VELÍŠEK, Jan, Jana HAJŠLOVÁ, 2009. *Chemie potravin*. Rozš. a přeprac. 3. vyd. Tábor: OSSIS. ISBN 978-80-86659-15-2.
42. ZIELIŃSKA, E., B. BARANIAK, M. KARAŚ, K. RYBCZYŃSKA a A. JAKUBCZYK. *Selected species of edible insects as a source of nutrient composition*. Food Research International. 2015, 77(3), 460-466.
43. DREASSI, E., A. CITO, A. ZANFINI et al. *Dietary fatty acids influence the growth and fatty acid composition of the yellow mealworm Tenebrio molitor (Coleoptera: Tenebrionidae).* Lipids. 2017, (52), 285–294.
44. SONG, Y. S., M. W. KIM, Ch. MOON, et al. *Extraction of chitin and chitosan from larval exuvium and whole body of edible mealworm, Tenebrio molitor*. Entomological Research, 2018, 48(3), 227-233.
45. MORALES-RAMOS, Juan A., M. Guadalupe ROJAS, Kent S. SHELBY a Thomas A. COUDRON, 2016. *Nutritional Value of Pupae Versus Larvae of Tenebrio molitor (Coleoptera: Tenebrionidae) as Food for Rearing Podisus maculiventris (Heteroptera.* Journal of Economic Entomology. 109(2), 564-571. ISSN 0022-0493. Dostupné z: doi:10.1093/jee/tov338.
46. BELLUCO, S., C. LOSASSO, M. MAGGIOLETTI, C ALONZI, M PAOLETTI, A. RICCI, 2013. *Edible insects in a food safety and nutritional perspective: a critical review*. Compr. Rev. Food Sci. Food Saf. 12, 296–313.
47. LIN, S., S. MAO, Y. GUAN, X. LIN, L. LUO, 2012. *Dietary administration of chitooligosaccharides to enhance growth, innate immune response and disease resistance of Trachinotus ovatus*. Fish Shellfish Immunol. 32, 909–913.
48. KROECKEL, S., A. G. E. HARJES, I. ROTH, H. KATZ, S. WUERTZ, A. SUSENBETH, C. SCHULZ, 2012. *When a turbot catches a fly: evaluation of a pre-pupaemeal of the Black Soldier Fly (Hermetia illucens) as fishmeal substitute – growth performance and chitin degradation in juvenile turbot (Psetta maxima).* Aquaculture 364-365, 345–352.
49. NG, W-K, F-L LIEW, L-P ANG, K-W WONG, Chiemi MIURA, Takeshi MIURA a Tae Ho CHUNG, 2001. *Potential of mealworm ( Tenebrio molitor ) as an alternative protein source in practical diets for African catfish, Clarias gariepinus*. Aquaculture Research. 32(1), 273-280. ISSN 1355557X. Dostupné z: doi:10.1046/j.1355-557x.2001.00024.x.

50. SANCHEZ-MUROS, M.J., F.G. BARROSO, F. MANZANO-AGUGLIARO, 2014. *Insect meal as renewable source of food for animal feeding: a review*. J. Clean. Prod. 65, 16–27. doi: 10.1016/j.jclepro.2013.11.068.
51. Van Saun J. R., Koukal P., 2003. *Výživa přežvýkavců – trávení sacharidů*. Farmář. 1, 40-42.
52. RAMOS-ELORDUY, J., E. A. GONZALEZ, A. R. HERMANDEZ, J. M. PINO, 2002. *Use of Tenebrio molitor (Coleoptera: Tenebrionidae) to recycle organic wastes and as feed for broiler chickens.* J. Econ. Entomol. 95, 214–220.
53. SIMON, E., et al. *Elemental concentration in mealworm beetle (Tenebrio molitor L.) during metamorphosis.* Biological trace element research, 2013, 154(1), 81-87.
54. KINYURU J. N., G. M. KENJI, S. M. NJOROGE, M. AYIEKO, 2010. *Effect of processing methods on the in vitro protein digestibility and vitamin content of edible winged termite (Macrotermes subhylanus) and grasshopper (Ruspolia differens)*. Food and Bioprocess Technology, 3: 778-782.
55. VAN HUIS, A., 2013. *Edible insects: future prospects for food and feed security*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO forestry paper 171. ISBN 978-92-5-107595-1.
56. RUMPOLD, B., O. K. SCHLÜTER, 2013. *Nutritional composition and safety aspects of edible insects.* Molecular nutrition. Weinheim, 57(5), 802-823 s. Dostupné z: doi: 10.1002/mnfr.201200735.
57. BLACK, A., 2014. *The Human Use of Insects as a Food Resource:* A Bibliographic Account in Progress. In: Food insects [online]. Dostupné z: http://www.food-insects.com/human-use-insects-food-resource-bibliographic-account progress/.
58. *Risk profile related to production and consumption of insects as food and feed.* EFSA Journal. 2015, 13(10), 4257- [cit. 2021-5-12]. DOI: 10.2903/j.efsa.2015.4257. ISSN 18314732. Dostupné z: http://doi.wiley.com/10.2903/j.efsa.2015.4257.
59. BIANCAROSA, Irene, Veronika SELE, Ikram BELGHIT, Robin ØRNSRUD, Erik-Jan LOCK a Heidi AMLUND, 2019. *Replacing fish meal with insect meal in the diet of Atlantic salmon ( Salmo salar ) does not impact the amount of contaminants in the feed and it lowers accumulation of arsenic in the fillet*. Animal. 36(8), 1191-1205. DOI: 10.1080/19440049.2019.1619938. ISSN 1944-0049. Dostupné také z: https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/19440049.2019.1619938.
60. DEVIC, E., W. LESCHEN, F. MURRAY a D.C. LITTLE, 2018. *Growth performance, feed utilization and body composition of advanced nursing Nile tilapia ( Oreochromis niloticus ) fed diets containing Black Soldier Fly ( Hermetia illucens ) larvae meal.* Aquaculture Nutrition. 24(1), 416-423. DOI: 10.1111/anu.12573. ISSN 13535773. Dostupné také z: http://doi.wiley.com/10.1111/anu.12573.
61. MUIN, Hasni and M. TAUFEK, Norhidayah and Kamarudin, Mohd SALLEH, Abdul RAZAK, Shaharudin,2017. *Growth performance, feed utilization and body composition of Nile tilapia, Oreochromis niloticus (Linnaeus, 1758) fed with different levels of black soldier fly, Hermetia illucens (Linnaeus, 1758) maggot meal diet*. Iranian Journal of Fisheries Sciences, 16 (2), 567 - 577. ISSN 1562-2916; ESSN; 2322-5696.

62. DIETZ, C. a F. LIEBERT, 2018. *Does graded substitution of soy protein concentrate by an insect meal respond on growth and N-utilization in Nile tilapia (Oreochromis niloticus)?* Aquaculture Reports. 12, 43-48. DOI: 10.1016/j.aqrep.2018.09.001. ISSN 23525134. Dostupné také z: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2352513418300711.
63. BELGHIT, Ikram, Nina S. LILAND, Rune WAAGBØ, Irene BIANCAROSA, Nicole PELUSIO, Yanxian LI, Åshild KROGDAHL a Erik-Jan LOCK, 2018. *Potential of insect-based diets for Atlantic salmon ( Salmo salar ).* Aquaculture. 491, 72-81. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2018.03.016. ISSN 00448486. Dostupné také z: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0044848617322998.
64. LOCK, E.R., T. ARSIWALLA a R. WAAGBØ, 2016. *Insect larvae meal as an alternative source of nutrients in the diet of Atlantic salmon ( Salmo salar ) postsmolt.* Aquaculture Nutrition. 22(6), 1202-1213. DOI: 10.1111/anu.12343. ISSN 13535773. Dostupné také z: http://doi.wiley.com/10.1111/anu.12343.
65. BRUNI, Leonardo, Roberta PASTORELLI, Carlo VITI, Laura GASCO a Giuliana PARISI, 2018. *Characterisation of the intestinal microbial communities of rainbow trout ( Oncorhynchus mykiss ) fed with Hermetia illucens (black soldier fly) partially defatted larva meal as partial dietary protein source.* Aquaculture. 487, 56-63. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2018.01.006. ISSN 00448486. Dostupné také z: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0044848617313662.
66. DUMAS, André, Thiago RAGGI, Justin BARKHOUSE, Elizabeth LEWIS a Erika WELTZIEN, 2018. *The oil fraction and partially defatted meal of black soldier fly larvae (Hermetia illucens) affect differently growth performance, feed efficiency, nutrient deposition, blood glucose and lipid digestibility of rainbow trout (Oncorhynchus mykiss).* Aquaculture. 492, 24-34. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2018.03.038. ISSN 00448486. Dostupné také z: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0044848618300656.
67. ELIA, Antonia Concetta, Maria Teresa CAPUCCHIO, Barbara CALDARONI, et al., 2018. *Influence of Hermetia illucens meal dietary inclusion on the histological traits, gut mucin composition and the oxidative stress biomarkers in rainbow trout (Oncorhynchus mykiss).* Aquaculture. 496, 50-57. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2018.07.009. ISSN 00448486. Dostupné také z: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S004484861732149X.
68. MANCINI, S., I. MEDINA, V. IACONISI, F. GAI, A. BASTO a G. PARISI, 2018. *Impact of black soldier fly larvae meal on the chemical and nutritional characteristics of rainbow trout fillets*. Animal. 12(8), 1672-1681. DOI: 10.1017/S1751731117003421. ISSN1751-7311.Dostupné také z: https://www.cambridge.org/core/product/identifier/S1751731117003421/type/journal_article.
69. RENNA, M., A. SCHIAVONE, F. GAI, et al., 2017. *Evaluation of the suitability of a partially defatted black soldier fly (Hermetia illucens L.) larvae meal as ingredient for rainbow trout (Oncorhynchus mykiss Walbaum) diets*. Journal of Animal Science and Biotechnology. 8(1). DOI: 10.1186/s40104-017-0191-3. ISSN 2049-1891. Dostupné také z: http://jasbsci.biomedcentral.com/articles/10.1186/s40104-017-0191-3.

70. SEALEY, Wendy M., T. Gibson GAYLORD, Frederic T. BARROWS, et al., 2011. *Sensory Analysis of Rainbow Trout, Oncorhynchus mykiss, Fed Enriched Black Soldier Fly Prepupae, Hermetia illucens.* Journal of the World Aquaculture Society. 42(1), 34-45. DOI: 10.1111/j.1749-7345.2010.00441.x. ISSN 08938849. Dostupné také z: http://doi.wiley.com/10.1111/j.1749-7345.2010.00441.x.
71. IDO, Atsushi, Atsushi HASHIZUME, Takashi OHTA, Takayuki TAKAHASHI, Chiemi MIURA, Takeshi MIURA a Tae Ho CHUNG, 2019. *Replacement of Fish Meal by Defatted Yellow Mealworm (Tenebrio molitor) Larvae in Diet Improves Growth Performance and Disease Resistance in Red Seabream (Pargus major).* Animals. 9(3). ISSN 2076-2615. Dostupné z: doi:10.3390/ani9030100.
72. JEONG, Seong-Mok, Sanaz KHOSRAVI, Intan Rizki MAULIASARI, Sang-Min LEE, Chiemi MIURA, Takeshi MIURA a Tae Ho CHUNG, 2020. *Dietary inclusion of mealworm (Tenebrio molitor) meal as an alternative protein source in practical diets for rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) fry.* Fisheries and Aquatic Sciences. 23(1). ISSN 2234-1757. Dostupné z: doi:10.1186/s41240-020-00158-7.
73. PŘÍHODA J.,2006. *Chov lososovitých rýb*. Slovensko: STYLE, 209 s. ISBN 80-969033-4-9
74. STEFFEN, W., 1989. *Principles of fish nutrition*. England, John Wiley & Sons. Inc., 379 s.
75. NRC (National Research Council), 2011. *Nutrient requirements of fish and shrimp.* National Academic Press, Washongton DC, USA. 376 s. ISBN – 13: 978-0-309-16338-5.
76. FILIPIAK, J., J. Sadowski, R. Trzebiatowski, 1997. *Komparative analysis of results of using different food ration in juvenile wels (Silurus glanis) culture.* Acta Ichtyol. et Piscatoria, vol.27, 1, 41-51.
77. JIRÁSEK, J., J. Mareš, L. Zeman, 2005. *Potřeba živin a tabulky výživné hodnoty krmiv pro ryby.* MZLU v Brně, 2. Doplněné vydání, 70 s. ISBN 80-7157-646-8
78. HARDY, R., W., Barrows, F., T., 2002. *Diet formulation and manufactute*. In: Halver, J. E., Hardy, R. W., (eds.), 2002. Fish nutrition. Third Edition, Academic Press, Elsevier Science, 505 – 600.
79. GHALY, A.E. a F.N. ALKOAIK, 2009. *The Yellow Mealworm as a Novel Source of Protein.* American Journal of Agricultural and Biological Sciences. 4(4), 319-331. ISSN 15574989. Dostupné z: doi:10.3844/ajabssp.2009.319.331.
80. GODDEK, Simon, Alyssa JOYCE, Benz KOTZEN a Gavin M. BURNELL, 2019. *Aquaponics Food Production Systems: Combined Aquaculture and Hydroponic Production Technologies for the Future*. Switzerland: Springer. ISBN 978-3-030-15942-9.
81. LENNARD Wilson, 2017. *Commercial aquaponic systems: integrating recirculating fish culture with hydroponic plant production.* In press, Australia. ISBN 978-1-64204-837-7.
82. KLOUDA, Pavel. *Moderní analytické metody. 2.,* upr. a dopl. vyd. Ostrava: Pavel Klouda, 2003. ISBN 80-863-6907-2.
83. FIFIELD, F. W. a D. KEALEY. *Principles and practice of analytical chemistry*. 4th ed. New York: Pavel Klouda, 1995. ISBN 07-514-0226-5.

84. SOMMER, Lumír a D. KEALEY. *Základy analytické chemie*. 4th ed. Brno: VUTIUM, 2000. ISBN 80-214-1742-0.
85. SMOLKOVÁ, Eva, FELTL, Ladislav a PACÁKOVÁ, Věra. *Plynová chromatografie II.: Instrumentální část*. 1. Praha: Univerzita Karlova, 1983, 109 s.
86. ROUESSAC, Francis a Annick ROUESSAC. *Chemical analysis: modern instrumentation methods and techniques*. 2nd ed. Chichester: John Wiley, 2007. ISBN 978-0-470-85903-2.
87. HE, Man, Bin HU, Beibei CHEN, Zucheng JIANG, Chiemi MIURA, Takeshi MIURA a Tae Ho CHUNG, 2017. *Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry for Rare Earth Elements Analysis*. Physical Sciences Reviews. 2(1), 1-11. ISSN 2365-659X. Dostupné z: doi:10.1515/psr-2016-0059.
88. NĚMCOVÁ, I. ČERMÁKOVÁ, L. RYCHLOVSKÝ, P.: *Spektrometrické analytické metody 1*. 2.vydání, Praha, Karolinum. 2004. 166 s. ISBN: 80-246-0776-X.
89. KUBÁŇ, Vlastimil a Petr KUBÁŇ. *Analýza potravin.* V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2007. ISBN 9788073750367.
90. AKHTAR, Y. a M.B. ISMAN. *Insects as an Alternative Protein Source.* Proteins in Food Processing [online]. Elsevier, 2018, 2018, , 263-288 [cit. 2019-04-20]. DOI: 10.1016/B978-0-08-100722-8.00011-5. ISBN 9780081007228. Dostupné z: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780081007228000115.
91. JANSSEN, RENSKE H., et al. *Nitrogen-to-protein conversion factors for three edible insects: Tenebrio molitor, Alphitobius diaperinus, and Hermetia illucens.* Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2017, 65(11) 2275-2278.
92. ÚKZÚZ, 2011a: *Stanovení obsahu neutrálně detergentní vlákniny a neutrálně detergentní vlákniny po úpravě vzorku amylázou.* Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Brno, 6 s.
93. ÚKZÚZ, 2011b: *Stanovení obsahu acido-detergentní vlákniny, acidodetergentního ligninu a výpočet obsahu hrubé celulózy*. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Brno, 5 s.

# ZOZNAM SKRATIEK

| | |
|---|---|
| ADF | Acido-detergentná vláknina |
| BNVL | Bezdusíkaté látky výťažkové |
| DAD | Detektor diódového poľa |
| FID | Plameňovo ionizačný detektor |
| GC | Plynová chromatografia |
| HPLC | Vysokoúčinná kvapalinová chromatografia |
| ICP-OES | Optická emisná spektrometria s indukčne viazanou plazmou |
| MUFA | Mononenasýtené mastné kyseliny |
| NDF | Neutrálne detergentná vláknina |
| PUFA | Polynenasýtené mastné kyseliny |
| RID | Refraktometrický detektor |
| SFA | Nasýtené mastné kyseliny |
| UV-VIS | Ultrafialová-viditeľná oblasť |

# PRÍLOHY

1.príloha –Formulár pre senzorické hodnotenie

**Dotazník pre senzorické hodnotenie muffinov s prídavkom Múčiara obyčajného**

Vážení hodnotitelia,
prosím o vyplnenie anonymného dotazníku týkajúceho sa zhodnotenia muffinov s prídavkom Múčiara obyčajného

Dátum:
Čas:
Pohlavie: muž/žena

1. Vek:
   - □ 18 – 20
   - □ 21 – 25
   - □ 26 – 30
   - □ 31 – 35
   - □ 36 – 40
   - □ 41 – 45
   - □ 46 a viac

2. Aké faktory zohľadňujete pri výbere potravín? (označte jednu alebo viac možností)
   - □ Cena potraviny
   - □ Nutričné zloženie potraviny
   - □ Vzhľad a tvar potraviny
   - □ Značka
   - □ Kladná osobná skúsenosť
   - □ Zem pôvodu potraviny
   - □ Bio kvalita

3. Objavuje sa vo vašej strave hmyz?
   - □ Áno, výnimočne
   - □ Áno, pravidelne
   - □ Nie

4. Aký máte vzťah ku konzumácií hmyzu?
   - □ Hmyz som už konzumoval
   - □ Hmyz som už vyskúšal, ale už ho nebudem konzumovať
   - □ Nikdy som nekonzumoval hmyz
   - □ Mám odpor ku konzumácií hmyzu
   - □ Nekonzumoval som hmyz, ale nemám problém skúsiť

5. Akej forme ste konzumovali hmyz? (Ak ste v otázke č. 4 uviedli: „nie“, otázku nevyplňujte)
   - □ Čisto hmyz
   - □ Hmyziu múčku
   - □ Súčasť potraviny

6. Je podľa Vás hmyz potravinou budúcnosti ?
   - □ Áno
   - □ Nie

Zhodnoťte predložené vzorky v nasledujúcich znakoch, použite uvedené stupnice, svoje hodnotenie zapíšte do príslušnej tabuľky.

## A. FARBA

| Kód vzorky | Farba | Intenzita farby | Príjemnosť farby |
|---|---|---|---|
| **A01** | | | |
| **A02** | | | |
| **A03** | | | |
| **B01** | | | |
| **B02** | | | |
| **B03** | | | |
| **C01** | | | |
| **C02** | | | |
| **C03** | | | |

Intenzita farby:
1. Veľmi málo intenzívna 2. Málo intenzívna 3. Stredne intenzívna 4. Intenzívna 5. Veľmi intenzívna

Príjemnosť farby:
1. Neprijateľná – nehomogénna, netypická, cudzí odtieň, farebné škvrny
2. Nevyhovujúca
3. Menej dobrá
4. Dobrá – menej výrazná

5. Veľmi dobrá
6. Výborná
7. Vynikajúca – atraktívna, výrazná, sýta

## B. VOŇA (ARÓMA)

| Kód vzorky | Popis vône | Intenzita vône | Príjemnosť vône |
|---|---|---|---|
| **A01** | | | |
| **A02** | | | |
| **A03** | | | |
| **B01** | | | |
| **B02** | | | |
| **B03** | | | |
| **C01** | | | |
| **C02** | | | |
| **C03** | | | |

Intenzita vône:
1. Neznateľná
2. Veľmi slabá
3. Slabá
4. Stredná
5. Silnejšia
6. Dostatočne silná
7. Veľmi silná

Príjemnosť vône:
1. Neprijateľná – nepríjemná, netypická, výrazne negatívna prípach
2. Nevyhovujúca – nevýrazná, prázdna, neutrálna
3. Menej dobrá
4. Dobrá – menej výrazná
5. Veľmi dobrá
6. Výborná
7. Vynikajúca – výrazná, príjemná, harmonická

## C. KONZISTENCIA (TEXTÚRA)

| Kód vzorky | Konzistencia | Označte najlepšiu vzorku | Označte najhoršiu vzorku |
|---|---|---|---|
| **A01** | | | |
| **A02** | | | |
| **A03** | | | |
| **B01** | | | |
| **B02** | | | |
| **B03** | | | |
| **C01** | | | |
| **C02** | | | |
| **C03** | | | |

1. Príliš mäkká 2. Mäkká 3. Stredná 4. Tvrdá 5. Príliš tvrdá (tuhá)

## D. CHUŤ (FLAVOUR)

| Kód vzorky | Popis chuti | Intenzita chuti | Príjemnosť chuti |
|---|---|---|---|
| **A01** | | | |
| **A02** | | | |
| **A03** | | | |
| **B01** | | | |
| **B02** | | | |
| **B03** | | | |
| **C01** | | | |
| **C02** | | | |
| **C03** | | | |

Intenzita chuti:
1. Neznateľná
2. Veľmi slabá
3. Slabá
4. Stredná

5. Silnejšia
6. Dostatočne silná
7. Veľmi silná

Príjemnosť chuti:
1. Neprijateľná – nepríjemná, netypická, negatívna pachuť
2. Nevyhovujúca – nevýrazná, prázdna, neutrálna
3. Menej dobrá
4. Dobrá – menej výrazná
5. Veľmi dobrá
6. Výborná
7. Vynikajúca – výrazná, príjemná, harmonická

## E. HODNOTENIE CELKOVEJ PRIJATEĽNOSTI VZORKY

Celkovo by ste vzorku hodnotili ako: (berte v úvahu všetky vyššie zmienené vlastnosti, s dôrazom na chuť a vôňu)
1. Neprijateľná
2. Nevyhovujúca
3. Menej dobrá
4. Dobrá
5. Veľmi dobrá
6. Výborná
7. Vynikajúca

| Kód vzorky | Celková prijateľnosť |
|---|---|
| **A01** | |
| **A02** | |
| **A03** | |
| **B01** | |
| **B02** | |
| **B03** | |
| **C01** | |
| **C02** | |
| **C03** | |

## F. PORADOVÝ TEST

(Zoraďte vzorky podľa vlastných preferencií a prípadne uveďte poznámku k produktu)

Poradie 1-9, kde 1 je najlepšia a 9 najhoršia

| Kód vzorky | Poradie | Poznámka |
|---|---|---|
| **A01** | | |
| **A02** | | |
| **A03** | | |
| **B01** | | |
| **B02** | | |
| **B03** | | |
| **C01** | | |
| **C02** | | |
| **C03** | | |

**ĎAKUJEM**

2.príloha –Slovný popis farieb vzoriek s obsahom hmyzu 0 %

| Vzorka | C02 | A01 | B03 |
|---|---|---|---|
| Hohnotiteľ | farba | | |
| 1 | svetlokakaová | citrónová | citrónová |
| 2 | hnedá | nažltlá | nažltlá |
| 3 | hnedá | žltá | svetložltá |
| 4 | hnedá | svtložltá | žltá |
| 5 | svetlohnedá | žltá | žltá |
| 6 | stredne hnedá | svetložltá | svetložltá |
| 7 | hnedá | žltá | svetložltá |
| 8 | hnedá | žltá | žltá |
| 9 | hnedá | svetložltá | svetložltá |
| 10 | nahnedlá | biela | bielo-žltá |
| 11 | kakaová | svetložltá | citrónová |
| 12 | svetlohnedá | žltá | žltá |
| 13 | kakaová | biela | - |
| 14 | hnedá | svetložltá | svetložltá |
| 15 | tmavohnedá | žltá | žltá |
| 16 | hnedá | svetložltá | svetložltá |
| 17 | tmavohnedá | svetlá piškótová | svetlá |
| 18 | hnedá | krémová | krémová |
| 19 | hnedá | svetlo žltá | svetložltá |
| 20 | hnedá | vanilkovo žltá | vanilkovo žltá |
| 21 | sýta hnedá | žltá | žltá |
| 22 | hnedá | svetložltá | svetložltá |
| 23 | hnedá | nažltlá | nažltlá |

3.príloha – Slovný popis farieb vzoriek s obsahom hmyzu 10 %

| Vzorka | B02 | C01 | A03 |
|---|---|---|---|
| Hodnotiteľ | farba | | |
| 1 | svetlokakaová | škoricová | škoricová |
| 2 | tmavohnedá | svetlohnedá | žlto-hnedá |
| 3 | hnedá | svetložltá | svetlohnedá |
| 4 | hnedá | béžová | béžová |
| 5 | hnedá | hnedo-žltá | oranžová |
| 6 | tmavohnedá | svetložltá | hnedo-žltá |
| 7 | hnedá | oranžová | béžová |
| 8 | hnedá | béžová | slamovo žltá |
| 9 | tmavohnedá | béžová | bledohnedá |
| 10 | svetlohnedá | béžová | piesočná |
| 11 | kakaová | okrová | okrová |
| 12 | tmavohnedá | svetlohnedá | svetlohnedá |
| 13 | kakaová | - | do škoricova |
| 14 | hnedá | Svetlohnedá | svetlohnedo-žltá |
| 15 | tmavohnedá | tmavožltá | svetlohnedá |
| 16 | hnedá | svetlohnedá | svetlohnedá |
| 17 | tmavohnedá | karamelová | karamelová |
| 18 | hnedá | žltá | béžová |
| 19 | tmavohnedá | dooranžova | dooranžova |
| 20 | sýto hnedá | škoricová | škoricová |
| 21 | hnedá | svetlohnedá | svetlohnedá |
| 22 | hnedá | svetlohnedá | orechová bábovka |
| 23 | hnedá | pieskovo hnedá | piškótovo hnedá |

4.príloha – Slovný popis farieb vzoriek s obsahom hmyzu 20 %

| Vzorka | A02 | B01 | C03 |
|---|---|---|---|
| Hohnotiteľ | farba | | |
| 1 | kakaová | škoricová | škoricová |
| 2 | tmavohnedá | svetlohnedá | svetlohnedá |
| 3 | hnedá | hnedá oriešková | hnedo-oriešková |
| 4 | hnedá | béžová | béžová |
| 5 | hnedá | nahnedlo-žltá | hnedá |
| 6 | tmavohnedá | hnedá-kávová-laté | kávová |
| 7 | hnedá | svetlohnedá | béžová |
| 8 | hnedá | béžová | béžová |
| 9 | tmavohnedá | zlatistá | hnedá |
| 10 | hnedá-kakaová | kávová | škoricová |
| 11 | škoricová | okrová | okrová |
| 12 | tmavohnedá | svetlohnedá | svetlohnedá |
| 13 | kakaová | škoricová | kakaová |
| 14 | čokoládová | hnedo-žltá | hnedo-žltá |
| 15 | tmavohnedá | hnedá | hnedá |
| 16 | tmavohnedá | svetlohnedá | svetlohnedá |
| 17 | tmavočokoládová | karamelová | karamelová |
| 18 | hnedá | piesková | piesková |
| 19 | tmavohnedá | svetlohnedá | svetlohnedá |
| 20 | sýtohnedá | škoricová | škoricová |
| 21 | hnedá | svetlohnedá | svetlohnedá |
| 22 | tmavohnedá | orechová bábovka | orechová |
| 23 | tmavohnedá | piškótová hnedá | piesková hnedá |

5.príloha –Slovný popis vône vzoriek s obsahom hmyzu 0 %

| Vzorka | C02 | A01 | B03 |
|---|---|---|---|
| Hohnotiteľ | vôňa | | |
| 1 | kakao | pečené múčne koláče | bábovka |
| 2 | intenzívne čokoládová | múková | ovocná |
| 3 | sladká čokoládová | sladká/lahodná | sladká ovocná |
| 4 | čokoládová | chlebová | ovocno chlebová |
| 5 | kakaová | píškótová | píškótová |
| 6 | čokoláda a chlieb | mliečná | ovocná buchta |
| 7 | čokoládová | vanilková | ovocná maliny |
| 8 | kakaová | sladká | ovocná |
| 9 | čokoládová | vaječná | vaječná |
| 10 | čokoláda | - | malina |
| 11 | sladká | žiadna bez vône | žiadna bez vône |
| 12 | čokoládová | - | - |
| 13 | kakao | pohánka | pohánka, ovoce |
| 14 | kakaová | kupovane | moučná |
| 15 | čokoládový muffin | muffin | bublanina |
| 16 | čokoládová | biely muffin | múčná |
| 17 | čokoládová | vanilkový muffin | nevýrazná múka |
| 18 | čokoládová | bublanina | ríbezľová bublanina |
| 19 | kakaová | čerstvá | ríbezľová |
| 20 | čokoládová | piškótová | piškótová |
| 21 | čokoláda | buchta | bublanina |
| 22 | čokoláda | buchta | bublanina |
| 23 | psie granule | muffinová | oriešková |

6.príloha – Slovný popis vône vzoriek s obsahom hmyzu 10 %

| Vzorka | B02 | C01 | A03 |
|---|---|---|---|
| Hohnotiteľ | vôňa | | |
| 1 | kakaová bábovka | - | špaldové pečivo |
| 2 | čokoládová | jedlo pre rybičky | chlebová |
| 3 | sladká čokoládová | ťažšia akoby celozrnná | menej sladká |
| 4 | čokoládovo hroznová | chlebová (trochu kakao) | ovocno chlebová |
| 5 | kakaová | orechová | orechová |
| 6 | čokoláda | orechy a mlieko | mliečná |
| 7 | čokoládová | vanilková | múčná |
| 8 | čokoládová | vanilková | výrazná kakaová |
| 9 | čokoládová | sladká vôňa cereálne žitná múka | cereálna, žitná múka |
| 10 | oriešková čokoláda | orech | malina |
| 11 | sladká | slabá sladšia | sládká |
| 12 | čokoládová | - | oriešková |
| 13 | kakao | múka | pohánka |
| 14 | čokoládová | múčná | ovocná |
| 15 | čokoládový muffin | divná | stredne divná buchta |
| 16 | čokoládová | celozrnná | múčna |
| 17 | silno kakaová | - | divná vôňa |
| 18 | čokoládová | buchta | buchta |
| 19 | kakaová | šťavnatá | ovocná |
| 20 | čokoládová | múčná | múčná |
| 21 | čokoláda | buchta | bublanina |
| 22 | čokoláda | oškvarky | oškvarky |
| 23 | kakaová | oriešky, pohánka | oriešky |

7.príloha – Slovný popis vône vzoriek s obsahom hmyzu 20 %

| Vzorka | A02 | B01 | C03 |
|---|---|---|---|
| Hohnotiteľ | vôňa | | |
| 1 | špaldové pečivo | - | špaldové pečivo |
| 2 | jedlo pre rybičky | múková | zatuchnutá múka |
| 3 | ťažšia čokoládová | menej výrazná škoricová | sladká ovocná celozrnná |
| 4 | čokoládovo hroznová | hlinová | celozrnné pečivo |
| 5 | čokoládová | orechová | orechová |
| 6 | čokoláda a tuk | orechy a tuk | orechy a mlieko |
| 7 | čokoládová | múčná nasládla | maslová |
| 8 | čokoládová | slabšia oriešková | škoricová |
| 9 | čokoládová | cereálna, žitná múka | cereálna, žitná múka |
| 10 | oriešková čokoláda | orech | malina |
| 11 | sladká po čokoláde | sladká | málo sladká |
| 12 | oriešková | oriešková | oriešková |
| 13 | staré kakao | pohánka | staré orechy |
| 14 | olejná | olejná | olejná |
| 15 | divný muffin | divná | dosť divná |
| 16 | čokoládová | múčna | celozrnná |
| 17 | čokoládová | zemitá vôňa | múka |
| 18 | čokoládová | orechové škrupinky | škrupinky orechov |
| 19 | hrozienková | orech lieskový | lieskové orechy |
| 20 | čokoládová | múčná | múčná |
| 21 | čokoláda | orechy | orechy |
| 22 | čokoláda | orechy | orechy |
| 23 | kakaová | oriešky | oriešková |

8.príloha – Slovný popis chuti vzoriek s obsahom hmyzu 0 %

| Vzorka | C02 | A01 | B03 |
|---|---|---|---|
| Hohnotiteľ | chuť | | |
| 1 | kakaová | vanilková | vanilková |
| 2 | čokoládová | nevýrazná | ribezľová |
| 3 | čokoládová | nezaujmavá | bublanina |
| 4 | čokoládová | maslová | vanilková |
| 5 | kakaová | sladká | sladká |
| 6 | čokoládová | nijaká | nevýrazná bublanina |
| 7 | čokoládová | nasladlá | ovocná |
| 8 | cestová čokoládová | sladká | sladká |
| 9 | dobrá | výborná | dobrá |
| 10 | kakaová | múčná umelá | svieža |
| 11 | čokoládová | typický muffin | muffin s ovocím |
| 12 | čokoládová | cestová | - |
| 13 | trocha sladká | mierne sladká | mierne sladká |
| 14 | čokoládová | piškótová | malinová |
| 15 | čokoládová, sladká | sladká, vaječná | vaječná |
| 16 | čokoládová | neutrálna, sladká | jemná ovocná |
| 17 | čokoládová | maslová | máslová |
| 18 | sladká | hrnková buchta | hrnková buchta |
| 19 | kakaová | jemná vanilková | nasladlá ovocná |
| 20 | kakaová,sladká | sladká múková | ovocne kyslá |
| 21 | výborná sladká | velmi sladká ovocná | sladko kyslá ovocná |
| 22 | čokoládová | vanilková | vanilková |
| 23 | čokoládová | typický muffin | - |

9.príloha – Slovný popis chuti vzoriek s obsahom hmyzu 10 %

| Vzorka | B02 | C01 | A03 |
|---|---|---|---|
| Hohnotiteľ | chuť | | |
| 1 | kakaová | vanilková, oriešková | oriešková |
| 2 | čokoládová | orechová | ríbezľovo orechová |
| 3 | čokoládová | orechová | ovocná |
| 4 | čokoládová | maslová | malinová |
| 5 | sladká kakaová | orechová sladká | orechová, sladká, ovocná |
| 6 | intenzívna čokoládová | nádych orieškov | ríbezľová |
| 7 | príjemná čokoláda | mierne oriešková | orechová múka výrazná |
| 8 | čokoládová | cestová | cestová |
| 9 | čokoládový muffin | divná zemitá | mierne divná |
| 10 | čokoládová | múčná | štandart |
| 11 | čokoládová | olejovitá | ako s celozrnej múky |
| 12 | čokoládová | oříšková | žlklé orechy |
| 13 | mierne čokoládová | nasladlá | lachko kyslá |
| 14 | čokoládová | orechová | malinová |
| 15 | čokoládová, nahorká | cereálna | sladká, cerealna |
| 16 | čokoládová | sladká | ovocná, trochu oriešky |
| 17 | čokoládová | muffinová | malinová |
| 18 | čokoládová | škrobová | po ovsenej kaši |
| 19 | čokoládová | oriešková | ovocná vanilková |
| 20 | čokoládová | múčna | ovocne kyslá múková |
| 21 | sladká čokoládová | sladká ale nevýrazná | sladká, výrazná |
| 22 | čokoládová | cestová-vanilková | cestová |
| 23 | kakaová bábovka | - | - |

10.príloha – Slovný popis chuti vzoriek s obsahom hmyzu 20 %

| Vzorka | A02 | B01 | C03 |
|---|---|---|---|
| Hohnotiteľ | chuť | | |
| 1 | čokoládová | oriešková | kyslá oriešková |
| 2 | čokoládová | orechová | orechová |
| 3 | čokoládová | orechová | ovocná |
| 4 | čokoládová | škoricová | malinová |
| 5 | kaková,sladká | sladká orechová | ovocná+orechová |
| 6 | výborná čokoládová | orechová | orechy, ríbezľová |
| 7 | kakaová múka | oriešková | oriešková |
| 8 | čokoládová | cestová | cestová |
| 9 | mierne čokoládová | obyčajná trošku divná | zemitá s ovocím |
| 10 | umelá olejná | typická pre muffin | vláčna olejná |
| 11 | kakaová | pohánka | pohánková |
| 12 | žlklé orechy | žlklé orechy | žlklé orechy |
| 13 | sladká príjemne čokoládová | ľachko sladká | ľahko kyslá |
| 14 | čokoládová | orechová | malinová |
| 15 | nahorká, čokoládová | cereálna | cereálna, chlebová |
| 16 | čokoládová | jemne oriešková | ovocno-oriešková |
| 17 | čokoládová | škoricová | máslová |
| 18 | čokoládová, horká | horká, škrobová | orechy, škrob |
| 19 | intenzívne čokoládová | maslová | ovocná orechová |
| 20 | čokoládovo sladká | oriešková | oriešková ovsená |
| 21 | menej sladká | málo sladká | nevýrazná |
| 22 | čokoládová | vanilkovo-múková | zatuchnutá |
| 23 | pachuť negatívna | - | špaldový muffin |