

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

**Nutriční hodnota saranče stěhovavé jako nové potraviny
a krmiva**

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Lucie Lavičková

Obor studia: Výživa a potraviny

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

© 2023 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci „Nutriční hodnota saraňče stěhovavé jako nové potraviny a krmiva“ jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucí diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 14. dubna 2023

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala prof. Ing. Lence Kouřimské, Ph.D., vedoucí mé diplomové práce, za odborné vedení a cenné rady. Dále bych chtěla poděkovat konzultantce mé diplomové práce Ing. Barboře Lampové za veškerou pomoc, trpělivost, čas a cenné rady. V neposlední řadě děkuji své rodině, blízkým a přátelům za jejich podporu během celého studia.

Nutriční hodnota saranče stěhovavé jako nové potraviny a krmiva

Souhrn

Tato diplomová práce se v první části literární rešerše zabývala jedlým hmyzem jako takovým a jeho nutriční hodnotou. Ve druhé části literární rešerše se práce zabývala sarančí stěhovavou (*Locusta migratoria* L.). Práce byla zaměřena na legislativní přijetí *Locusta migratoria* jako nové potraviny a krmiva, přirozený výskyt, stravu, chov, sklizeň, kulinární úpravu a zejména na nutriční složení *Locusta migratoria*. Byla v ní diskutována energetická hodnota, obsah sušiny, popelovin, tuků, bílkovin, sacharidů, jednotlivých aminokyselin, mastných kyselin, minerálních látek a vitaminů. Dále bylo porovnáno nutriční složení *Locusta migratoria* s konvenčními živočišnými a rostlinnými zdroji potravin a krmiv.

Praktická část této diplomové práce byla zaměřena na stanovení obsahu sušiny, obsahu popelovin, obsahu tuku extrakcí dle Soxhleta a obsahu hrubých bílkovin dle Kjeldahla s následnou analýzou jednotlivých aminokyselin. Praktická část obsahovala také dotazníkové šetření zabývající se sensorickým hodnocením jedlého hmyzu, včetně *Locusta migratoria*, který byl podáván na akci Noc vědců 2022 na České zemědělské univerzitě v Praze.

Na základě změřených výsledků bylo prokázáno, že *Locusta migratoria* obsahuje vysoké množství bílkovin, ale i dalších důležitých nutrientů. Je velmi dobrým konkurentem konvenčním rostlinným i živočišným potravinám, ale také běžně využívaným proteinovým složkám krmiv, kterými jsou v současné době například sójová či rybí moučka. Obsah jednotlivých nutrientů je závislý na stravě sarančí, životním stádiu či způsobu života. Nutriční kvalitu, trvanlivost, chuť ale i bezpečnost *Locusta migratoria* jako potraviny významně ovlivňuje také způsob jejího zpracování.

V rámci dotazníkového šetření bylo zjištěno, že statisticky významný rozdíl vykazoval vliv věku respondentů na předchozí konzumaci jedlého hmyzu, kde se s konzumací hmyzu již dříve setkali zejména mladší lidé. Dále byl statisticky významný rozdíl v postoji respondentů k jedlému hmyzu na základě pohlaví a vzdělání, kde měly ke konzumaci jedlého hmyzu zejména kladný postoj ženy a vysokoškolsky vzdělaní respondenti, u ostatních respondentů byl jejich postoj zejména neutrální a výjimečně záporný. Mezi ostatními hodnocenými aspekty nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl.

Klíčová slova: jedlý hmyz, potravina budoucnosti, udržitelnost, živiny, nutriční hodnota, *Locusta migratoria*

Nutritional value of migratory locust as a novel food and feed

Summary

The first part of this thesis literature review dealt with edible insects and their nutritional value. In the second part of the literature research, the thesis dealt with the migratory locust (*Locusta migratoria* L.). The thesis focused on the legislative acceptance of *Locusta migratoria* as a novel food and feed, its natural occurrence, diet, rearing, harvesting, culinary preparation and especially the nutritional composition of *Locusta migratoria*. Energy, dry matter, ash, fat, protein, carbohydrate, individual amino acids, fatty acids, minerals, and vitamins were discussed. Furthermore, the nutritional composition of *Locusta migratoria* was compared with conventional animal and plant food and feed sources.

The practical part of this thesis was focussed on determination of dry matter content, ash content, fat content by Soxhlet extraction and crude protein content by Kjeldahl followed by analysis of individual amino acids. The practical part also included a questionnaire survey dealing with the sensory evaluation of edible insects, including *Locusta migratoria*, which was served at the Night of Scientists 2022 event at the Czech University of Life Sciences in Prague.

Based on the obtained results, it was shown that *Locusta migratoria* contains high amounts of protein as well as other important nutrients. It is a very good competitor to conventional plant and animal foods, but also to commonly used protein components of animal feed, which are currently, for example, soybean or fish meal. The content of each nutrient depends on the locust's diet, life stage or lifestyle. The nutritional quality, shelf life, taste and safety of *Locusta migratoria* as a food are also significantly influenced by the way it is processed.

In the questionnaire survey, it was found that age of respondents showed a statistically significant difference in the effect of previous consumption of edible insects, where younger people had more previous experience with the consumption of insects. Furthermore, there was a statistically significant difference in attitudes towards edible insects based on respondent's gender and education, where female and university educated respondents had mainly positive attitudes towards edible insects' consumption, while other respondents had mainly neutral and only rarely negative attitudes. No statistically significant difference was found between the other aspects assessed.

Keywords: edible insect, food of the future, sustainability, nutrients, nutritional value, *Locusta migratoria*

Obsah

1 Úvod	10
2 Vědecká hypotéza a cíle práce	11
3 Literární rešerše.....	12
3.1 Hmyz jako nová potravina a krmivo.....	12
3.1.1 Entomofágie.....	12
3.1.1.1 Spotřebitelské vnímání	13
3.1.1.2 Sociokulturní problémy	13
3.1.1.3 Ekologické a environmentální dopady	13
3.1.2 Legislativa.....	14
3.1.3 Chov a sběr hmyzu	14
3.1.4 Welfare chovu hmyzu.....	15
3.1.5 Automatizace výroby.....	15
3.1.6 Skladování hmyzu	15
3.1.7 Zpracování a způsob úpravy hmyzu	16
3.1.8 Nutriční látky v hmyzu (nutriční hodnota)	17
3.1.8.1 Energetická hodnota	17
3.1.8.2 Bílkoviny	17
3.1.8.3 Tuky.....	18
3.1.8.4 Sacharidy	18
3.1.8.5 Popeloviny.....	19
3.1.8.6 Vitaminy.....	19
3.1.8.7 Minerální a další významné látky	19
3.1.9 Antinutriční látky v hmyzu.....	19
3.1.9.1 Těžké kovy	19
3.1.9.2 Pesticidy	20
3.1.9.3 Insekticidy	20
3.1.9.4 Mykotoxiny	20
3.1.9.5 Patogenní organismy	20
3.1.9.6 Antinutriční sloučeniny	21
3.1.9.7 Možnosti stanovení antinutričních látek.....	21
3.1.10 Toxické sloučeniny	21
3.1.11 Alergie na hmyz.....	21
3.1.12 Biologická dostupnost živin	22
3.1.13 Využití hmyzu pro krmné účely	23

3.1.13.1	Hmyz jako krmivo pro psy a kočky	23
3.1.13.2	Hmyz jako krmivo pro drůbež.....	24
3.1.13.3	Hmyz jako krmivo pro prasata	24
3.1.13.4	Hmyz jako krmivo pro vodní živočichy	25
3.2	Saranče stěhovavá (<i>Locusta migratoria</i>) jako nová potravina a krmivo... 26	
3.2.1	Legislativa.....	26
3.2.2	Běžný výskyt.....	27
3.2.3	Strava	28
3.2.4	Chov.....	28
3.2.5	Sklizeň	28
3.2.6	Kulinární úprava	28
3.2.7	Nutriční složení.....	29
3.2.7.1	Energetická hodnota	30
3.2.7.2	Bílkoviny	30
3.2.7.3	Tuky.....	31
3.2.7.4	Sacharidy	33
3.2.7.5	Minerální látky	33
3.2.7.6	Vitaminy	34
3.2.8	Biologicky aktivní látky.....	34
3.2.9	Porovnání nutričního složení s konvenčními zdroji	34
3.2.9.1	Porovnání s živočišnými zdroji potravy	34
3.2.9.2	Porovnání s rostlinnými zdroji potravy	36
3.2.9.3	Porovnání s konvenčními krmivy.....	36
4	Materiál a metody	38
4.1	Materiál.....	38
4.1.1	Saranče stěhovavá (<i>Locusta migratoria</i>)	38
4.1.2	Chemikálie	38
4.1.3	Použité přístroje	38
4.2	Metody.....	39
4.2.1	Příprava vzorků pro následné analýzy	39
4.2.1.1	Lyofilizace	39
4.2.1.2	Homogenizace vzorků	39
4.2.2	Stanovení sušiny	39
4.2.3	Stanovení popelovin	39
4.2.4	Stanovení tuku dle Soxhleta	39
4.2.5	Stanovení hrubých bílkovin dle Kjeldahla.....	40
4.2.6	Stanovení obsahů Mg, Ca, Mn, Fe, Cu, Zn a Se metodou ICP-MS	40

4.2.7	Stanovení aminokyselin.....	41
4.2.8	Senzorické hodnocení jedlého hmyzu – dotazníkové šetření	41
4.2.8.1	Věk respondentů.....	41
4.2.8.2	Pohlaví respondentů	42
4.2.8.3	Vzdělání respondentů	42
4.2.9	Použité statistické metody	43
5	Výsledky.....	44
5.1	Sušina	44
5.2	Popeloviny.....	44
5.3	Tuk.....	44
5.4	Hrubé bílkoviny.....	45
5.5	Minerální látky	45
5.6	Aminokyseliny	45
5.7	Senzorické hodnocení jedlého hmyzu – statistická analýza	46
5.7.1	Otázka č. 1: Konzumoval/a jste někdy jedlý hmyz?.....	46
5.7.1.1	Pohlaví.....	46
5.7.1.2	Věk	46
5.7.1.3	Vzdělání.....	47
5.7.2	Otázka č. 2: Jaký je Váš postoj ke konzumaci jedlého hmyzu?	47
5.7.2.1	Pohlaví.....	47
5.7.2.2	Věk	48
5.7.2.3	Vzdělání.....	48
5.7.3	Otázka č.3: V jaké formě nejvíce preferujete konzumaci jedlého hmyzu?.....	48
5.7.3.1	Pohlaví.....	48
5.7.3.2	Věk	49
5.7.3.3	Vzdělání.....	49
5.7.4	Otázka č. 4: Jakým zážitkem pro Vás bylo ochutnání jedlého hmyzu? ...	49
5.7.4.1	Pohlaví.....	49
5.7.4.2	Věk	50
5.7.4.3	Vzdělání.....	50
5.7.5	Otázka č. 5: Který hmyz Vás nejvíce zaujal/nejvíce Vám chutnal?	50
5.7.5.1	Pohlaví.....	50
5.7.5.2	Věk	51
5.7.5.3	Vzdělání.....	51

6	Diskuze	52
6.1	Sušina	52
6.2	Popeloviny	53
6.3	Tuk.....	53
6.4	Bílkoviny	53
6.5	Minerální látky	54
6.6	Aminokyseliny	54
6.7	Porovnání nutričního složení <i>Locusta migratoria</i> s konvenčními zdroji...	57
6.8	Senzorické hodnocení jedlého hmyzu.....	58
7	Závěr.....	59
8	Literatura.....	60
9	Seznam příloh.....	66
9.1	Seznam tabulek.....	66
9.2	Seznam obrázků	67
9.3	Seznam grafů	67

1 Úvod

Lidská populace neustále roste, přičemž se podle Organizace pro výživu a zemědělství (FAO) očekává, že v roce 2050 bude na Zemi více než 9,6 miliardy obyvatel. S rostoucím počtem obyvatel se zvyšují požadavky na produkci bílkovin, kterou je potřeba až zdvojnásobit (Gahukar, 2016), přičemž současná potravinová řešení jsou neudržitelná a nutričně nedostačující (Park et al., 2022).

V současné době nejsou všechny státy schopny zajistit dostatek potravin pro všechny obyvatele, a proto je potřeba zkoumat nové zdroje potravy. Hmyz se jeví jako velmi výživná a dostupná alternativa, pomocí níž by bylo možné lépe zajistit potravinovou bezpečnost jednotlivých zemí (Park et al., 2022) a právě entomofágie, tj. konzumace hmyzu, je v současné době velkou výzvou k dosažení ekologicky udržitelného zabezpečení potravin. Vzhledem k poměrně vysoké kalorické hodnotě hmyzu, jehož kvalita je stejná a mnohdy i vyšší ve srovnání s jinými živočišnými zdroji, má konzumace hmyzu velký potenciál při boji s celosvětovým hladomorem (Lange et Nakamura, 2021).

Hmyz obsahuje značné množství bílkovin, tuků, vitaminů, minerálních látek i vlákniny a může proto být velmi důležitým potravinovým zdrojem při stále se řešícím nedostatku potravin (Lange et Nakamura, 2021). K jeho chovu není potřeba takové množství zdrojů, tj. půdy, vody, krmiva či energie, jako například u dobytka. Zároveň bylo zjištěno, že hmyz poskytuje více bílkovin a jeho chov mnohem méně zasahuje do nepříznivých změn klimatu. Hmyz neprodukuje takové množství skleníkových plynů a dalších látek znečišťujících životní prostředí (např. amoniak) jako dobytek (Gahukar, 2016; Lange et Nakamura, 2021).

Nahrazení dobytka hmyzem s sebou přináší několik výhod. Hmyz má krátký životní cyklus a vysoké tempo růstu. Je na rozdíl od ostatních, například hospodářských zvířat, poikiloternní, tzn. jeho tělní teplota kolísá dle teploty prostředí a při vhodných tepelných podmínkách velice dobře prosperuje. Obsah bílkovin je vyšší než u skotu, prasat či kuřat a surový protein je možné získat mnohem efektivnějším způsobem. Cvrčci, mouchy či kobylinky, mezi které patří saranče stěhovavá (*Locusta migratoria*) mohou konzumovat i zemědělský odpad či rostliny, trávy a siláž, které nemohou být konzumovány lidmi ani dobyt看kem (Gahukar, 2016). Odpadní biomasu hmyz dokáže velmi dobře přeměnit na hodnotný zdroj potravin a krmiv, tzn. má vysokou účinnost konverze krmiva a snadno se množí a roste. Ze 2 kg odpadní krmné biomasy je možné získat 1 kg hmyzí biomasy. Hmyzu se velmi dobře daří v tropických a subtropických oblastech, které poskytují ideální teplotu a vlhkost během celého roku, je ale možné ho chovat i komerčně (Cortes Ortiz et al., 2016, Gahukar, 2016).

2 Vědecká hypotéza a cíle práce

Vědecká hypotéza: Dospělci saranče stěhovavé jsou nutričně srovnatelní s tradičními živočišnými a rostlinnými zdroji potravin a krmiv.

Cílem práce bylo proměřit nutriční hodnotu dospělců saranče stěhovavé a porovnat ji s konvenčními živočišnými a rostlinnými zdroji proteinů a lipidů.

3 Literární rešerše

3.1 Hmyz jako nová potravina a krmivo

Vzhledem k přepokládanému neustálému růstu populace je nutné řešit potravinovou dostupnost a udržitelnost. Orná půda je stále méně dostupná, její plocha je oproti nárůstu populace konstantní a chov dobytka je čím dál méně udržitelnou metodou produkce potravin. Vzhledem k tomu, že tradiční chov dobytka pokrývá požadovaný příjem živočišných bílkovin, je nutné najít k tomuto způsobu příjmu bílkovin adekvátní alternativu. Vhodnou alternativu by mohl představovat právě hmyz, který má vysoký obsah bílkovin a jeho složení je stále více podrobeno zkoumání (Brogan et al., 2021). Životní cyklus jedlého hmyzu se pohybuje od 10 dnů (moucha domácí) do 2 měsíců (moučný červ). U běžných užitkových zvířat se životní cyklus pohybuje od 6 měsíců u kuřat do cca 2 let u krav (Van Huis, 2020). Náhrada chovu dobytka chovem jedlého hmyzu, vzhledem ke způsobu jeho chovu a krátkému životnímu cyklu napomáhá ke snížení emisí skleníkových plynů, znečišťování vody, kontaminaci prostředí i využívání půdy. Přesto je jeho využití v Evropě, zejména v západních zemích dosud minimální (Raheem et al., 2019). Konzumace jedlého hmyzu by však mohla výrazně pomoci při řešení problému světového nedostatku potravin, ke zmírnění hladomoru, nejvýrazněji v zemích třetího světa (Ordoñez-Araque et Egas-Montenegro, 2021).

3.1.1 Entomofágie

Entomofágie je konzumace hmyzu jako potravy. V Africe, Asii, Austrálii, Oceánii a Latinské Americe je hmyz konzumován již od starověku. V současné době konzumují hmyz cca 2 miliardy lidí na celém světě (Ordoñez-Araque et Egas-Montenegro, 2021). Na zemi žije cca milion druhů hmyzu, z čehož 2111 druhů představuje jedlý hmyz (Jongema, 2017), který lze využívat jako potravu pro lidi, hospodářská zvířata či ryby. Kvůli globalizaci a celkovému rozšiřování kultur západního světa je na entomofágii nahlíženo jako na nouzovou dietu v době nedostatku běžné potravy. Na základě těchto negativních předpokladů je v současné době snaha prosadit entomofágii nejen jako udržitelnou formu lidské stravy, ale činit ji chutnou a atraktivní pro konzumenty, zejména pro konzumenty ze západních zemí (Ordoñez-Araque et Egas-Montenegro, 2021). Produkce hmyzu k potravinářským účelům je schopna dostatečně uspokojit poptávku po výživných bílkovinných alternativách k základním konvenčním zdrojům potravy, kterými jsou vepřové, hovězí a kuřecí maso či ryby. Hmyz je rovněž možné konzumovat v různých vývojových stádiích, tj. vajíčka, larvy, kukly i dospělce (Sun-Waterhouse et al., 2016). V Evropě se trh s potravinami na bázi jedlého hmyzu dynamicky rozvíjí, čehož si všimlo mnoho velkých společností. Například společnosti věnující se hmyzu v potravinářském průmyslu odhadují, že od roku 2019 z cca 500 vyprodukovaných tun jedlého hmyzu se do roku 2030 tržní produkce hmyzu rozšíří na 260 000 tun (Skotnicka et al., 2021).

3.1.1.1 Spotřebitelské vnímání

V západním světě se zatím entomofágie setkává spíše s negativním ohlasem pojmícím se s pocity znechucení. Jedním z důvodů, proč hmyz není v západním světě příliš konzumován, je strach z kontaminace, špíny, nemocí, ale také zaujetí ohledně chuti či vůně (Gahukar, 2016). Většina konzumovaného hmyzu je však býložravá, tzn. živí se především čerstvými listy nebo dřevem, což je hygienicky bezpečnější než například konzumace mořských plodů či žab (Skotnicka et al., 2021). Dalším důvodem je potravinová neofobie, tj. vyhýbaní se neznámé potravině (Van Huis, 2022). Stále více se však ukazuje, že hmyz je velmi chutný, výživný i čistý (Lange et Nakamura, 2021) a jeho zavedení do jídelníčku jako běžnou složku potravy v západních zemí je v současné době jednou z největších výzev průmyslu zaměřeného na konzumaci hmyzu. Je potřeba se zaměřit zejména na výrobu takových hmyzích produktů, které nebudou vyvolávat pocit znechucení, ale naopak budou vytvářet pozitivní gastronomické zážitky konzumentů (Van Huis, 2022). Ukázalo se, že vliv na přijetí potravin na bázi hmyzu má i způsob jeho konzumace. Nejlépe jsou konzumenty nové potraviny, i ty na bázi hmyzu, přijímány při konzumaci s přáteli například na festivalech (Park et al., 2022). Zároveň v západních zemích bylo zjištěno, že mezi prvními osvojiteli entomofágie jsou mladší muži, kteří jsou otevřenější novým potravinám, nemají silnou vazbu na maso a zajímají se o dopad potravin na životní prostředí (Verbeke, 2015).

3.1.1.2 Sociokulturní problémy

Entomofágie je ovlivněna mnohými kulturními, socioekonomickými a náboženskými faktory. Co je v některých náboženstvích tabu, je v jiných povoleno a naopak. Velké rozdíly mezi přijímáním konzumace hmyzu jsou také mezi venkovem a městy. Na venkově (zejména ve východní společnosti) je hmyz běžně využíván jako potravina, ve městech výrazně méně. Pokud by se západní společnost přenesla přes averzi a fobii k požívání hmyzu, je pravděpodobné, že by ji následovaly i další kultury (Sun-Waterhouse et al., 2016).

3.1.1.3 Ekologické a environmentální dopady

Chování a konzumace hmyzu je obrovským přínosem pro životní prostředí ve snižování emisí skleníkových plynů, protože hmyz dokáže přeměnit méně kvalitní organické vedlejší produkty na velmi kvalitní potraviny či krmiva (Ojha et al., 2021). Živočišná výroba je považována za ekologicky nejškodlivější antropogenní výrobu (Van Huis, 2020). Chov hospodářských zvířat a celý živočišný výrobní řetězec produkuje vysoké množství emisí skleníkových plynů. Ty vznikají v průběhu celého řetězce od výroby krmiva včetně jeho hnojení, přepravy krmiva i zvířat, přes potřebnou energii, porážku a zpracování masa a další procesy. Živočišný výrobní řetězec je celosvětově zodpovědný za 9 % emisí oxidu uhličitého, 32-40 % emisí methanu, 56 % emisí amoniaku a 18 % celkových globálních emisí (Raheem et al., 2019). Produkce emisí skleníkových plynů byla u chovu hmyzu až 100x nižší (Oonincx et al., 2010). Současně konverze krmiva je u hmyzu výrazně nižší. K produkci 1 kg cvrčka domácího je potřeba 1,7 kg krmiva, oproti tomu na produkci 1 kg hovězího masa je potřeba 10 kg krmiva, na produkci 1 kg vepřového masa je potřeba 5 kg krmiva a na produkci 1 kg kuřecího masa 2,5 kg krmiva (Raheem et al., 2019).

3.1.2 Legislativa

Konzumace jedlého hmyzu a zajištění bezpečnosti musí být ošetřeno legislativně. Aby mohl být jedlý hmyz konzumován, musí být předem řádně schválen a musí být považován za bezpečný. Na produkci a uvádění výrobků obsahující jedlý hmyz na trh se vztahují obecné zásady potravinového práva, která platí i pro produkci jiných potravin a krmiv. Těmi jsou správná hygienická praxe, povinné oznamování, sledovatelnost, dodržování zásad HACCP (Raheem et al., 2019). Konkrétně se jedná o Nařízení č. 178/2002, o obecném potravinovém právu a Hygienický balíček, např. Nařízení č. 852/2004, o hygieně potravin a Nařízení č. 183/2005, kterým se stanoví požadavky na hygienu krmiv. Na základě těchto nařízení jsou producenti hmyzu odpovědní za bezpečnost produktů uváděných na trh. Hmyz určený k lidské spotřebě nebo ke krmení zvířat nesmí být krmen hnojem, jatečnými nebo kafilerními produkty ani kuchyňským odpadem (IPIFF, 2022a).

V Evropské unii byly povoleny hmyzí proteiny jako krmivo pro domácí a kožešinová zvířata. V roce 2017 bylo uděleno povolení používat hmyz jako krmivo pro vodní živočichy. V roce 2021 byly povoleny živočišné bílkoviny zpracované hmyzem jako krmivo pro prasata a drůbež. V současné době je jako krmivo povoleno 8 druhů hmyzu, tj. moucha domácí (*Musca domestica*), moucha černá (*Hermetia illucens*), potěmník moučný (moučný červ) (*Tenebrio molitor*), menší moučný červ (*Alphitobius diaperinus*), cvrček domácí (*Acheta domestica*), cvrček polní (*Gryllus campestris*), cvrček krátkokřídý (*Grylloides sigillatus*) a bourec morušový (*Bombyx mori*) (Van Huis, 2022). Hmyz musí být zpracováván pouze ve speciálně schválených provozovnách (IPIFF, 2022a)

V Evropě se produkce hmyzu a jeho uvádění na trh mimo všeobecných požadavků na hygienu řídí nařízením (EU) č. 2015/2283, o nových potravinách. Nové potraviny neboli potraviny nového typu (Novel Food), je kategorie potravin, které nebyly v Evropské unii významně používány k lidské spotřebě před 15. květnem 1997. Jako potraviny nového typu byly v letech 2021 a 2022 schváleny 3 hmyzí druhy, těmi jsou: moučný červ (*Tenebrio molitor*) ve formě sušené, mražené či práškové, saranče stěhovavá (*Locusta migratoria*) sušená či mražená a cvrček domácí (*Acheta domestica*) sušený, mletý či mražený (IPIFF, 2022b). Od ledna 2023 byl jako potravin nového typu schválen také částečně odtučněný prášek z cvrčka domácího (*Acheta domestica*) a potěmník stájový (*Alphitobius diaperinus*) ve formě zmražené a sušené mrazem (IPIFF, 2023).

3.1.3 Chov a sběr hmyzu

Hmyz byl dlouhou dobu sbírán převážně z volné přírody. V současné době však stále více roste trend chovu hmyzu pro lidskou a živočišnou spotřebu a hmyz je chován čím dál častěji v uměle vytvořených podmínkách. Hmyz je možné chovat na venkově i v městských farmách, v relativně malých modulárních prostorech (FAO, 2021). Různé druhy hmyzu v různých fázích vývoje mohou vyžadovat specifické krmení. Dalšími významnými faktory, které ovlivňují odchov hmyzu, jsou teplota, osvětlení, ventilace, vlhkost, hustota populace, umístění vajíček, dostupnost vody a potravy či mikrobiální kontaminace (Rumpold et Schlüter, 2013). Chov hmyzu v kontrolovaných hygienických podmínkách s pravidelnou sanitací

zároveň vede ke snížení mikrobiologické kontaminace a některých dalších nebezpečí. Pro dodržení bezpečnosti potravin je zásadní zvolený chovný substrát a kvalita a bezpečnost krmiva (FAO, 2021). Náklady na chov hmyzu jsou zatím velice vysoké, proto je potřeba vyvinout technologie chovu, sklizně i posklizňového zpracování, které by snížily jeho výrobní náklady a zároveň zajišťovaly bezpečnost potravin a krmiv (Rumpold et Schlüter, 2013).

3.1.4 Welfare chovu hmyzu

Welfare chovu hmyzu nebylo dosud věnováno příliš pozornosti, jelikož se předpokládalo, že hmyz jakožto bezobratlý živočich neprožívá bolest a stres. Vzhledem k rostoucímu zájmu o chov a využívání hmyzu jako potravy a krmiva se zvyšují obavy společnosti, aby s hmyzem nebylo nakládáno nehumánně. Hmyz je proto v současné době vnímán jako bytost s vědomím, tzn. reaguje na smyslové vjemy a uvědomuje si je, a dle toho je potřeba s ním zacházet. Pro chov hmyzu je stejně jako pro chov jiných zvířat možné použít pět Brambellových svobod (Van Huis, 2021), tj.:

1. Svoboda od hladu a žízně – snadný přístup k vodě a stravě pro udržení plného zdraví a síly
2. Svoboda od nepohodlí – udržení vhodného prostředí
3. Osvobození od bolesti, zranění či nemoci – prevence, rychlá diagnostika a léčba.
4. Svoboda projevovat normální chování – poskytnutí dostatečného prostoru, vybavení a společnosti zvířete svého druhu
5. Svoboda od strachu a úzkosti – zajištění podmínek a léčby zabráňující duševnímu utrpení (Brambel, 1965).

3.1.5 Automatizace výroby

Výrobní proces jedlého hmyzu je v současné době velice nákladný. Pro snížení nákladů celého výrobního procesu, tj. chov, sklizeň, zpracování a distribuce je nezbytné zavedení automatizačních technologií. Těmito technologiemi by mohly být povrchové dekontaminace chovných nádob, monitorovací zařízení, řízené krmné jednotky, mechanické systémy na odstraňování nemocných či mrtvých zvířat, vývoj kontinuálních chovných systémů např. automatická sběrná zařízení, pásové dopravníky, zpracovatelské jednotky pro odstranění chitinu, separaci proteinu či odstranění exoskeletu, křídel, nohou či hlavy. Podstatné je také monitorování procesu distribuce, tzn. podmínky balení, skladování a přepravy (Rumpold et Schlüter, 2013).

3.1.6 Skladování hmyzu

Pro skladování hmyzu platí stejné hygienické předpisy jako pro skladování jiných běžných potravin a krmiv tak, aby byla zajištěna bezpečnost potravin. Vzhledem k biologickému složení jedlého hmyzu je nutné zaměřit se na mikrobiální bezpečnost, toxicitu, přítomnost anorganických sloučenin a chutnost (Pandey et Poonia, 2018). Hmyz je chován s cílem dosažení co nejvyššího poměru konverze krmiva, nejnižší úmrtnosti, nejrychlejšího vývoje a co nejlepšího nutričního složení. Po sběru se většinou nechává 24-48 hodin vylačnit, aby se pročistil trávicí trakt. Ke zpracování bývá hmyz přijímán živý, sušený či mražený, podle čehož je následně ošetřen a skladován. Živý hmyz by měl být skladován při teplotě 4 °C

do dalšího zpracování, ideálně pouze do druhého dne. Následně je hmyz usmrčen kapalným dusíkem, zmrazením na teplotu $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ nebo spařením a následně se lyofilizuje, případně blanšíruje ve vroucí vodě. Může být aplikována také metoda pulzního elektrického pole. Tato metoda vykazuje vyšší rychlost sušení a následnou extrakci oleje. Lyofilizovaný hmyz se nejprve mele a poté dále zpracovává. Hmyz vysušený v mikrovlnné troubě by měl být skladován při teplotě $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ až do dalšího zpracování. Mražený hmyz by měl být skladován při teplotách -18 až $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$ (El Hajj et al., 2022).

3.1.7 Zpracování a způsob úpravy hmyzu

U většiny hmyzu dochází před jeho konzumací k určitému zpracování. Zpracováním dochází ke zlepšení kvality, chuti, trvanlivosti, bezpečnosti, ale může docházet i ke vzniku nežádoucích antinutričních či toxických látek (Manditsera et al., 2019). Zpracování hmyzu od primární produkce po prodej a spotřebu cílovým konzumentům zobrazuje Obr. 3.1. Hmyz se nejčastěji konzumuje sušený, vařený, smažený nebo pražený, solený či jinak zakonzervovaný, avšak možná je i jeho konzumace v syrovém stavu. Způsob úpravy hraje důležitou roli při další analýze přítomných živin (Williams et al., 2016).

Tepelnými nebo radiačními procesy zároveň dochází k zásadnímu kroku dekontaminace. Následuje sušení, které je provedeno konvekcí, kondukcí či radiací. Dalším krokem může být drčení, například mletí. Před mletím je v některých případech vyžadováno odtučnění (Van Huis, 2020). Obecně tepelné ošetření mění nutriční hodnotu, avšak zlepšuje mikrobiální bezpečnost. Například vařením se snižuje obsah bílkovin, které se mohou vyluhovat do vody, opékáním se naopak koncentrace bílkovin zvyšuje, protože dochází k odpaření vody (Van Huis, 2022). Kobylkám a sarančatům je potřeba před konzumací odstranit nohy a křídla, jiné druhy je možné konzumovat celé (Lange et Nakamura, 2021).

Hmyz je také možné po dané předchozí úpravě rozemlít na hmyzí moučku. Hmyzí moučka může být dále využívána pro výrobu mnoha produktů jako jsou těstoviny, energetické tyčinky, krekry, ale i masové kuličky nebo hamburgery (Van Huis, 2022). Dále je možné jej připravit jako „snacky“ nebo jako přísady do salátů či na pizzu (Ordoñez-Araque et Egas-Montenegro, 2021).

Obr. 3.1 – Zpracování hmyzu (IPIFF, 2020)



3.1.8 Nutriční látky v hmyzu (nutriční hodnota)

Jedlý hmyz má velice zajímavou nutriční hodnotu, která stále více přitahuje pozornost odborníků na výživu i lékařů. Obsahuje významné množství bílkovin, tuků, ale také další prospěšné látky jako vitaminy, minerály či vlákninu. Jedlý hmyz je stále podroben zkoumání, přičemž některé jeho vlastnosti mají vliv na zlepšení zdraví konzumentů. Některé druhy jsou proto stále více zpracovávány na potraviny pro zdravou výživu (Xiaoming et al., 2010).

3.1.8.1 Energetická hodnota

Energetická hodnota hmyzu se odvíjí zejména od obsahu tuku konkrétního druhu. Larvy a kukly bývají tučnější a jejich energetická hodnota je proto vyšší než u dospělých jedinců. Menší energetickou hodnotu má pak hmyz s vysokým obsahem bílkovin. Energetická hodnota hmyzu se pohybuje v rozmezí 293-762 kcal (1230,6-3200,4 kJ)/100 g sušiny (FAO, 2013).

3.1.8.2 Bílkoviny

Mnoho druhů hmyzu obsahuje značné množství bílkovin, podobné jako u drůbeže a ryb a mnohdy dokonce vyšší než v sóje (Raheem et al., 2019). Obsah bílkovin v hmyzu se pohybuje v rozmezí 38-77 % celkové sušiny (Ordoñez-Araque et Egas-Montenegro, 2021). Xiaoming et al. (2010) uvádí ve své studii obsah bílkovin v rozmezí 20-70 % sušiny. Obsah bílkovin je závislý na druhu, konkrétně u cvrčků, kobylek a sarančat je obsah bílkovin v sušině okolo 61 %, dále na stádiu metamorfózy a na typu stravy (Lange et Nakamura, 2021). Kvalita bílkovin se liší na základě druhu či životní fáze hmyzu. Jsou rozdíly mezi vajíčky, larvami, kuklami a dospělci (Roos, 2018). Stravitelnost bílkovin stejného druhu hmyzu může ovlivnit způsob tepelné úpravy. Při vaření může dojít až k 25% poklesu stravitelnosti bílkovin. Lepším způsobem, než vaření se pro stravitelnost bílkovin jeví pražení. Celkově jsou hmyzí bílkoviny vysoce stravitelné, jejich stravitelnost se pohybuje v rozmezí 75-98 %. Jsou lépe stravitelné než rostlinné bílkoviny a jen o něco hůře než vaječná bílkovina (Raheem et al., 2019).

Bílkoviny jedlého hmyzu obsahují esenciální aminokyseliny, které jsou zásadní pro správný tělesný vývoj (Ordoñez-Araque et Egas-Montenegro, 2021). Aminokyselinový profil hmyzího proteinu obsahuje všechny esenciální aminokyseliny. Většina druhů jedlého hmyzu proto splňuje doporučení WHO pro obsah aminokyselin ve stravě člověka (Sun-Waterhouse et al., 2016). Tab. 3.1 ukazuje srovnání doporučeného standardu pro příjem esenciálních aminokyselin dle WHO s obsahem esenciálních aminokyselin (mg/kg/den) v moučce z *Locusta migratoria*, které stanovil Purschke et al. (2018), v larvách *Tenebrio molitor* stanovovaných Finke (2007) a v larvách *Acheta domesticus* stanovovaných Blásquez et al. (2012). Limitujícími esenciálními aminokyselinami u hmyzu jsou nejčastěji methionin a cystein (Oonincx et al., 2010).

Tab. 3.1 – Doporučený standard pro příjem esenciálních aminokyselin dle WHO (2007) ve srovnání s vybranými druhy jedlého hmyzu (Blásquez et al., 2012; Finke, 2007; Purschke et al., 2018; WHO, 2007)

	WHO (2007)	WHO (2007)	<i>Locusta migratoria</i>	<i>Tenebrio molitor</i>	<i>Acheta domesticus</i>
Aminokyselina	mg/kg/den	mg/g proteinu	mg/g proteinu	mg/g proteinu	mg/g proteinu
Histidin	10	15	14	37,9	21
Izoleucin	20	30	25	49,4	42
Leucin	39	59	46	82,2	73
Lysin	30	45	29	64,9	56
Methionin + cystein	15	22	11	30,5	36
Fenylalanin + tyrosin	25	38	48	123,6	74
Threonin	15	23	19	40,8	35
Tryptofan	4	6	4	10,3	6
Valin	26	39	41	69	60

3.1.8.3 Tuky

Kromě vysokého obsahu bílkovin obsahuje hmyz významné množství tuku. Lipidy jsou velmi důležitou složkou stravy a základním zdrojem energie (Aguilar, 2021). Obsah tuku v analyzovaném hmyzu je též ovlivněn jeho druhem, životní fází, stádiem rozmnožování, krmivem, ale i způsobem zpracování. Pražením lze celkový obsah tuku v hmyzu snížit, naopak smažením je výsledný obsah tuku při analýze vyšší. Celkový obsah tuku u hmyzu se pohybuje podle studie Williams et al. (2016) v rozmezí 2-62 %, podle Ordoñez-Araque et Egas-Montenegro (2021) dokonce v rozmezí 4-77 %, přičemž zastoupení mastných kyselin je téměř identické v porovnání s běžnými rostlinnými oleji i živočišnými tuky (Williams et al., 2016). Samci mají celkově nižší obsah tuku, přičemž vysvětlením je větší lipidová rezerva samic potřebná k produkci vajíček (Aguilar, 2021). Vyšší obsah tuku je pak v larválním stádiu oproti dospělému stádiu (Ordoñez-Araque et Egas-Montenegro, 2021). Hmyz obsahuje vyšší množství nenasycených mastných kyselin než nasycených. Nejvíce zastoupenými mastnými kyselinami v hmyzu jsou kyselina olejová, linolenová, linolová či kyselina palmitová a laurová (Aguilar, 2021; Ojha et al., 2021).

3.1.8.4 Sacharidy

Hmyz obsahuje poměrně nízké množství sacharidů. Sun-Waterhouse et al., 2016 ve své studii uvádí množství 1-18 % sacharidů v sušině. Jiný zdroj uvádí rozmezí 6,71-15,98 % sacharidů v sušině (Ojha et al., 2021). Xiaoming et al. (2010) uvádí rozmezí 2-10 %. Konkrétní množství sacharidů se liší zejména podle druhu a stádia vývoje daného hmyzu. Hmyz však obsahuje významné množství vlákniny, které se pohybuje v rozmezí 1,6-137,2 mg/kg suché hmotnosti nebo 2,7-49,8 mg/kg čerstvé hmotnosti. Hlavním zdrojem vlákniny u hmyzu je chitin pocházející z exoskeletu. Kromě chitinu byly v hmyzu objeveny i další bioaktivní polysacharidy, které vykazují podobné účinky jako chitin, tj. napomáhají hojení ran, pomáhají

posilovat imunitu, mají obranné účinky na alergie či parazitární infekce (Sun-Waterhouse et al., 2016). Ve svalových tkáních a buňkách je zastoupen glykogen, který je zdrojem energie (Ojha et al., 2021).

3.1.8.5 Popeloviny

Hmyz obecně obsahuje jen malé množství popelovin, protože nemá vnitřní vápenatou kostru jako většina obratlovců, ale pouze vnější exoskelet. Obsahuje malé množství vápníku, ale relativně velké množství fosforu. Obsah vápníku u hmyzu je možné zvýšit pomocí krmných směsí obohacených o vápník. (Williams et al., 2016). Obsah popelovin v hmyzu zvyšuje přítomnost chitinu, jehož zastoupení v těle hmyzu je cca 1-7 % (Raheem et al., 2019), tj. 11,6-137,2 mg/kg sušiny (Ordoñez-Araque et Egas-Montenegro, 2021).

3.1.8.6 Vitaminy

Hmyz je bohatý také na vitaminy (Ordoñez-Araque et Egas-Montenegro, 2021). Obsah vitaminů v hmyzím těle se liší podle ročního období a složení stravy hmyzu. Zaznamenán byl výskyt vitaminů thiaminu, riboflavinu, retinolu, vitaminu B₁₂, β-karotenu, biotinu, pantotenové kyseliny, tokoferolů, vitaminu C či listové kyseliny (Salama, 2020). Například vitamin B₁₂ byl hojně detekován v larvách *Tenebrio molitor* či *Acheta domestica*, retinol a β-karoten byl detekován u housenek některých druhů motýlů, některých druhů larev Lepidoptera a u termitů druhu *Nasutitermes corniger* (Kouřimská a Adámková, 2016).

3.1.8.7 Minerální a další významné látky

V hmyzu najdeme také významné množství mikroživin. Jejich složení se liší v závislosti na druhu a způsobu života. Nejvíce zastoupené minerální látky obsažené v hmyzu jsou železo, fosfor, hořčík, vápník, zinek, selen a měď. V současné době mnoho lidí trpí minerálními nedostatky a konzumace hmyzu by mohla být i v tomto ohledu velmi významným zdrojem těchto mikroživin. Biologickou dostupnost mikroživin mohou ovlivnit způsoby kulinární úpravy (Raheem et al., 2019).

3.1.9 Antinutriční látky v hmyzu

Většinu potenciálních rizik spojených s konzumací jedlého hmyzu lze snadno eliminovat produkcí hmyzu v kontrolovaném chovu. Skladování a zpracování jedlého hmyzu je řízeno předpisy o bezpečnosti potravin, které jsou platné pro všechny ostatní potraviny (Lange et Nakamura, 2021).

3.1.9.1 Těžké kovy

Těžké kovy se přirozeně vyskytují v půdě, jejich zvýšená koncentrace je však velmi ovlivněna lidskou činností. Mezi tyto těžké kovy patří například kadmium, olovo, rtuť, arsen, kobalt, nikl, měď či chrom. Těžké kovy se mohou do hmyzu dostat z půdy či z rostlin, ve kterých došlo k akumulaci těchto prvků a poté dále skrz celý potravní řetězec. V těle hmyzu

i dalších živočichů dochází k bioakumulaci těchto kovů, čímž dochází k narušení vývoje, metamorfózy a může dojít k úhynu (Schrögel et Wätjen, 2019).

3.1.9.2 Pesticidy

Zejména volně žijící hmyz může obsahovat rezidua pesticidů, v důsledku konzumace plodin ošetřených pesticidy a jejich následné akumulaci v organismu (Imathiu, 2020). Vysoký obsah pesticidů v hmyzu může vyvolat u konzumenta otravu. Tomuto problému je možné zabránit chování hmyzu v uzavřených chovech (Lange et Nakamura, 2021). Zbytky pesticidů se mohou vyskytovat také v krmném substrátu (Mariutti et al., 2021).

3.1.9.3 Insekticidy

Insekticidy byly velkoplošně formou leteckých postřiků využívány k hubení při moru sarančat, který postihl například Afriku, Asii a blízký východ v letech 2019-2021. Zbytky insekticidů se následně hromadí v těle saranče, což představuje zdravotní riziko pro konzumenty. Přestože v současné době roste snaha využívání biopesticidů a šetrnějších technologií, není doposud proveditelná ve větším měřítku a při sarančím moru je využití postřiků insekticidů stále nejúčinnější a nejspolehlivější metodou (Egonyu et al., 2021).

3.1.9.4 Mykotoxiny

Mykotoxiny jsou sekundární metabolity produkované houbami. Jsou tepelně odolné, tzn. tepelnou úpravou nemusí být inaktivovány, a mají na konzumenta nepříznivý účinek (Schrögel et Wätjen, 2019). Jsou považovány za jedny z nejvýznamnějších potravinových kontaminantů, mající negativní vliv na veřejné zdraví a potravinovou bezpečnost (Imathiu, 2020). Do hmyzu se mohou mykotoxiny dostat z krmného substrátu, nevhodnou manipulací či uskladněním a skladováním za nevhodných podmínek, přičemž nejzávažnější problémy způsobuje karcinogenní aflatoxin B₁ (Lange et Nakamura, 2021). Substrát může být kontaminován plísněmi rodů *Aspergillus*, *Penicilium* či *Fusarium* (Mariutti et al., 2021). Vyšší koncentrace mykotoxinů také nepříznivě ovlivňují růst a přežívání hmyzu, avšak nebylo dosud zjištěno, že by docházelo ke kumulaci mykotoxinů v hmyzím organismu (Schrögel et Wätjen, 2019).

3.1.9.5 Patogenní organismy

I hmyz může obsahovat patogenní mikroorganismy, a je proto nutné dodržovat hygienické postupy v celém potravinovém řetězci jedlého hmyzu a vytvářet účinná kontrolní opatření pro celý proces od výroby, zpracování, konzervování po veškerou další manipulaci. Nejčastějšími patogenními organismy, se kterými se můžeme u hmyzu setkat jsou *Clostridium* spp., *Bacillus* spp., *Streptococcus* spp., *Listeria* spp., *Staphylococcus* spp., *Campylobacter* spp., *Salmonella* spp., *Shigella* spp. a další (Lange et Nakamura, 2021). Většina patogenních organismů specifických pro hmyz a bezobratlé, je pro člověka neškodná. Z lidských patogenních bakterií jsou nejběžnější právě *Salmonella* spp. a *Listeria monocytogenes*, které přímo kolonizují gastrointestinální trakt hmyzu a představují proto, zejména při konzumaci syrového hmyzu, bezprostřední zdravotní riziko pro konzumenta (Mariutti et al., 2021).

3.1.9.6 Antinutriční sloučeniny

Látky, které se přirozeně vyskytují v potravinách, avšak mohou mít negativní účinky, kterými jsou například porucha trávení, vstřebávání a využití živin. Mohou inhibovat příjem živin, jejich trávení, vstřebávání i využití. Častější výskyt těchto látek je zaznamenán u potravin rostlinného než živočišného původu. U různých druhů hmyzu byly detekovány různé antinutriční sloučeniny (Imathiu, 2020). Častými antinutričními sloučeninami u hmyzu jsou alkaloidy, oxaláty, taniny, saponiny, třísloviny, fytáty či šťavelany (Lange et Nakamura, 2021).

3.1.9.7 Možnosti stanovení antinutričních látek

Antinutriční látky je možné stanovit různými metodami. Nadlimitní koncentrace těžkých kovů je možné stanovit například pomocí rentgenové fluorescenční spektrometrie (XRF) (Mlček et al., 2017), atomové absorpční spektrofotometrie (AAS) (Idowu et al., 2019) nebo pomocí hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP-MS) (Poma et al., 2017). Rezidua pesticidů, mykotoxinů, léčiv či dalších chemických kontaminantů mohou být stanovena ultra vysokoúčinnou kapalinovou chromatografií spojenou s hmotnostní spektrometrií s analyzátoru kvadrupólem a elektrostatickou orbitální pastí (UHPLC-Q-Orbitrap HRMS). Touto metodou byly již stanovovány tyto antinutriční látky u *Tenebrio molitor*, *Acheta domesticus*, *Locusta migratoria* a *Hermetia illucens* (De Paepe et al., 2019). Mykotoxiny je možné z hmyzu extrahovat také zelenou alternativou ke konvenčním metodám, a to přírodními hluboce eutektickými rozpouštědly, např. směsí cholinchloridu a močoviny. Následná analýza probíhá pomocí ultra vysokoúčinné kapalinové chromatografie spojené s tandemovou hmotnostní spektrometrií (UHPLC-MS/MS). Identifikace poté probíhá přes trojitý kvadrupólový hmotnostní spektrometr s elektrostatickou ionizací (ESI) (Pradanas-González et al., 2021).

3.1.10 Toxické sloučeniny

Významnou roli hraje, zda jsou tyto látky hmyzem absorbovány z krmiva či vnějšího prostředí, případně zda si je hmyz sám syntetizuje. Existují 2 hlavní kategorie jedovatého hmyzu, a to fanerotoxický hmyz, který toxické látky syntetizuje a kryptotoxický hmyz, který toxické látky absorbuje z prostředí. Toxické látky, které si hmyz sám syntetizuje využívá v boji proti predátorům. Pokud jsou toxické látky hmyzem absorbovány z vnějšího prostředí či krmiva, dochází v těle hmyzu k jejich hromadění, čímž vzniká potenciální nebezpečí pro následného konzumenta (Raheem et al., 2019).

3.1.11 Alergie na hmyz

Hmyz obsahuje velké množství bílkovin, které mohou u některých jedinců způsobit alergickou reakci. Bílkovinnými alergeny obsaženými v hmyzu jsou zejména alfa-amyláza, argininkináza a tropomyosin. Nejčastěji se alergické reakce vyskytují v reakci na moučné červy či na cvrčky (Lange et Nakamura, 2021). Potravinová alergie však byla zjištěna u více druhů, kterými jsou například bourec morušový, kobylky, sarančata, cikády či včely (de Gier et Verhoeckx, 2018).

Alergie na hmyz může být dvojího typu. Jedná se buď o primární senzibilizaci na nové neidentifikované alergeny hmyzu, tzv. *de-novo* senzibilizaci, která je v současné době zkoumaná na myších, potkanech a morčatech, či o zkříženou reaktivitu (de Gier et Verhoeckx, 2018). V případě konzumace hmyzu je hlavním alergenem zkřížená reaktivita tropomyosinu a argininkinázy, prokázána zejména u jedinců alergických na korýše, domácí roztoče či na mořské plody (Van Huis, 2022). Korýši, stejně jako hmyz, patří do čeledi členovců, proto mnohdy jedinci alergičtí na korýše vykazují zkříženou alergenovou reaktivitu na jedlý hmyz. Imunitní systém takového jedince rozpozná velmi podobné proteiny a vyvolá alergickou reakci (FAO, 2021).

Alergická reakce na hmyzí protein se v závažnějších případech u většiny hmyzu projevuje anafylaktickým šokem (Ji et al., 2009). Nejčastějšími projevy jsou však vyrážka, svědění, kopřivka, zarudnutí, bolesti břicha, průjem, zvracení, nauzea, případně dušnost či astmatické projevy. Alergické projevy se nemusí vždy projevit ihned po požití jedlého hmyzu. Pokud se projeví ihned, jedná se většinou o zkříženou reaktivitu s jinými potravinami. Vzhledem k tomu, že zkříženou reaktivitu je možné prokázat pouze inhibičními testy, které jsou ne vždy proveditelné, hovoří se často o ko-senzibilizaci (de Gier et Verhoeckx, 2018).

3.1.12 Biologická dostupnost živin

Biologická dostupnost živin je množství živiny, které je uvolněné z potraviny během gastrointestinálního trávení a které je absorbované. Jedná se o frakci dané živiny dostupné pro tělo. Proto je pro lidské tělo zásadní, jaká je stravitelnost a metabolizovaný obsah dané živiny, nikoliv její celkový obsah v konkrétní potravine (Ojha et al., 2021). Biologickou dostupnost živin obecně ovlivňuje zpracování potravin, které působí změny v potravinové matici (Matiza Ruzengwe et al., 2022). Hmyz obsahuje velmi významné množství bílkovin, tuků a dalších minerálních látek, a proto by jeho začlenění do běžných potravin mohlo vést ke zlepšení jejich nutriční hodnoty. Příkladem je nahrazení čirokové a pšeničné mouky v sušenkách moučkou z termitů. Při této náhradě došlo k výraznému zvýšení obsahu esenciálních aminokyselin a mnoha důležitých minerálií. Nahrazení pšeničné a čirokové mouky termití moučkou rovněž zvýšilo stravitelnost daných sušenek v lineárně rostoucím trendu (Ojha et al., 2021).

Zpracování hmyzu má potenciál zlepšit jeho nutriční kvalitu, chuť, trvanlivost, ale také bezpečnost (Williams et al., 2016). V některých případech však může zpracováním dojít k tvorbě antinutričních či toxických látek nebo ke zhoršení některých nutričních vlastností (Matiza Ruzengwe et al., 2022). Vzhledem k tomu, že mnohé studie uvádí rozdílné vlivy zpracování na biologickou dostupnost živin a jejich složení, předpokládá se, že důležitou roli hraje také druh hmyzu či místo jeho výskytu a zejména způsob zpracování (Mutungi et al., 2019). Manditsera et al. (2019) ve svém výzkumu, prováděném na brouku *Elepida mashona* a cvrčku *Henicus whellani* zjistili, že vařením dochází ke ztrátě bílkovin, ale i dalších významných látek jejich vyluhováním do vroucí vody. Z minerálních látek se jedná zejména o ztráty železa a zinku, přičemž dochází ke snížení jejich biologické dostupnosti až o 50 %. Pražení tyto ztráty nevykazuje a biologickou dostupnost živin neovlivňuje. Vaření také snižuje

obsah degradačních a potravinářských enzymů, čímž dochází ke zvýšení skladovatelnosti (Matiza Ruzengwe et al., 2022).

3.1.13 Využití hmyzu pro krmné účely

Poptávka po krmivech a jejich přísadách stále roste, přičemž je potřeba současné méně udržitelné zdroje bílkovin rozšířit či nahradit udržitelnějšími. V roce 2016 činila celosvětová produkce krmiv 1032,2 milionů metrických tun. Konkrétně 451,6 milionů byla krmiva pro drůbež, 272,4 milionů pro prasata, 221,1 milionů pro přežvýkavce, 39,9 milionů pro akvakulturu, 25 milionů pro domácí zvířata a zbylá produkce pro ostatní zvířata (Govorushko, 2019). Vzhledem k faktu, že hmyz je dobrým zdrojem bílkovin, je v současné době velká část produkce hmyzu využívána také ke krmným účelům. V lidské stravě figurují především mouční červi, cvrčci či kobyly, ke krmným účelům je hojně využívána zejména *Hermetia illucens*, *Musca domestica* či *Tenebrio molitor*. Nejčastěji využívanou proteinovou složkou krmiv je v současné době sójová či rybí moučka. Rybí moučka je čím dál méně dostupná a její náhrada rostlinnými bílkoviny je vzhledem k jejich horší stravitelnosti a obsahu antinutričních látek problematická, proto by mohl být živočišný protein získaný z rybí moučky nahrazen hmyzím proteinem (Van Huis, 2022). Proteinové přísady tvoří nejnákladnější složku krmiva (cca 70 % celkových nákladů na krmivo). Vzájemně si konkurují využitím jak v lidské stravě, tak v krmivech, proto je využívání alternativních proteinových zdrojů velmi zásadní pro trh s potravinami i krmivy (Egonyu et al., 2021). Využití hmyzu jako přísady krmiv není v současné době dostatečně prozkoumané a očekává se, že se vznikem přesnějších a spolehlivějších studií budou mít hmyzí moučky v krmivech mnohem důležitější roli, než pro jakou jsou v současné době využívány (Elahi et al., 2022).

Hmyz zpracováváný ke krmným účelům je nejprve usmrcen zmrazením či zahříváním a následně je sušen, mlet, extrahován olejem či hydrolyzován. Vysušený hmyz by měl mít před dalším zpracováním obsah vlhkosti okolo 4-5 %, aby nedocházelo k mikrobiologickému znehodnocení a degradaci živin (Hong et Kim, 2022).

3.1.13.1 Hmyz jako krmivo pro psy a kočky

Vzhledem k faktu, že kočky a psi jsou považováni za členy rodiny a jejich majitelé stále více hodnotí kvalitu, složení, čerstvost a nezávadnost krmiva, je trend alternativního zdroje bílkovin ve formě hmyzího proteinu stále více přenášen do nových krmných produktů pro domácí mazlíčky. V současných suchých krmivech jsou hlavním zdrojem bílkovin kafilerní produkty. Nejčastěji jsou to maso a vedlejší produkty z drůbeže, prasat, skotu, ryb či skopového. U mokrých krmiv pochází bílkoviny zejména ze zmrazeného masa a dalších živočišných tkání (Bosch et Swanson, 2021).

Využívanými druhy hmyzu do krmných směsí pro psy i kočky jsou *Tenebrio molitor*, *Hermetia illucens*, *Grylloides sigillatus* a *Musca domestica*, jejichž stravitelnost dusíku, pohybující se okolo 90 %, je téměř identická ve srovnání se stravitelností dusíku získaného z masové moučky. Krmiva uváděná na trh by měla být zdravotně nezávadná a nutričně

kompletní. Dopad krmiv na bázi hmyzu na nutriční stav a zdraví psů a koček není ale v současné době ještě dostatečně prostudován (Bosch et Swanson, 2021).

3.1.13.2 Hmyz jako krmivo pro drůbež

Drůbežářský sektor je ve srovnání s jinými systémy živočišné výroby populární zejména kvůli svým ekologickým i ekonomickým výhodám. V rámci inovace a zlepšení udržitelnosti tohoto odvětví je snahou přejít k udržitelným zdrojům bílkovin v krmivech a hmyz se jeví jako velmi dobrá alternativa (Dörper et al., 2021). Z celkových nákladů na produkci drůbeže tvoří náklady na krmivo cca 60-80 %, a proto je snahou nalézt adekvátní finančně dostupnější a udržitelnější alternativy (Elahi et al., 2022).

V současné době je v drůbežářském sektoru jako zdroj bílkovin nejvíce využívaná rybí a sójová moučka. Rybí moučka je však 4krát dražší než sójová, a proto je snahou ji nahradit. Pěstování sóji a dalších rostlinných zdrojů bílkovin vyžaduje velké množství vody a půdy. Ani jeden z těchto dvou hlavních, v současné době nejvíce používaných bílkovinných zdrojů, není dlouhodobě udržitelný a je nutné najít vhodnou alternativu, například právě v hmyzu (Dörper et al., 2021).

Hmyzí moučka obsahuje ve srovnání s běžnými krmivy vyšší množství esenciálních aminokyselin (Elahi et al., 2022). Hlavními navrženými druhy pro chov ke krmivářským účelům jsou *Hermetia illucens* a *Musca domestica*, které dokáží přeměnit nekvalitní organický odpad na hodnotnou tělesnou hmotu. Larvy tohoto hmyzu mají také pozitivní účinky na zdraví a pohodu drůbeže (Dörper et al., 2021). Dalšími často využívanými druhy hmyzu pro brojlerů a nosnice jsou cvrčci, kobylky, sarančata či bourec morušový (Elahi et al., 2022). Hmyzí moučka je v současné době velice drahá, avšak s rostoucím objemem její výroby se očekává pokles její nákladové ceny (FAO, 2021).

3.1.13.3 Hmyz jako krmivo pro prasata

Pro rok 2019 tvořilo krmivo pro prasata 23 % z celosvětové produkce krmiv. Nejběžnějším zdrojem ve výživě prasat je v současné době sójový šrot, avšak přechod k udržitelnějším proteinovým složkám krmiva má potenciál zlepšit udržitelnost produkce prasat jako takové (Veldkamp et Vernooij, 2021). Hmyz má jako složka krmiva ve výživě prasat zlepšit funkční vlastnosti, složení živin i využití (Hong et Kim, 2022).

Jako alternativní hmyzí zdroj bílkovin se pro výživu prasat využívají nejčastěji *Hermetia illucens*, *Tenebrio molitor* a *Musca domestica*, též z důvodu, že tyto druhy hmyzu mohou růst na organickém odpadu, či hnoji hospodářských zvířat. Mouční červi mohou bez negativních účinků nahradit rybí či sójovou moučku ve výživě prasat v období po odstavu. Stejně tak nahrazení běžných živočišných bílkovin mouchou *Hermetia illucens* nevedlo k žádnému negativnímu vlivu ani na růstovou užitkovost ani na kvalitu vepřového masa. Cena hmyzího proteinu ve srovnání se sójovou či rybí moučkou je však v současné době velmi vysoká. Doposud se prováděly pouze studie na čerstvě odstavených prasatech a využití hmyzích

produktů v dalších vývojových stádiích prasat je zatím předmětem zkoumání (Hong et Kim, 2022).

3.1.13.4 Hmyz jako krmivo pro vodní živočichy

Udržitelnost akvakultury je závislá na kvalitě krmiva pro ryby, které ve velkém množství využívá jako proteinovou složku rybí moučky. Vzhledem k tomu, že produkce akvakultury stále roste, není možné v takovém množství pokrývat potřebu rybí moučky (Arru et al., 2019). Rybí maso je vzhledem k nízkému obsahu tuku a vysokému obsahu nenasycených mastných kyselin považováno za jedno z nejzdravějších mas. Masožravé a všežravé ryby potřebují přijímat ve své potravě více bílkovin (cca 45 % a 55 %) než býložravé či detritofágní druhy (cca 45 % a 35 %), proto je v současné době přídavek sójové a zejména rybí moučky zásadním zdrojem bílkovin v jejich potravě (Nogales-Mérida et al., 2019).

Rybí moučka se přidává do krmiva pro vodní živočichy zejména pro zvýšení účinnosti krmiva, lepší chuť a zároveň zlepšuje příjem, trávení i vstřebávání živin. Na rybí moučku se zpracovává cca 30 % celkově ulovených ryb. Poptávka po ní se stále zvyšuje a dostupnost snižuje, čímž roste její cena a je nutné hledat nové alternativní zdroje bílkovin s podobnými nutričními hodnotami. Z rostlinných zdrojů je nejvíce dostupný a vyhovující sójový šrot, je však limitující v aminokyselinách obsahujících síru a obsahuje některé antinutriční látky, jako např. inhibitor trypsinu, antivitaminy či hemaglutinin (Barroso et al., 2014).

Jedlý hmyz obsahuje pro ryby potřebné esenciální aminokyseliny, mastné kyseliny, minerální látky i vitamíny. Pro ryby je esenciálních 10 aminokyselin, tj. arginin, leucin, izoleucin, histidin, lysin, methionin, valin, fenylalanin, threonin a tryptofan, a právě hmyzí moučka může částečně i úplně nahradit rybí i sójovou moučku také v akvakultuře (Nogales-Mérida et al., 2019). Z povolených druhů jsou dosud nejperspektivnějšími druhy *Tenebrio molitor*, *Hermetia illucens* a *Musca domestica*, kvůli možnosti velkochovu na vedlejších produktech s nulovým odpadem (Arru et al., 2019).

3.2 Saranče stěhovavá (*Locusta migratoria*) jako nová potravina a krmivo

Na světě se vyskytuje 21 druhů sarančí. Konzumováno či zkrmováno je 10 z nich (Egonyu et al., 2021). Saranče stěhovavá (*Locusta migratoria*) (Obr. 3.2) je živočich patřící do kmene členovců (Arthropoda), třídy hmyzu (Insecta) a řádu rovnokřídlých (Orthoptera), čeledi kobylkovitých (Acrididae). Patří mezi šestinohé s vnější kostrou – exoskeletem (Eilenberg et van Loon, 2018). Vyskytuje se sezónně ve volné přírodě v Africe, Asii, Austrálii a na Novém Zélandu (Sánchez-Muros et al., 2016). Celosvětově je lidmi konzumováno více než 80 druhů sarančat, kobylek a cvrčků (Makkar et al., 2014). Hmyz z řádu rovnokřídlých se živí rostlinnou stravou, proto lze sarančata chovat s jakýmkoliv zeleným produktem, jako je tráva či pšeničné otruby (Sun-Waterhouse et al., 2016). Jako potravinu označuje termín „saranče stěhovavá“ dospělého druhu *Locusta migratoria* (EFSA, 2021).

Obr. 3.2 – Saranče stěhovavá (*Locusta migratoria*)



Autor fotografie: Paul Van Hoof (2014), Nature Picture Libra

3.2.1 Legislativa

V roce 2021 Evropská komise schválila stanovisko k bezpečnosti *Locusta migratoria* jako nové potraviny dle nařízení (EU) 2015/2283 předložené panelem pro výživu, nové potraviny a potravinové alergeny EFSA (dále jen „panel NDA“). *Locusta migratoria* jako novou potravinu žadatel navrhl využívat ve třech formách, tj. zmrazené bez nohou a křídel, sušené bez nohou a křídel a celé s nohami a křídly. V sušené formě jsou hlavními složkami bílkoviny, tuk a vláknina, ve zmrazené formě je to voda, bílkoviny, tuk a vláknina. Cílovou populací je běžná populace. Proteiny *Locusta migratoria* mohou vyvolat pouze alergické reakce u subjektů, jež jsou alergičtí na roztoče, korýše či měkkýše. Žádné další zdravotní komplikace nebyly prokázány a panel NDA dospěl k závěru, že využití *Locusta migratoria* v daných formách jako nová potravina je bezpečné (EFSA, 2021).

Komise EU 12. listopadu 2021 vydala prováděcí nařízení Komise (EU) 2021/1975, kterým povoluje uvádění zmrazené, sušené a práškové formy *Locusta migratoria* jako nové potraviny dle nařízení EP a Rady (EU) 2015/2283 a kterým se mění prováděcí nařízení Komise (EU) 2017/2470. Tzn. od 5. prosince 2021 po dobu pěti let může žadatel, tj. společnost Fair Insect BV uvádět na trh v Evropské unii novou potravinu. Navrhované zmrazené, sušené a práškové formy *Locusta migratoria* byly schváleny jako bezpečné. Zhodnocení bezpečnosti

navrhovaných forem *Locusta migratoria* vycházelo z popisu výrobního procesu, analytických údajů o složení i kontaminantech, mikrobiologickém stavu a stabilitě, dále byl posouzen příjem a stravitelnost bílkovin, aminokyselinové skóre rozpustnost a sterilita. Pojmem zmrazená forma se rozumí blanširovaná a zmrazená *Locusta migratoria*, sušená forma znamená blanširovaná a lyofilizovaná *Locusta migratoria* a práškovou formou se rozumí blanširovaná, lyofilizovaná a rozemletá *Locusta migratoria* (Komise (EU), 2021).

Nové povolené formy *Locusta migratoria* lze použít do analogů masa, zpracovaných bramborových výrobků, pokrmů na bázi luštěnin a výrobků na bázi těstovin, polévek a koncentrovaných polévek, salátů, klobás, ořechů, olejnatých semen či cizrn, konzervovaných luštěnin a zeleniny, čokoládových cukrovinek, mražených fermentovaných výrobků či do nápojů podobných pivu a alkoholických nápojových směsí. Tab. 3.2 znázorňuje požadavky na obsah živin daných forem *Locusta migratoria* (Komise (EU), 2021).

Tab. 3.2 – Požadavky na obsah živin v přijatých formách *Locusta migratoria* (Komise (EU) (2021))

Parametry	Zmrazená forma	Sušená forma	Prášková forma
Popel (% hm.)	0,6-1,0	2,0-3,1	1,8-1,9
Vlhkost (% hm.)	67-73	≤ 5	≤ 5
Hrubý protein (% w/w)	11-21	43-53	50-60
Tuk (% w/w)	7-13	31-41	31-41
Nasyčené mastné kyseliny (% tuku)	35-43	35-43	35-43
Stravitelné sacharidy (% w/w)	0,1-2,0	0,1-2,0	1,0-3,5
Vláknina (% w/w)	1,5-3,5	5,5-9,0	5,5-9,0
Chitin (% w/w)	1,7-2,4	6,4-10,4	10,5-13,9
Peroxidové číslo (Meq O ₂ /kg tuku)	≤ 5	≤ 5	≤ 5

3.2.2 Běžný výskyt

Kobylky, včetně *Locusta migratoria* se vyskytují sezónně ve volné přírodě v Africe, Asii, Austrálii a na Novém Zélandu (Sánchez-Muros et al., 2016). Oproti ostatním kobylkám mají saranče dvě životní fáze, hemžící se stádovou fází, kde dochází ke kolektivní migraci a kryptickou osamělou fází. V hemžící se fázi tvoří saranče rozsáhlé migrační roje, které ničí pastviny a téměř veškerou úrodu, což má velmi negativní dopad na potravinovou bezpečnost a mohou způsobit i erozi půdy (Egonyu et al., 2021). Jeden roj může tvořit až 10 miliard jedinců a vážit až 30 000 tun (Makkar et al., 2014). V osamělé fázi mohou být saranče velmi prospěšné v mnoha ohledech. Formují strukturu rostlinného společenství, recyklují živiny, slouží jako zdroj potravy pro zvířata i lidi (Egonyu et al., 2021). Nejničivějším druhem sarančí jsou saranče pustinná (*Schistocerca gregaria*), které dokáží napáchat obrovské škody na úrodě (Van Huis, 2021a).

3.2.3 Strava

Locusta migratoria se živí zejména rostlinnou stravou, přičemž se ukázalo, že složení stravy má zásadní vliv na její nutriční složení (Salama, 2020). Oonincx a van der Poel (2010) ve svém experimentu zjistili, že druh stravy má vliv na chemické složení *Locusta migratoria*. Ke krmení byly využity 3 druhy diet: pouze tráva, tráva a pšeničné otruby a tráva, pšeničné otruby a mrkev. Přidání pšeničných otrub do krmiva zvýšilo množství tuku, ale snížilo obsah bílkovin oproti pouze travnaté stravě. Dieta fortifikovaná o pšeničné otruby a mrkev ještě více zvýšila množství tuku v těle saranče. Přidáním mrkve se ovšem zvýšil obsah β -karotenu v těle a při obou fortifikovaných dietách byl zvýšený také obsah retinolu v těle saranče.

3.2.4 Chov

Saranče má krátký životní cyklus, přičemž je schopna dosáhnout dospělosti do 4-8 týdnů, dle podmínek chovu. Mezi každou generací mohou zvýšit svůj počet 10-16krát (Clarkson et al., 2018). Kobyly a saranče se chovají primárně v průmyslovém prostředí pro potravinářský průmysl. V současné době je většina kobylyk a sarančí sklizena ve volné přírodě, případně v komerčním prostředí, kde se živí rostlinami. Ztížené podmínky pro chov a sklizeň způsobuje také schopnost kobylyk a sarančí létat a skákat (Dossey et al., 2016). Komerční chov sarančí, kobylyk i cvrčků pro potravinářské i krmné účely se rozvíjí zejména v jihovýchodní Asii. V Japonsku, Koreji nebo v Číně se kobylyky pro potravinářské účely sbírají na rýžových polích (Mohamed, 2015a). Kontrolovaný chov by mohl změnit chování, rychlost růstu, reprodukční schopnosti, konverzi krmiva, odolnost hmyzu vůči chorobám či samotnou chuť (Pandey et Poonia, 2018).

3.2.5 Sklizeň

Saranče a kobylyky jsou zejména denní živočichové, a proto je vhodné sklízet je v noci, za umělého osvětlení, nebo brzy ráno, kdy je nižší teplota a aktivita hmyzu je nízká (Makkar et al., 2014). Ke sklizni jsou v současné době využívány zákopy, zametací sítě, zametání košťaty či ruční sběr. Dalšími možnostmi sběru jsou osvětlené pasti či motorizované sací batohy. Pro efektivní sklizeň a zpracování je však nutné využívat speciální technologie (Egonyu et al., 2021). Snadněji se saranče sbírají v době rojení (Makkar et al., 2014). Sbírají se pouze okřídlení dospělci, kteří jsou následně usmrceni, usušeni a dále využíváni ke krmným či potravinovým účelům (Van Huis, 2021a). Sklizeň kobylyk a sarančí pro lidskou spotřebu a krmiva je zároveň způsob, jímž je možné dodržovat biologickou kontrolu hmyzu a snížit aplikaci chemických pesticidů a zamezit tak znečištění životního prostředí (Makkar et al., 2014).

3.2.6 Kulinární úprava

V Africe a Asii jsou například saranče a kobylyky považovány za delikatesu a jsou konzumovány vcelku, na některých trzích jsou podávány například na špejli (Mohamed, 2015a). Kobylyky a sarančata mají na svých holenních kostech trny, které mohou konzumentovi způsobit střevní problémy až zácpu, proto je před konzumací doporučeno obrousit či odstranit nohy a křídla (Makkar et al., 2014). V Evropě se konzumují spíše konvenční potraviny

smíchané se sarančí moučkou. Židé mají svým náboženstvím zakázáno konzumovat všechny druhy hmyzu kromě sarančí, kobylek a cvrčků (Egonyu et al., 2021). Za nejchutnější je považován hmyz pečený nebo smažený. Často používanými příchutěmi jsou ořechová, houbová, lesní, rybí či bramborová. Na evropském trhu lze zakoupit lyofilizovaný hmyz ochucený různým kořením či dochucovadly, jako například kari, česnekem, smaženou cibulkou či paprikou. Mimo slaných variant je možné zakoupit hmyz ve slanečném karamelu či čokoládě (Skotnicka et al., 2021).

3.2.7 Nutriční složení

Saranče jsou velmi výživné a jejich nutriční složení úspěšně konkuruje nutričnímu složení konvenčního masa. Obsahují významné množství bioaktivních proteinů, olejů, ale také chitin. Chitin může zhoršovat rozpustnost surového proteinu, a proto je u saranče konverzní faktor používaný k přepočtu dusíku na protein vypočítán na 5,33 oproti běžné hodnotě 6,25 využívané při konverzi dusíku na protein u konvenčních zdrojů (Egonyu et al., 2021).

Přesné údaje o složení sarančí jsou však vzácné a dostupné hodnoty se liší v závislosti na druhu, stravě, lokalitě výskytu, stádiu metamorfózy či způsobu zpracování (Clarkson et al., 2018). Tab. 3.3 porovnává výsledky jednotlivých studií autorů, kteří se zaměřili na složení těla *Locusta migratoria*. Obsah sušiny se pohyboval cca v rozmezí 92-98 % (Brogan et al., 2021; Clarkson et al., 2018; Mohamed, 2015a; Osimani et al., 2017; Purschke et al., 2018), to znamená, že saranče obsahují nízké množství vody a při správném dehydratování je možné je skladovat po delší dobu bez rizika kažení a mikrobiálního znehodnocení. Zároveň vzhledem k absenci vnitřní vápenaté kostry obsahují malé množství popela (Mohamed, 2015a). Obsah bílkovin v měřených vzorcích se pohyboval v rozmezí cca 50-72 %, obsah tuku v rozmezí cca 11-36 %. Obsah sacharidů se pohyboval od necelých 5 % do cca 14 % a obsah vlákniny se pohyboval okolo 12-15 %. Rozdíly mezi jednotlivými hodnotami byly ovlivněny místem původu jednotlivých vzorků, životním stádiem vzorku či krmivem (Brogan et al., 2021; Clarkson et al., 2018; Mohamed, 2015a; Osimani et al., 2017; Purschke et al., 2018).

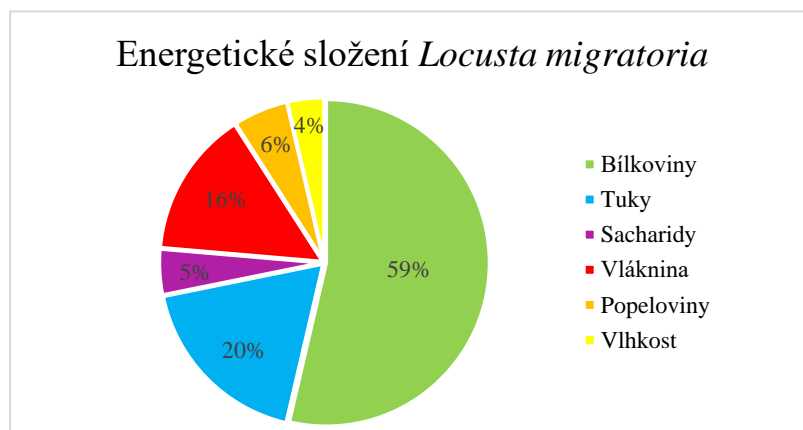
Tab. 3.3 – Porovnání nutričního složení těla *Locusta migratoria* (% suché hmotnosti)

Parametry	Průměr (%) ± SD dle Clarkson et al. (2018)	Průměr (%) ± SD dle Mohamed (2015a)	Průměr (%) ± SD dle Osimani et al. (2017) vz. Nizozemí	Průměr (%) ± SD dle Osimani et al. (2017) vz. Belgie	Průměr (%) ± SD dle Purschke et al. (2018)	Průměr (%) ± SD dle Brogan et al. (2021)
Hrubý protein	50,79 ± 0,69	50,42 ± 0,2	46,78 ± 0,76	53,69 ± 0,28	65,87 ± 0,42	71,20 ± 0,07
Hrubý tuk	34,93 ± 3,37	19,62 ± 0,8	35,32 ± 0,51	19,36 ± 0,61	23,81 ± 0,19	11,42 ± 1,11
Sacharidy	13,46 ± 4,53	4,78 ± 0,74	-	-	-	-
Popeloviny	2,42 ± 0,11	3,81 ± 0,5	2,34 ± 0,11	3,71 ± 0,12	3,09 ± 0,23	3,33 ± 0,03
Sušina	-	96,19 ± 0,2	97,58 ± 1,61	92,20 ± 1,01	96,35 ± 0,01	-
Vlhkost	-	3,81 ± 0,2	2,42 ± 0,04	7,80 ± 0,01	-	1,84 ± 0,01
Vláknina	-	15,65 ± 1,7	-	-	12,78 ± 0,87	-

3.2.7.1 Energetická hodnota

Dle studie Mohamed (2015a) se energetická hodnota *Locusta migratoria* pohybuje v rozmezí 480,3-500,3 kcal/100 g sušiny s průměrem 490,4±4 kcal/100 g sušiny. Čerstvá *Locusta migratoria* poskytuje více energie než sušená (Salama, 2020), přičemž 100 g čerstvé hmotnosti poskytuje dle FAO (2013) 179 kcal. Energetické složení 100 g sušeného prášku *Locusta migratoria* popisuje Graf 1.

Graf 1 – Energetické složení 100 g sušeného prášku *Locusta migratoria* (Salama, 2020)



3.2.7.2 Bílkoviny

Celkový obsah bílkovin v těle *Locusta migratoria* se pohybuje okolo 50-70 %. Příklady konkrétních dosud naměřených hodnot zobrazuje Tab. 3.3. *Locusta migratoria* vykazuje vysoce kvalitní aminokyselinový profil, přičemž dle Osimani et al. (2017) u řádu Orthoptera tvoří 47 % esenciální aminokyseliny a poměr esenciálních a neesenciálních aminokyselin je 0,9. Ve vzorcích, které ve své studii měřili Brogan et al. (2021) tvořily esenciální aminokyseliny 22 % celkového obsahu aminokyselin a Salama (2020) uvádí obsah esenciálních aminokyselin okolo 30 % z celkového obsahu aminokyselin.

Aminokyselinové složení esenciálních aminokyselin od jednotlivých autorů v porovnání s doporučením WHO je znázorněno v Tab. 3.4, přičemž s výjimkou methioninu splňuje obsah esenciálních aminokyselin v těle *Locusta migratoria* požadavky WHO na obsah esenciálních aminokyselin v potravě pro člověka. Tab. 3.5 zobrazuje obsah neesenciálních aminokyselin (Barroso et al., 2014; Brogan et al., 2021; Osimani et al., 2017; Purschke et al., 2018; WHO, 2007). Z doposud změřených výsledků lze proto říci, že *Locusta migratoria* je vysoce hodnotný zdroj bílkovin (Osimani et al., 2017).

Tab. 3.4 – Aminokyselinové složení (% celkových AMK) *Locusta migratoria* – esenciální aminokyseliny (g *EAA/100 g vzorku/sušiny)

Esenciální aminokyseliny	dle Barroso et al. (2014)	dle Osimani et al. (2017) (Nizozemsko)	dle Osimani et al. (2017) (Belgie)	dle Purschke et al. (2018)	dle Brogan et al. (2021)	WHO (2007)
Histidin	2,98	2,55	2,89	2,75	1,56	1,6
Izoleucin	5,27	4,50	4,70	4,79	2,92	1,3
Leucin	8,31	8,11	7,78	8,74	5,04	1,9
Lysin	6,33	5,50	5,70	5,44	3,64	1,6
Methionin	0,54	-	-	2,09 (+ Cys)	0,90	1,7
Fenylalanin	3,84	3,50	3,52	9,25 (+ Tyr)	2,03	1,9
Threonin	4,28	10,58	10,24	3,57	2,33	0,9
Tyrosin	4,48	5,09	4,90	-	3,63	-
Valin	7,01	8,21 (+ Met)	8,38 (+ Met)	7,88	4,18	1,3
Tryptofan	-	-	-	0,70	0,52	0,5

*EAA – esenciální aminokyseliny

Tab. 3.5 – Aminokyselinové složení (% celkových AMK) *Locusta migratoria* – neesenciální aminokyseliny (g *non-EAA/100 g vzorku/sušiny)

Neesenciální aminokyseliny	dle Barroso et al. (2014)	dle Osimani et al. (2017) (Nizozemsko)	dle Osimani et al. (2017) (Belgie)	dle Purschke et al. (2018)	dle Brogan et al. (2021)
Glycin	-	2,56	2,74	7,67	3,94
Arginin	7,58	5,64	5,51	7,08	3,84
Alanin	-	13,16	11,09	14,30	7,56
Prolin	7,46	6,40	6,91	-	4,31
Asparagová kyselina	-	7,90	7,99	8,30 (+ Asp)	4,74
Glutamová kyselina	-	12,28	14,39	13,06 (+ Glu)	6,20
Serin	-	4,60	4,56	4,38	2,22
Cystein	-	-	-	-	0,47

*non-EAA – neesenciální aminokyseliny

3.2.7.3 Tuky

Locusta migratoria se jeví jako velice dobrý zdroj tuku. Larvy a kukly obsahují celkově vyšší množství tuku než dospělí jedinci (Ojha et al., 2021). Ojha et al. (2021) uvádí obsah tuku 13,41 % v sušině, Mohamed (2015a) zjistila obsah hrubého tuku průměrně 19,62 % a Brogan et. al. (2021) naměřili 11,4% obsah lipidů v sarančí moučce.

Mohamed (2015b) stanovovala také profil mastných kyselin (MK) u *Locusta migratoria*. Celkem identifikovala 25 MK. Nejvíce zastoupenou nasycenou MK byla kyselina palmitová (29,5 %), dále kyselina stearová (7,3 %). Hlavní monoenoovou kyselinou byla kyselina olejová (38 %) a polyenoovou MK kyselina linolenová (11,7 %). Kyselina α -linolenová byla zároveň jedinou nalezenou n-3 mastnou kyselinou. Srovnání s výsledky, které zjistila Clarkson et al. (2018) a Osimani et al. (2017) vyobrazuje Tab. 3.6. Poměr n-6/n-3 MK byl v prvních dvou případech okolo 0,55. Vzorky z Nizozemska, které stanovoval Osimani et al. (2017) ve své studii vykazovaly poměr n-6/n-3 0,75. Doporučovaný poměr n-6/n-3 MK je okolo 1 (Clarkson et al., 2018).

Dle studie Mohamed (2015b) tvoří největší podíl MK v tkáních *Locusta migratoria* monoenoové MK tvořící 41,2 % celkového obsahu MK, nasycené MK tvořily 41 % a polyenoové MK tvořily 17,8 %. Clarkson et al. (2018) zjistili ve vzorku *Locusta migratoria* též nejvyšší obsah monoenoových MK, tj. 38,49 %, následoval obsah nasycených MK, které tvořily 37,22 % celkového množství MK a polyenoové MK se vyskytovaly ve 24,57% zastoupení. Vzorky z Belgie, které stanovoval Osimani et al. (2017) měly velmi podobný obsah výše zmíněných MK, avšak vzorky z Nizozemska obsahovaly vyšší obsah nasycených MK a naopak výrazně nižší podíl polyenoových MK. Obsah monoenoových MK byl velice podobný všem ostatním. Srovnání výsledků těchto 4 studií je vyobrazeno v Tab. 3.7.

Tab. 3.6 – Porovnání procentuálního zastoupení MK v těle *Locusta migratoria*

	dle Mohamed (2015b)	dle Clarkson et al.(2018)	dle Osimani et al. (2017) Nizozemsko	dle Osimani et al. (2017) Belgie
Celkový obsah SFA* (%)	41,0	37,22	50,00	38,11
Celkový obsah MUFA** (%)	41,2	38,49	37,27	32,33
Celkový obsah PUFA*** (%)	17,8	24,67	12,46	28,79

*SFA – nasycené MK

** MUFA – monoenoové MK

*** PUFA – polyenoové MK

Tab. 3.7 – Složení (%) vybraných MK *Locusta migratoria*

Mastná kyselina	dle Mohamed (2015b)	dle Clarkson et al.(2018)	dle Osimani et al. (2017) Nizozemsko	dle Osimani et al. (2017) Belgie
Myristová	1,90	2,69	2,21	1,97
Palmitová	29,52	27,30	35,32	25,30
Palmitoolejová	2,31	1,17	1,18	1,26
Stearová	7,33	7,23	10,80	9,88
Olejová	38	37,02	35,57	30,90
Linolová	5,24	8,94	12,15	17,08
α -linolenová	11,69	15,64	3,02	16,24

Locusta migratoria obsahuje typické třídy lipidů, tzn. triacylglyceroly, volné mastné kyseliny, cholesterol a fosfolipidy. Triacylglyceroly jsou energetickou rezervou v době vysoké energetické náročnosti a tvoří asi 80 % celkového obsahu tuku, druhou nejzastoupenější skupinou jsou fosfolipidy, které tvoří méně než 20 %, avšak mají zásadní roli ve struktuře buněčných membrán (Tzompa-Sosa et al., 2014).

V těle *Locusta migratoria* byly též detekovány trans izomery MK. Konkrétně Osimani et al. (2017) detekovali trans izomery kyseliny olejové a kyseliny linolové a Tzompa-Sosa et al. (2014) detekovali trans izomery kyseliny palmitoolejové a olejové.

3.2.7.4 Sacharidy

Obsah sacharidů je obecně u hmyzu velice nízký. *Locusta migratoria* obsahuje cca 4-6 % sacharidů. Hlavní sacharidovou složkou je chitin, který tvoří cca 17 % těla dospělého jedince, u larev a kukel je tento obsah nižší. Chitin je rovněž považován za hlavní složku nerozpustné vlákniny v těle. Obsah vlákniny v těle *Locusta migratoria* se pohybuje okolo 16 % (Salama, 2020). Podle (Mohamed, 2015a) se obsah sacharidů *Locusta migratoria* pohybuje v rozmezí 4,05-5,51 % a obsah vlákniny v rozmezí 14,21-17,09 %.

3.2.7.5 Minerální látky

Saranče a kobyly mají vysoký obsah hořčíku a obsahují i významné množství mědi, manganu a zinku (Lange et Nakamura, 2021). Mohamed (2015) ve své studii uvádí obsah fosforu ve 100 g sušiny *Locusta migratoria* 27-33 ppm. Obsah dalších minerálií, tj. železo, zinek, hliník, bor, baryum, chrom, olovo, kobalt a mangan, se pohyboval od 0,04 do 2 ppm (viz Tab. 3.8). Dle Salama (2020) se celkový obsah minerálií ve 100 g sušiny *Locusta migratoria* pohybuje v rozmezí 8-20 mg. *Locusta migratoria* obsahuje podobné množství zinku jako hovězí, vepřové nebo skopové maso. Sun-Waterhouse et al. (2016) uvádí též obsah železa 8-20 mg na 100 g sušiny. Obsah těžkých kovů je srovnatelný s běžnými potravinami, např. ovocem či zeleninou (Egonyu et al., 2021). Williams et al. (2016) měřili ve své studii obsah jiných minerálních látek, než Mohamed (2015a) a v jiné technologické úpravě, viz Tab. 3.9. Jejich stanovované vzorky pocházely z pražené *Locusta migratoria*, přičemž v největším množství byl ve vzorcích zastoupen draslík, následně fosfor, vápník, hořčík či sodík.

Tab. 3.8 – Obsah minerálních látek v tkáních sušené *Locusta migratoria* (ppm) dle Mohamed (2015a)

	ppm
P	29,58 ± 4,32
Ba	2,192 ± 0,36
Zn	0,879 ± 0,09
Fe	0,554 ± 0,03
Al	0,443 ± 0,01
B	0,298 ± 0,06
Pb	0,213 ± 0,09
Cr	0,060 ± 0,1
Co	0,060 ± 0,01
Mn	0,040 ± 0,01

Tab. 3.9 – Obsah minerálních látek v pražené *Locusta migratoria* (ppm) dle Williams et al. (2016)

	ppm
Na	550
K	5450
Ca	900
P	4240
Mg	620
Zn	84
Cu	30
Mn	14,6

3.2.7.6 Vitaminy

V tukových tkáních a hemolymfě *Locusta migratoria* byly detekovány karotenoidy, zejména β -karoten (Salama, 2020). Dále obsahuje vitamin D₃, B₁₂, naopak není prokázán obsah vitaminů B₁, B₂, B₃ ani B₆ (Egonyu et al., 2021). Obsah vitaminu D₃ je u dospělých sarančat 2krát vyšší než u nymf. Pokud je hmyz vystaven UV záření, obsah tohoto vitaminu se ještě zvětšuje (Salama, 2020). Schmidt et al. (2019) metodou ultra-vysokoúčinné kapalinové chromatografie zjistili, že *Locusta migratoria* obsahuje 0,84 μ g vitaminu B₁₂ ve 100 g sušiny. Obsah retinolu se pohybuje v rozmezí 0,1 a 0,2 mg/kg sušiny (Salama, 2020).

3.2.8 Biologicky aktivní látky

Locusta migratoria obsahuje ve svém těle biologicky aktivní látky, což jsou látky vykazující pozitivní, ale i negativní biologické účinky na organismus. Jednou z těchto látek je chitin, který je schopný absorbovat toxiny. Má vysokou nutriční hodnotu, zlepšuje peristaltiku střev, podporuje imunitu, zabraňuje zvyšování krevního tlaku, podporuje hojení ran, je dobrým antikoagulantem, či snižuje hladinu cholesterolu a triacylglycerolů v krvi (Salama, 2020).

Dalšími biologicky aktivními látkami v těle *Locusta migratoria* jsou některé vitaminy (Salama, 2020). Konkrétně vitamin B₁₂, kterého je potřeba přijmout relativně malé množství, avšak i splnění denního limitu jeho příjmu je mnohdy složité (Schmidt et al., 2019) a jehož nedostatek způsobuje neurologické a srdeční poruchy a anémie. Dále vitamin A, jež má pozitivní vliv na pokožku, vitamin D, který má zásadní roli v apoptóze, buněčné imunitě a proliferaci, dále je důležitý pro správné zdraví kostí a kůže a chrání před rakovinnými a autoimunitními srdečními chorobami. Vitamin D je také důležitý pro vstřebávání Ca, Mg a fosfátů ve střevě. Dalšími bioaktivními látkami v těle *Locusta migratoria* jsou karotenoidy, jež zvyšují imunitní reakce těla a jsou důležité pro ochranu před rakovinnými onemocněními a antioxidantní peptidy, které mají antiradikálovou aktivitu a chelatační schopnosti s kovovými ionty. Díky obsahu antioxidantních peptidů by *Locusta migratoria* mohla být přirozenou terapií v boji s kardiovaskulárními onemocněními, neurodegenerativními a chronickými onemocněními ledvin, cukrovkou či rakovinou, jejichž působení je úzce spojeno s oxidačním stresem (Salama, 2020).

3.2.9 Porovnání nutričního složení s konvenčními zdroji

Locusta migratoria je vysoce hodnotný zdroj bílkovin a je možné jej nutričně srovnávat s živočišnými i rostlinnými zdroji potravy (Mohamed, 2015a; Williams et al., 2016; Zieľínska et al., 2015). Jeví se být také velmi dobrým bílkovinným zdrojem do současných konvenčních krmiv (Barroso et al., 2014).

3.2.9.1 Porovnání s živočišnými zdroji potravy

Podle obsahu hrubého proteinu, tuků a kalorické hodnoty, je možné *Locusta migratoria* výživově srovnávat s hovězím, jehněčím či kuřecím masem, s rybami, mlékem i vejci

(Mohamed, 2015a). Stravitelnost hmyzích bílkovin se pohybuje v rozmezí 76-98 %, což se velice blíží stravitelnosti bílkovin u hovězího masa (98 %) či vejce (95 %) (Gravel et Doyen, 2020; Kouřimská a Adámková, 2016). Procentuální podíl hlavních živin konvenčních živočišných zdrojů bílkovin v porovnání s *Locusta migratoria* uvádí Tab. 3.10.

Tab. 3.10 – Porovnání hlavních nutrientů konvenčních živočišných zdrojů bílkovin s *Locusta migratoria* (g/100 g)(Mohamed, 2015a*; Williams et al., 2016)

Zdroj proteinů	Vlhkost	Protein	Tuk	Vláknina	Popeloviny
<i>Locusta migratoria</i> *	3,81	50,42	19,62	15,65	3,81
Hovězí maso	65,81	17,37	17,07	0	0,86
Vepřové maso	64,46	15,41	17,18	0	0,79
Kuřecí maso	73,24	17,44	8,10	0	1,17
Vejce	76,15	12,56	9,51	0	1,06
Losos	68,50	19,84	6,34	0	2,54
Mléko	87,69	3,28	3,66	0	6,08
Sušené mléko	2,47	26,32	26,71	0	0,72

Hmyz obsahuje poměrně vysoké množství vlákniny, které jej v kombinaci s vysokým obsahem bílkovin činí hodnotnější než jiné vysoce bílkovinné potraviny, kterými jsou například maso, ryby či vejce, které vlákninu neobsahují (Williams et al., 2016).

Locusta migratoria obsahuje oproti hovězímu, vepřovému a skopovému masu například vitamin D₃, B₁₂, a naopak není prokázán obsah vitaminů B₁, B₂, B₃ ani B₆ (Egonyu et al., 2021). V Tab. 3.11 je s konvenčními živočišnými zdroji bílkovin porovnán také obsah minerálních látek. *Locusta migratoria* se v tomto srovnání vyznačuje zejména vysokým obsahem draslíku, po sušeném polotučném mléce i vysokým obsahem fosforu, oproti ostatním zdrojům vyšším množství zinku, mědi či manganu. Oproti běžným živočišným zdrojům nebyl ve stanovovaném vzorku *Locusta migratoria* detekován jód, selen, chlor ani železo. Obsah ostatních minerálních látek byl podobný konvenčním zdrojům dle daného druhu (Williams et al., 2016).

Tab. 3.11 – Srovnání obsahu některých minerálních látek *Locusta migratoria* s obsahem těchto minerálních látek v běžně konzumovaných zdrojích bílkovin (mg/100 g sušiny) (Williams et al., 2016)

	Minerální látky										
	Na	K	Ca	P	Fe	Mg	Zn	Cu	Mn	Se	I
<i>Locusta migratoria</i> (pražená)	55	545	90	424	-	62	8,4	3,0	1,46	-	-
Hovězí maso	57	246	7	122	1,69	17	3,59	0,062	0,015	12,1	-
Vepřové maso	58	297	14	181	0,91	20	2,28	0,047	0,010	24,6	-
Kuřecí maso	60	522	6	178	0,82	21	1,47	0,065	0,016	10,2	0,016
Vejce	142	138	56	198	1,75	12	1,29	0,072	0,028	30,7	-
Losos	44	490	12	200	0,8	29	0,64	-	-	-	-
Plnotučné mléko	49	151	119	93	0,05	13	0,38	0,010	0,004	2,0·10 ⁻³	-
Plnotučné mléko (sušené)	371	1330	912	776	0,47	85	3,3	0,250	0,016	36,5	-

3.2.9.2 Porovnání s rostlinnými zdroji potravy

Z rostlinných potravin jsou velmi dobrými zdroji bílkovin luštěniny, kterými jsou mnohdy fortifikovány různé komerční potravinářské produkty. Hmyzí bílkoviny jsou však z nutričního hlediska hodnotnější, protože obsahují všechny esenciální aminokyseliny (Zielińska et al., 2015). Rostlinný protein neobsahuje všechny esenciální aminokyseliny, a proto je ho potřeba pro plnohodnotnou výživu kombinovat s jinými zdroji bílkovin (Gravel et Doyen, 2020). Zároveň hmyz má vyšší celkový obsah bílkovin než například fazole (23,5 g/100 g bílkovin), čočka (26,7 g/100 bílkovin) nebo i sója (41,1 g/100 bílkovin) (Zielińska et al., 2015). Hmyzí bílkoviny jsou zároveň ve srovnání s rostlinnými zdroji stravitelnější. Příkladem je stravitelnost čočky 52 %, arašídů 66 %, sóji 78 %, celé pšenice 46 %, kukuřice 37 %, zeleniny 73 % či ovoce 64 % (Arya et al., 2016; Skotnicka et al., 2021; Suárez López et al., 2006).

Locusta migratoria i další hmyz ve srovnání s rostlinnými zdroji obsahuje vyšší množství vlákniny (Williams et al., 2016). Porovnání *Locusta migratoria* s rostlinnými zdroji vlákniny je vyobrazeno v Tab. 3.12. Hmyz může také poskytovat vyšší kalorickou hodnotu než například kukuřice či sójové boby (Skotnicka et al., 2021).

Tab. 3.12 – Porovnání obsahu vlákniny *Locusta migratoria* s rostlinnými zdroji (g/100 g) (Mohamed, 2015a*; Williams et al., 2016)

Potravina	Obsah vlákniny
<i>Locusta migratoria</i> *	15,65
Salát	1,3
Ovesné vločky	10,1
Hrášek (vařený)	5,5
Fazole (vařené)	2,9
Ananas	1,4
Sójové mléko	0,6

3.2.9.3 Porovnání s konvenčními krmivými

Nejčastěji využívaným zdrojem bílkovin do krmiv je v současné době rybí a sójová moučka. Porovnání vybraných živin daných mouček s moučkou z *Locusta migratoria* vyobrazuje Tab. 3.13. V porovnání s rybí i sójovou moučkou přidávanou do běžně dostupných krmiv obsahuje moučka z *Locusta migratoria* výrazně vyšší množství tuku a naopak, nižší množství popelovin. Obsah bílkovin v moučce z *Locusta migratoria* je srovnatelný s obsahem bílkovin v sójové moučce. Rybí moučka obsahuje vyšší množství proteinů. Bezdušičkatých sloučenin obsahuje nejvíce z porovnávaných sójová moučka, avšak moučka z *Locusta migratoria* má vyšší obsah bezdušičkatých sloučenin než moučka rybí (Barroso et al., 2014).

Tab. 3.13 – Porovnání základních živin (g/100 g) *Locusta migratoria* s rybí a sójovou moučkou (Barroso et al., 2014)

	Popeloviny	Hrubý tuk	Hrubý protein	Extrakt bez dusíku*
<i>Locusta migratoria</i>	4,0 ± 0,0	29,9 ± 0,5	58,5 ± 0,5	7,6 ± 0,1
Rybí moučka	18,0 ± 0,2	8,2 ± 0,0	73,0 ± 0,8	0,8 ± 0,7
Sójová moučka	7,8 ± 0,0	3,0 ± 0,0	50,4 ± 0,2	38,8 ± 0,3

*Extrakt bez dusíku se rozumí sacharidy, cukry, škroby, vláknina a chitin

Porovnání obsahu aminokyselin vyobrazuje Tab. 3.14. Aminokyselinový profil *Locusta migratoria* byl s výjimkou fenyalaninu, prolinu, tyrosinu a valinu velice podobný aminokyselinovému profilu sójové moučky. Rybí moučka obsahovala oproti moučce z *Locusta migratoria* vyšší obsah histidinu, lysinu, methioninu, fenyalaninu a threoninu, naopak nižší obsah leucinu, prolinu a valinu. Obsah argininu, izoleucinu a tyrosinu byl velice podobný. Celkově lze říci, že všechny 3 porovnávané bílkovinné zdroje mají vysoce kvalitní aminokyselinový profil. Tab. 3.15 ukazuje srovnání mastných kyselin *Locusta migratoria* ve srovnání se dvěma analyzovanými moučkami (Barroso et al., 2014).

Tab. 3.14 – Obsah aminokyselin (% celkového obsahu aminokyselin) (Barroso et al., 2014)

	Arg	His	Ile	Leu	Lys	Met	Phe	Pro	Thr	Tyr	Val
<i>Locusta migratoria</i>	7,58	2,98	5,27	8,31	6,33	0,54	3,84	7,46	4,28	4,48	7,01
Rybí moučka	7,42	7,86	5,04	7,81	8,78	2,93	5,38	4,76	6,26	3,91	5,56
Sójová moučka	8,03	3,28	5,47	8,01	6,34	1,01	5,79	4,99	4,17	2,93	5,45

Tab. 3.15 – Obsah vybraných MK (% celkového obsahu MK) (Barroso et al., 2014)

	Myristová	Palmitová	Stearová	Palmitoolejová	Olejová	Linolová	α-linolenová
<i>Locusta migratoria</i>	2,3 ± 0,1	28,4 ± 0,1	5,8 ± 0,1	2,5 ± 0,1	45,3 ± 0,6	11,2 ± 0,2	4,7 ± 0,1
Rybí moučka	7,9 ± 0,4	23,0 ± 0,6	5,3 ± 0,1	7,9 ± 0,3	8,4 ± 0,1	1,1 ± 0,1	0,2 ± 0,3
Sójová moučka	0	15,1 ± 0,2	4,8 ± 0,4	0	14,3 ± 0,3	48,5 ± 0,6	6,9 ± 0,2

4 Materiál a metody

4.1 Materiál

4.1.1 Saranče stěhovavá (*Locusta migratoria*)

Locusta migratoria byla chována při teplotě 28-30 °C za přítomnosti spotových žárovek, aby měli jedinci možnost se lokálně vyhřát až na 40 °C. Locusty byly krmeny kuřecím krmivem (vyrobena ve spolupráci s Demonstračním a experimentálním centrem Fakulty agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů České zemědělské univerzity v Praze) a otrubami. Složení kuřecího krmiva bylo: pšenice 78 %, sójový šrot 17,6 %, řepkový olej 1,8 %, vápenec 1,0 %, fosforečnan vápenatý 0,7 %, vitamínový premix 0,5 %, uhličitan sodný 0,4 % a sůl 0,1 %. Každý den dostávali jedinci čerstvou trávu a k napojení hydrogel. Při chovu byla dodržována světelná perioda 15 hodin světla a 9 hodin tmy. Locusty byly sklizeny 70. den života.

4.1.2 Chemikálie

- kyselina sírová 96% p.a. (Penta)
- tablety pro stanovení dle Kjeldahla (Buchi)
- peroxid vodíku 30% p.a. (mikroCHEM)
- červeň methylová (Lachner)
- zeleň bromkresolová (Fischer Scientific)
- ethanol (VWR)
- petrolether (VWR)
- kyselina dusičná (Analpure®)
- peroxid vodíku (Rotipuran®)
- ultračistá voda ($\geq 18,2 \text{ M}\Omega/\text{cm}$, Millipore)
- kalibrační roztoky a víceprvkový roztok (ASTASOL-MIX)

4.1.3 Použité přístroje

- analytická váha (AE 200; METTLER)
- Kjeltec TM 2400 analyzér (FOSS)
- lyofilizátor (Coolsafe; Scanvac)
- muflová pec (LMH; LAC)
- Soxhletův extraktor (SER 148; MEZOS)
- sušárna (Memmert; VERKON)
- topné hnízdo (Foss)
- mlýnek (Retsch)
- mikrovlnné rozkladné zařízení (Discover SP-D, CEM Corp., USA)
- hmotnostní spektrometr s indukčně vázaným plazmatem (ICP-MS, Agilent 7700x, Agilent Technologies Inc., USA)

4.2 Metody

4.2.1 Příprava vzorků pro následné analýzy

4.2.1.1 Lyofilizace

Sklizené saranče stěhovavé byly postupně odebírány do předem zvážené vzorkovnice o objemu 50 ml. Vzorkovnice byla naplněna cca po 40 ml a poté byla na analytických vahách zjištěna její hmotnost včetně vzorku. Následně byly vzorky na 24 hodin vloženy do mrazícího zařízení nastaveného na teplotu -80 °C a poté na 72 hodin do lyofilizátoru. Po skončení lyofilizace byla změřena hmotnost vzorků po lyofilizaci. Výhodou lyofilizace oproti běžnému sušení je zachování širokého spektra látek, které by klasickým sušením mohly být znehodnoceny. Lyofilizací je odpařena většina vody, nikoliv ale 100 %, proto je nutné stanovit sušinu dodatečně.

4.2.1.2 Homogenizace vzorků

Lyofilizované vzorky byly následně homogenizovány (rozemlety) za použití kávového mlýnku.

4.2.2 Stanovení sušiny

Sušina byla stanovena dle nařízení komise (ES) č. 152/2009. Den před samotným stanovením byly porcelánové misky vloženy do sušárny nastavené na teplotu 103,5 °C. Následující den byly misky vyndány ze sušárny a přesunuty do exikátoru, kde cca 1 hodinu chladly. Následně byly prázdné vychladlé misky zváženy na analytické váze. Jejich hmotnost byla zaznamenána. Poté byl do misek navážen vzorek. Bylo naváženo cca 3-5 g vzorku. Každé stanovení bylo provedeno 3krát. Hmotnost misky se vzorkem byla opět zaznamenána. Misky se vzorkem byly následně umístěny do sušárny nastavené na 103,5 °C a vzorky byly sušeny přes noc do konstantní hmotnosti (až 24 hodin). Následující den byly misky vyndány ze sušárny a vloženy do exikátoru k vychladnutí. Vychladlé misky byly zváženy a hmotnost zaznamenána.

4.2.3 Stanovení popelovin

Popeloviny byly stanoveny dle nařízení komise (ES) č. 152/2009. Ke stanovení popelovin byly využity vzorky sušiny v porcelánové misce. Pro zjištění obsahu popelovin byly misky se vzorky vloženy do muflové pece, kde byly přes noc spáleny při 550 °C. Misky se zpopelněnými vzorky byly následně opět vychlazeny v exikátoru (cca 1 hodinu), poté byly zváženy na analytických vahách a jejich hmotnost byla zaznamenána.

4.2.4 Stanovení tuku dle Soxhleta

Obsah tuku byl stanoven dle Soxhleta (Soxhlet 1879). Tuk byl stanoven pomocí Soxhletova extraktoru v lyofilizovaných a zhomogenizovaných vzorcích. Každé stanovení bylo provedeno 3krát. Den před vlastní analýzou byly vzorky v miskách, popsaných čísly, vloženy do sušárny nastavené na teplotu 103,5 °C a přes noc usušeny. Následující den byly vzorky vyndány ze sušárny a přesunuty k vychlazení do exikátoru. Vychladlé misky se vzorky byly

zváženy a hmotnost zaznamenána. Patrony byly označeny shodnými čísly jako čísla kelímků. Do papírových patron bylo naváženo 4-5 g vzorku, který byl poté zakryt vatou. Následně byly patrony ve správném pořadí umístěny do Soxhletova extraktoru. Pod patrony byly ve správném pořadí umístěny skleněné vzorkovnice se 70 ml petroletheru. Doba celkové extrakce byla cca 100 minut. Následně byly patrony i skleněné vzorkovnice vyjmuty. Po skončení extrakce byly skleněné vzorkovnice s vyextrahovaným tukem vloženy na 1 hodinu do sušárny při teplotě 103,5 °C pro odstranění zbytkového petroletheru a po vysušení byly vzorky přeneseny k vychlazení do exsikátoru. Po vychladnutí byly vzorky zváženy a hodnoty zaznamenány.

4.2.5 Stanovení hrubých bílkovin dle Kjeldahla

Obsah bílkovin byl stanoven metodou dle Kjeldahla (ISO 1871:2009). Nejprve bylo naváženo 0,2 g vzorku do skleněné tuby. Ke vzorku byla přidána 1 titanová tableta a 10 ml kyseliny sírové (96%). Obsah tuby byl lehce promíchán a těsně před vložením do přístroje bylo přidáno ještě 2×5 ml peroxidu vodíku. Následně byly tuby vloženy do digestoře, do topného hnízda předehřátého na 420 °C a vzorky byly 45 minut mineralizovány. Po vychladnutí byl každý vzorek doředěn 10 ml destilované vody a následně byly vzorky vloženy do přístroje Kjeltec[™] 2400 analyzátor. Pro výpočet obsahu hrubé bílkoviny byl použit univerzální přepočítávací faktor 6,25.

4.2.6 Stanovení obsahů Mg, Ca, Mn, Fe, Cu, Zn a Se metodou ICP-MS

Lyofilizované vzorky *Locusta migratoria* ve formě homogenního prášku byly naváženy (150 mg) s přesností 0,1 mg do křemenných zkumavek. Ke vzorkům byly přidány 4 ml HNO₃ a 2 ml H₂O₂. Zkumavky byly opatřeny magnetickými míchadly a zavíčkované. Vzorky byly mineralizovány v uzavřeném mikrovlnném rozkladném zařízení (Discover SP-D, CEM Corp., USA) při aplikaci teplotního programu: ohřev na 180 °C v průběhu 9 min, následně udržení 180 °C po dobu 10 min. Výsledné mineralizáty byly naředěny ultračistou vodou ($\geq 18,2 \text{ M}\Omega/\text{cm}$) na konečný objem 45 ml, dle potřeby byly dodatečně naředěny 10krát. Ve zředěných mineralizátech byla stanovena koncentrace Mg, Ca, Mn, Fe, Cu, Zn a Se technikou hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP-MS, Agilent 7700x, Agilent Technologies Inc., USA).

Konfigurace ICP-MS zahrnovala autosampler ASX-500, koncentrický zmlžovač MicroMist, dvouplášťovou Scottovu mlžnou komoru, oktapólovou kolizní/reakční celu a kvadrupólový hmotnostní analyzátor. Měření probíhalo v režimu tzv. heliového módu. Ke kalibraci ICP-MS byla použita metoda externí kalibrace pomocí komerčních roztoků o certifikované koncentraci stanovovaných analytů (ASTASOL-MIX). Pro korekci vlivu matrice a driftu signálu analytů v čase byla použita metoda interního standardu s využitím víceprvkového roztoku obsahujícího 100 µg/l Ge, Rh, In a Lu (ASTASOL-MIX), který byl kontinuálně přiváděn do zmlžovače spolu se vzorky. Naměřené hodnoty koncentrací byly přepočteny na navážku sušiny vzorku (stanovena při 105 °C) a aplikované ředění. Správnost výsledků analýzy byla ověřena paralelní analýzou certifikovaného referenčního materiálu hovězích jater (BCR-185R) a broskvových listů (SRM-1547, NIST).

4.2.7 Stanovení aminokyselin

Obsah aminokyselin byl stanoven externě laboratoří Eurofins, akreditovanou Českým institutem pro akreditaci – akreditační číslo 1546. Jednotlivé aminokyseliny byly stanoveny pomocí iontové chromatografie s UV detektorem. Tryptofan byl stanoven za využití kapalinové chromatografie s fluorescenčním detektorem.

4.2.8 Senzorické hodnocení jedlého hmyzu – dotazníkové šetření

V rámci akce Noc vědců 2022 na České zemědělské univerzitě v Praze byl vytvořen dotazník ohledně sensorického hodnocení jedlého hmyzu. K dispozici byly 3 druhy jedlého hmyzu vcelku praženého na pánvi (cvrček domácí – *Acheta domestica*, moučný červ – *Tenebrio molitor* a saranče stěhovavá – *Locusta migratoria* (viz.Obr. 4.1), čokoládové sušenky se skrytou formou *Acheta domestica* a perník se skrytou formou *Tenebrio molitor*. Celkem bylo osloveno 50 respondentů různého pohlaví, různé věkové kategorie i různého vzdělání, kterým bylo položeno níže uvedených 5 otázek. Cílem průzkumu bylo zjistit postoje veřejnosti k jedlému hmyzu, nabídnout veřejnosti možnost hmyz ochutnat a porovnat velikostně menší a častěji konzumované druhy hmyzu (dospělce *A. domestica* a larvy *T. molitor*) s větším, a ne tak běžně konzumovaným druhem hmyzu (*L. migratoria*). Bylo také sledováno, jaká forma hmyzu (zjevná – skrytá) bude hodnotiteli lépe přijímána. Zde bohužel nebyl dostatek sarančat pro přípravu skryté formy, takže ta byla ke konzumaci nabízena jen ve formě zjevné.

Položené otázky:

1. Konzumoval/a jste někdy jedlý hmyz?
2. Jaký je Váš postoj k jedlému hmyzu?
3. V jaké formě nejvíce preferujete konzumaci jedlého hmyzu?
4. Jakým zážitkem pro Vás bylo ochutnání jedlého hmyzu?
5. Který hmyz Vás nejvíce zaujal/nejvíce Vám chutnal?

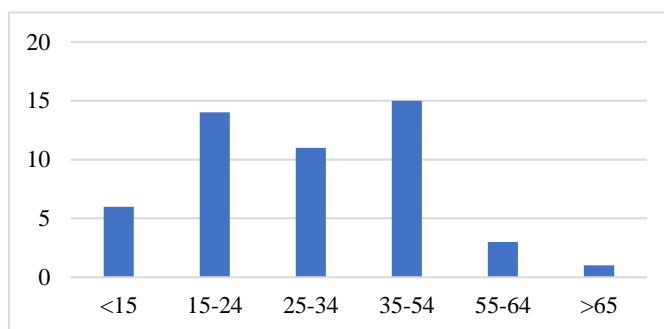
4.2.8.1 Věk respondentů

V Tab. 4.1 je znázorněn počet respondentů daných věkových kategorií a procentuální vyhodnocení. Tyto informace jsou znázorněny na Grafu 2.

Tab. 4.1 – Věk respondentů

Věk	Počet	%
<15	6	12
15-24	14	28
25-34	11	22
35-54	15	30
55-64	3	6
>65	1	2

Graf 2 – Věk respondentů (vlastní zpracování)



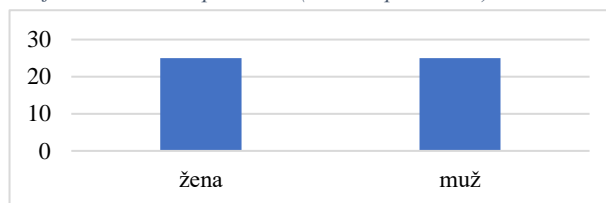
4.2.8.2 Pohlaví respondentů

V Tab. 4.2 je znázorněn počet respondentů rozdělených dle pohlaví a procentuální vyhodnocení. Tyto informace jsou znázorněny na Grafu 3.

Tab. 4.2 – Pohlaví respondentů

Pohlaví	Počet	%
Žena	25	50
Muž	25	50

Graf 3 – Pohlaví respondentů (vlastní zpracování)



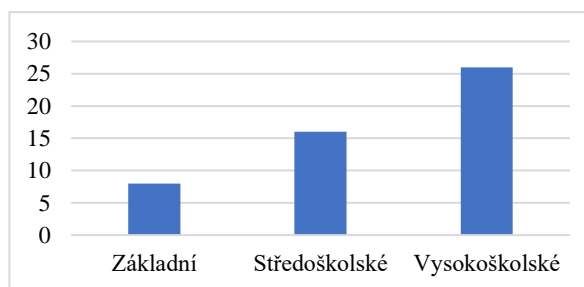
4.2.8.3 Vzdělání respondentů

V Tab. 4.3 je znázorněn počet respondentů rozdělených dle vzdělání a procentuální vyhodnocení. Tyto informace jsou znázorněny na Grafu 4.

Tab. 4.3 – Vzdělání respondentů

Vzdělání	Počet	%
Základní	8	16
Středoškolské	16	32
Vysokoškolské	26	56

Graf 4 – Vzdělání respondentů (vlastní zpracování)



Obr. 4.1 – Saranče stěhovavá (*Locusta migratoria*) připravovaná ke konzumaci na akci Noc vědců 2022 (foto vlastní)



4.2.9 Použité statistické metody

Statistické vyhodnocení dotazníkového šetření bylo provedeno pomocí programu STATISTICA 12 (StatSoft CR s.r.o.). V případech prokázané statistické závislosti jsou data vyhodnocena pomocí grafu. V případech, kde výsledkem nebyl statisticky významný rozdíl, jsou data vyhodnocena pomocí procent. Závislosti všech hodnocených aspektů na pohlaví, věku a vzdělání byly vyhodnoceny programem STATISTICA 12 (StatSoft CR s.r.o.), pomocí Pearsonova M-V chí-kvadrátu, na hladině významnosti $\alpha = 0,05$.

5 Výsledky

5.1 Sušina

Obsah sušiny zjištěný z rozdílu hmotností před lyofilizací a po ní, v těle *Locusta migratoria* byl 28,02 g/100 g. Tři po sobě jdoucí měření včetně průměru a směrodatné odchylky jsou zaznamenána v Tab. 5.1. Po lyofilizaci vzorku byl zjištěn obsah sušiny lyofilizovaných vzorků *Locusta migratoria* 97,71 g/100 g. V Tab. 5.2 je zaznamenán obsah sušiny lyofilizovaných vzorků *Locusta migratoria*. Měření bylo provedeno 3krát a následně byl vypočítán aritmetický průměr a směrodatná odchylka.

Tab. 5.1 – Obsah sušiny zjištěný z rozdílu hmotností před lyofilizací a po ní ve vzorcích *Locusta migratoria* (g/100 g)

	1. měření	2. měření	3. měření	průměr	SD
Obsah sušiny	28,02	28,02	28,03	28,02	0,01

Tab. 5.2 – Obsah sušiny v lyofilizovaných vzorcích *Locusta migratoria* (g/100 g)

	1. měření	2. měření	3. měření	průměr	SD
Obsah sušiny	97,69	97,70	97,73	97,71	0,02

5.2 Popeloviny

V Tab. 5.3 je zaznamenán obsah popelovin v sušině u vzorků *Locusta migratoria* stanovovaných v této práci. Měření bylo provedeno 3krát a následně byl vypočítán aritmetický průměr a směrodatná odchylka.

Tab. 5.3 – Obsah popelovin v sušině ve vzorcích *Locusta migratoria* (g/100 g)

	1. měření	2. měření	3. měření	průměr	SD
Obsah popelovin	2,18	2,07	2,24	2,18	0,07

5.3 Tuk

V Tab. 5.4 je zaznamenán obsah tuku ve vzorcích *Locusta migratoria* stanovovaných v této práci. Měření bylo provedeno 3krát a následně byl vypočítán aritmetický průměr a směrodatná odchylka.

Tab. 5.4 – Obsah tuku sušiny ve vzorcích *Locusta migratoria* (g/100 g)

	1. měření	2. měření	3. měření	průměr	SD
Obsah tuku	10,80	10,83	10,85	10,82	0,02

5.4 Hrubé bílkoviny

V Tab. 5.5 je zaznamenán obsah hrubých bílkovin u vzorků *Locusta migratoria* stanovovaných v této práci. Měření bylo provedeno 3krát a následně byl vypočítán aritmetický průměr a směrodatná odchylka.

Tab. 5.5 – Obsah bílkovin v sušině ve vzorcích *Locusta migratoria* (g/100 g)

	1. měření	2. měření	3. měření	průměr	SD
Obsah bílkovin	71,90	72,36	72,81	72,36	0,37

5.5 Minerální látky

V Tab. 5.6 je zaznamenán obsah minerálních látek u vzorků *Locusta migratoria* stanovovaných v této práci. Měření bylo provedeno 3krát a následně byl vypočítán aritmetický průměr a směrodatná odchylka.

Tab. 5.6 – Obsah minerálních látek ($\mu\text{g/g}$ sušiny) ve vzorcích *Locusta migratoria*

	1. měření	2. měření	3. měření	průměr	SD
Mg	1259	1150	1146	1185	52,35
Ca	925	797	828	850	54,52
Mn	6,09	5,79	5,75	5,88	0,15
Fe	56,3	52,5	53,8	54,2	1,58
Cu	45,6	42,4	41,4	43,13	1,79
Zn	187	193	174	185	7,93
Se	0,13	0,14	0,15	0,14	0,01

5.6 Aminokyseliny

Obsah aminokyselin v sušině u vzorků *Locusta migratoria* je zaznamenán v Tab. 5.7. Nejvíce zastoupenou aminokyselinou zde byla glutamová kyselina s obsahem 7,33 g/100 g sušiny. Nejméně zastoupenou aminokyselinou byl ornithin (0,11 g/100 g sušiny), případně cystein, jehož zastoupení včetně cystinu bylo 0,77 g/100 g. Aminokyselina hydroxyprolin nebyla ve vzorcích zaznamenána. Ve vzorcích *Locusta migratoria* byly zastoupeny všechny esenciální aminokyseliny, včetně limitující aminokyseliny methioninu. Nejvíce zastoupenou esenciální aminokyselinou byl leucin, nejméně zastoupenou esenciální aminokyselinou byl tryptofan.

V Tab. 5.7 je znázorněno také aminokyselinové skóre (AAS), udávající kvalitu proteinu, v porovnání s celovaječným proteinem, a index esenciálních aminokyselin (EAAI). EAAI je geometrický průměr procentuálních obsahů esenciálních aminokyselin v bílkovině zkoumaných vzorků *Locusta migratoria* vztahený k esenciálním aminokyselinám celovaječného proteinu.

Tab. 5.7 – Obsah aminokyselin v sušině ve vzorcích *Locusta migratoria*, AAS, EAAI

	Obsah AMK (g/100 g)	AAS (%)
Esenciální aminokyseliny		
Isoleucin	2,51	52,50
Leucin	4,67	73,29
Lysin	3,87	83,54
Fenylalanin	1,92	45,85
Threonin	2,47	66,84
Valin	3,73	70,52
Methionin	0,93	39,96
Tryptofan	0,61	52,77
Neessenciální aminokyseliny		
Alanin	5,82	-
Arginin	3,96	-
Asparagová kyselina	5,05	-
Glutamová kyselina	7,33	-
Glycin	3,92	-
Histidin	1,56	-
Hydroxyprolin	0,00	-
Ornitin	0,11	-
Prolin	4,63	-
Serin	2,65	-
Tyrosin	3,20	-
Cystein + Cystin	0,77	-
EAAI (%)		58,98

5.7 Senzorické hodnocení jedlého hmyzu – statistická analýza

5.7.1 Otázka č. 1: Konzumoval/a jste někdy jedlý hmyz?

Dotazníkovým šetřením bylo zjištěno, že 58 % všech oslovených respondentů již dříve konzumovalo jedlý hmyz.

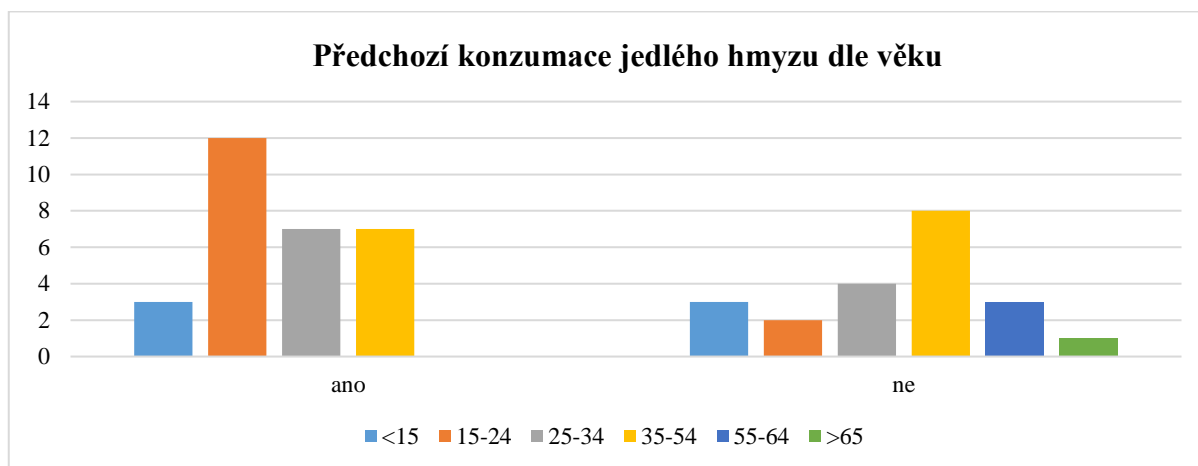
5.7.1.1 Pohlaví

Bylo zjištěno, že mezi dotázanými muži a ženami neexistuje statisticky významný rozdíl v otázce předchozí konzumace jedlého hmyzu. Dotazníkovým šetřením bylo zjištěno, že jedlý hmyz již dříve konzumovalo 52 % dotazovaných mužů a 64 % dotazovaných žen.

5.7.1.2 Věk

Bylo zjištěno, že mezi jednotlivými věkovými kategoriemi a předchozí konzumací hmyzu existuje statisticky významná závislost, která je středně silná. Graf 5 poukazuje na fakt, že jedlý hmyz již dříve konzumovali spíše lidé ve věkových kategoriích 15-24 a 25-34. Lidé nad 35 let se s předchozí konzumací jedlého hmyzu setkali výjimečně.

Graf 5 – Předchozí konzumace jedlého hmyzu v závislosti na věku respondentů (vlastní zpracování)



5.7.1.3 Vzdělání

Bylo zjištěno, že mezi rozdílně vzdělanými respondenty a předchozí konzumací jedlého hmyzu neexistuje statisticky významný rozdíl. Zkušenost s předchozí konzumací mělo 62,5 % dotázaných se základním vzděláním, 50 % respondentů se středoškolským vzděláním a 61,5 % respondentů s vysokoškolským vzděláním.

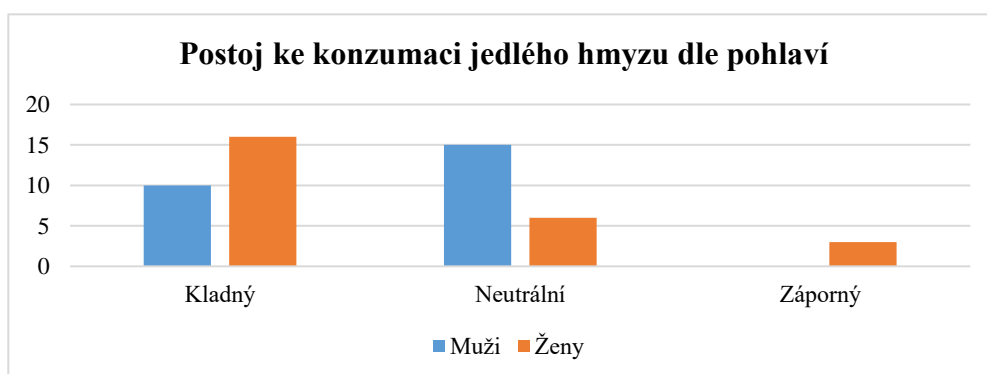
5.7.2 Otázka č. 2: Jaký je Váš postoj ke konzumaci jedlého hmyzu?

Dotazníkovým šetřením bylo zjištěno, že 52 % všech oslovených respondentů má ke konzumaci jedlého hmyzu kladný postoj, 42 % neutrální a 6% záporný.

5.7.2.1 Pohlaví

Bylo zjištěno, že mezi dotázanými muži a ženami v postoji ke konzumaci jedlého hmyzu existuje statisticky významná závislost. Tato závislost je středně silná. Graf 6 ukazuje, že ženy měly ke konzumaci hmyzu většinou kladný postoj, naopak muži spíše neutrální.

Graf 6 – Postoj ke konzumaci jedlého hmyzu v závislosti na pohlaví (vlastní zpracování)



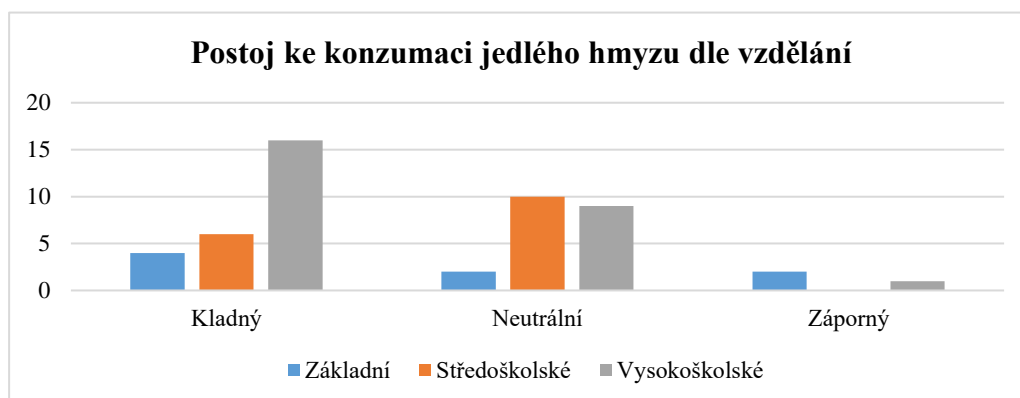
5.7.2.2 Věk

Bylo zjištěno, že mezi postojem ke konzumaci jedlého hmyzu a věkovými kategoriemi dotazovaných není statisticky významný rozdíl. Dotazníkovým šetřením bylo zjištěno, že 50 % dotazovaných v kategorii do 15 let mělo ke konzumaci jedlého hmyzu kladný postoj, 17 % neutrální a 33 % záporný. V kategorii 15-24 let mělo ke konzumaci jedlého hmyzu 64 % respondentů kladný postoj a 36 % neutrální. V kategorii 25-34 let mělo 55 % respondentů kladný postoj a 45 % neutrální. Ve věkové kategorii 35-54 let mělo 47 % respondentů kladný postoj ke konzumaci jedlého hmyzu, 47 % neutrální a 6 % záporný. Ve věkové kategorii 55-64 let hodnotili respondenti svůj postoj ke konzumaci jedlého hmyzu ze 33 % kladně a ze 67 % neutrálně. V nejstarší věkové kategorii nad 65 let byl jediný respondent, který měl neutrální postoj ke konzumaci jedlého hmyzu.

5.7.2.3 Vzdělání

Bylo zjištěno, že mezi respondenty s odlišným stupněm vzdělání a postojem ke konzumaci jedlého hmyzu existuje statisticky významná závislost. Závislost tohoto vztahu je středně silná. Jak znázorňuje Graf 7, nejkladnější postoj ke konzumaci jedlého hmyzu měli vysokoškolsky vzdělaní respondenti.

Graf 7 – Postoj ke konzumaci jedlého hmyzu v závislosti na stupni vzdělání (vlastní zpracování)



5.7.3 Otázka č. 3: V jaké formě nejvíce preferujete konzumaci jedlého hmyzu?

Dotazníkovým šetřením bylo zjištěno, že 48 % všech oslovených respondentů preferovalo kulinárně upravený hmyz, např. součástí přílohy k dalšímu pokrmu, 30 % preferovalo skrytou formu hmyzu, jako součást jiných potravinářských produktů, 20 % oslovených respondentů preferovalo jakoukoliv formu jedlého hmyzu a pouze 2 % preferovali kulinárně neupravenou formu jedlého hmyzu.

5.7.3.1 Pohlaví

Bylo zjištěno, že mezi dotázanými muži a ženami neexistuje statisticky významný rozdíl v preferované formě jedlého hmyzu. Dotazníkovým šetřením bylo zjištěno, že 20 % dotazovaných mužů preferovalo jedlý hmyz v jakékoliv formě, 48 % dotazovaných mužů preferovalo konzumaci hmyzu v kulinárně upravené formě, například součástí jiného pokrmu,

4 % dotazovaných mužů preferovalo kulinárně neupravenou formu hmyzu a 28 % preferovalo skrytou formu hmyzu přidaného do běžných potravin za účelem fortifikace. 20 % dotazovaných žen preferovalo jakoukoliv formu jedlého hmyzu, 48 % kulinárně upravenou formu hmyzu a 32 % dotazovaných žen preferovalo jedlý hmyz ve skryté formě.

5.7.3.2 Věk

Bylo zjištěno, že v preferované formě hmyzu v závislosti na věku neexistuje statisticky významný rozdíl. Dotazníkovým šetřením bylo zjištěno, že 50 % respondentů ve věku do 15 let preferovalo kulinárně upravenou formu jedlého hmyzu a 50 % skrytou. Ve věkové kategorii 15-24 let preferovalo hmyz v kulinárně upravené formě 57 % respondentů, ve skryté formě 21,5 % respondentů a jakoukoliv formu jedlého hmyzu preferovalo též 21,5 % respondentů. V kategorii 25-34 let byla 27% preference kulinárně upravené formy hmyzu. Dále 27 % respondentů preferovalo jakoukoliv formu, 37 % skrytou formu a 9 % kulinárně neupravenou formu jedlého hmyzu. Ve věkové kategorii 35-54 let respondenti preferovali z 53 % upravenou formu, z 27 % skrytou formu a z 20 % jakoukoliv formu jedlého hmyzu. Respondenti věkové kategorie 55-64 let preferovali z 67 % kulinárně upravenou, ze 33 % skrytou formu jedlého hmyzu. V nejstarší věkové kategorii nad 65 let 100 % respondentů (tzn. jediný respondent) preferoval jakoukoliv formu jedlého hmyzu.

5.7.3.3 Vzdělání

Bylo zjištěno, že mezi vzděláním dotazovaných respondentů a jejich preferencemi daných forem jedlého hmyzu neexistuje statisticky významný rozdíl. Dotazníkovým šetřením bylo zjištěno, že 50 % respondentů se základním vzděláním preferovalo kulinárně upravenou formu jedlého hmyzu a 50 % skrytou formu jedlého hmyzu. U středoškolsky vzdělaných respondentů preferovalo 44 % kulinárně upravenou formu jedlého hmyzu, 25 % skrytou formu a 31 % preferovalo jakoukoliv formu jedlého hmyzu. U vysokoškolsky vzdělaných respondentů preferovalo 50 % kulinárně upravenou formu jedlého hmyzu, 27 % skrytou formu, 19 % preferovalo hmyz v jakékoliv formě a 4 % preferovali kulinárně neupravenou formu hmyzu.

5.7.4 Otázka č. 4: Jakým zážitkem pro Vás bylo ochutnání jedlého hmyzu?

Dotazníkovým šetřením bylo zjištěno, že pro 74 % všech oslovených respondentů byl zážitek z konzumace jedlého hmyzu pozitivní, pro 22 % neutrální a pro 4 % oslovených respondentů negativní.

5.7.4.1 Pohlaví

Bylo zjištěno, že mezi dotázanými muži a ženami neexistuje statisticky významný rozdíl v chuťovém zážitku souvisejícím s ochutnáním jedlého hmyzu. Dotazníkovým šetřením bylo zjištěno, že pro 68 % dotazovaných žen bylo ochutnání jedlého hmyzu pozitivním zážitkem, pro 24 % neutrálním a pro 8 % negativním zážitkem. Pro dotazované muže bylo ochutnání jedlého hmyzu z 80 % pozitivním a z 20 % neutrálním zážitkem. Z dotazovaných mužů nikdo ochutnání jedlého hmyzu nepovažoval za negativní zážitek.

5.7.4.2 Věk

Bylo zjištěno, že mezi rozdílnými věkovými kategoriemi dotazovaných respondentů a zážitkem spojeným s ochutnáním hmyzu neexistuje statisticky významný rozdíl. Dotazníkovým šetřením bylo zjištěno, že 50 % respondentů ve věkové kategorii do 15 let hodnotilo tento zážitek jako pozitivní, 33 % jako neutrální a 17 % jako negativní. Ve věkové kategorii 15-24 let bylo ochutnání hmyzu pro respondenty ze 71 % pozitivním zážitkem a z 29 % neutrálním. Ve věkové kategorii 25-34 hodnotilo svůj zážitek 91 % respondentů jako pozitivní a 9 % jako neutrální. Pro 67 % respondentů ve věkové kategorii 35-54 let bylo ochutnání jedlého hmyzu pozitivním zážitkem, pro 26 % neutrálním a pro 7 % negativním. Ve věkové kategorii 55-64 let hodnotilo 100 % respondentů svůj chuťový zážitek jako pozitivní, stejně tak ve věkové kategorii nad 65 let.

5.7.4.3 Vzdělání

Bylo zjištěno, že mezi různým vzděláním dotazovaných respondentů a zážitkem spojeným s ochutnáním hmyzu neexistuje statisticky významný rozdíl. Dotazníkovým šetřením bylo zjištěno, že pro 63 % respondentů se základním vzděláním byl chuťový zážitek pozitivní, pro 25 % neutrální a pro 12 % negativní. U středoškolsky vzdělaných respondentů byl chuťový zážitek z 69 % pozitivní a z 31 % neutrální. Vysokoškolsky vzdělaní respondenti hodnotili z 81 % svůj chuťový zážitek jako pozitivní, z 15 % jako neutrální a ze 4 % jako negativní.

5.7.5 Otázka č. 5: Který hmyz Vás nejvíce zaujal/nejvíce Vám chutnal?

Dotazníkovým šetřením bylo zjištěno, že 40 % všech oslovených konzumentů nejvíce preferovalo moučného červa. Druhým nejoblíbenějším druhem byla s 26 % saranče stěhovavá a 14 % respondentů nejvíce preferovalo cvrčka domácího. 8 % respondentů neochutnalo všechny druhy předloženého jedlého hmyzu, 8 % hodnotilo všechny druhy jako stejné a 4 % nechutnaly ani jeden druh podávaného jedlého hmyzu.

5.7.5.1 Pohlaví

Bylo zjištěno, že mezi nejoblíbenějším druhem konzumovaného jedlého hmyzu a pohlavím respondentů neexistuje statisticky významný rozdíl. Dotazníkovým šetřením bylo zjištěno, že dotazované ženy jako nejlepší druh jedlého hmyzu zvolily moučného červa. Moučného červa preferovalo 44 % žen, dále saranče 28 % žen a cvrčka 16 % žen. 8 % žen nemělo všechny druhy a 4 % žen vyhodnotily všechny druhy jako chuťově stejné. Stejně jako u žen, byl i u mužů nejvíce preferovaný moučný červ, konkrétně ho preferovalo 36 % dotazovaných mužů. Saranče preferovalo 24 % dotazovaných mužů a cvrčka 12 %. Také 8 % mužů neochutnalo všechny druhy, 12 % označilo všechny druhy za chuťově stejné a 8 % nechutnal ani jeden druh předloženého jedlého hmyzu.

5.7.5.2 Věk

Bylo zjištěno, že mezi nejoblíbenějším druhem konzumovaného jedlého hmyzu a pohlavím respondentů neexistuje statisticky významný rozdíl. Dotazníkovým šetřením bylo zjištěno, že ve věkové kategorii do 15 let preferovalo 33,3 % moučného červa a 33,3 % saranče. 33,3 % respondentů neochutnalo všechny druhy. Ve věkové kategorii 15-24 let preferovalo 64 % respondentů moučného červa, 22 % cvrčka a 14 % respondentů nemělo všechny druhy podávaného hmyzu. Ve věkové kategorii 25-34 let hodnotilo jako nejlepší druh moučného červa 18 % respondentů, saranče 37 % a cvrčka 18 % respondentů. 18 % respondentů této věkové kategorie hodnotilo všechny druhy jako stejné a 9 % nemělo všechny druhy. Mezi respondenty ve věkové kategorii 35-54 let byl preferován ze 33 % moučný červ, ze 40 % saranče a ze 13 % cvrček. 7 % respondentů této věkové kategorie hodnotilo všechny druhy jako stejné a 7 % respondentů nechutnalo ani 1 druh podávaného jedlého hmyzu. Ve věkové kategorii 55-64 let preferovalo 33 % respondentů moučného červa, 33,3 % saranče a 33,3 % označilo všechny druhy jako stejné. Ve věkové kategorii nad 65 let jediný respondent označil za nejlepšího moučného červa.

5.7.5.3 Vzdělání

Bylo zjištěno, že mezi nejoblíbenějším druhem konzumovaného jedlého hmyzu a vzděláním respondentů neexistuje statisticky významný rozdíl. Dotazníkovým šetřením bylo zjištěno, že 50 % respondentů se základním vzděláním preferovalo moučného červa a 25 % saranče. 25 % dotazovaných neochutnalo všechny druhy. Mezi středoškolsky vzdělanými respondenty preferovalo 38 % moučného červa, 25 % saranče a 19 % cvrčka. 19 % respondentů neochutnalo všechny druhy. Mezi vysokoškolskými respondenty byl z 38 % preferován moučný červ, 27 % vysokoškolsky vzdělaných respondentů preferovalo saranče a 15 % cvrčka. 8 % respondentů neochutnalo všechny druhy předloženého jedlého hmyzu, 8 % nechutnalo nic a 4 % hodnotilo všechny druhy jako stejné.

6 Diskuze

Komise EU vydala v roce 2021 prováděcí nařízení Komise (EU) 2021/1975, kterým povolila uvedení zmrazené, sušené a práškové formy *Locusta migratoria* jako nové potraviny dle nařízení EP a Rady (EU) 2015/2283. V tomto nařízení uvádí parametry, které musí splňovat *Locusta migratoria* jako „Povolená nová potravina“. Vzhledem k faktu, že v této diplomové práci byla stanovována nutriční hodnota *Locusta migratoria* v sušené a rozemleté formě, jsou zde uvedeny parametry z prováděcího nařízení Komise (EU) 2021/1975 pouze pro práškovou formu *Locusta migratoria*. *Locusta migratoria* v práškové, ale i lyofilizované formě uváděné v nařízení Komise (EU) 2021/1975 je oproti vzorkům stanovovaným v této práci před lyofilizací blanširovaná. Z tohoto důvodu se výsledné hodnoty mohou lišit. Aby prášková forma *Locusta migratoria* mohla být zařazena mezi povolené nové potraviny, musí obsahovat v sušině 1,8-1,9 g/100 g popelovin, <5 g/100 g vlhkosti, 50-60 g/100 g hrubých bílkovin (N×6,25), 31-41 g/100 g tuku, z toho 35-43 g/100 g mastných kyselin. Hodnoty uvedené v této práci jsou 2,12 g/100 g popelovin, 2,29 g/100 g vlhkosti, 70,70 g/100 g hrubých bílkovin a 10,58 g/100 g tuku. Podle těchto hodnot plně odpovídá parametrům zakotveným v prováděcím nařízení Komise (EU) 2021/1975 pouze obsah vlhkosti. Obsah bílkovin, které uvádí tato práce byl významně vyšší a obsah tuku naopak nižší. Obsah popelovin poté mírně převyšuje stanovený požadavek.

Salama (2020) uvádí, že složení stravy má zásadní vliv na nutriční složení *Locusta migratoria*. Oonincx et van der Poel (2010) zjistili, že jedinci krmení trávou a otrubami měli vyšší množství tuku a nižší množství bílkovin než jedinci krmení pouze travnatou stravou. Pokud byla dieta dále fortifikována o mrkev, byl obsah tuku v těle *Locusta migratoria* ještě vyšší. Jedinci vyhodnocovaní v této práci byli krmeni otrubami, čerstvou trávou a kuřecím krmivem obsahujícím pšenici, sójový šrot, řepkový olej vápenec, fosforečnan vápenatý, vitamínový premix, uhličitán sodný a sůl. Stanovený obsah bílkovin byl jeden z nejvyšších při porovnání výsledků s jinými autory, viz kap. 6.4. Stanovený obsah tuků byl naopak jeden z nejnižších, viz kap. 6.3.

Egonyu et al. (2021) uvádí, že saranče jsou velice výživné, přičemž jejich složení nutričně konkuruje složení konvenčního masa. Dle Williams et al. (2016) obsahuje kuřecí maso 17,44 g/100 g bílkovin a 8,10 g/100 g tuku, vepřové maso 15,41 g/100 g bílkovin a 17,18 g/100 g tuku a hovězí maso 17,37 g/100 g bílkovin a 17,07 g/100 g tuku. Ve srovnání s těmito údaji jsou vzorky stanovované v této práci s hodnotami 70,70 g/100 g bílkovin a 10,58 g/100 g tuku, vztaženo na sušinu, velice dobrým konkurentem konvenčním masným zdrojům.

6.1 Sušina

Obsah sušiny vypočtený z úbytků hmotnosti před a po lyofilizaci vzorků proměřovaných v této diplomové práci byl $28,02 \pm 0,01$ g/100 g. Vzhledem k faktu, že lyofilizované vzorky mají lepší údržnost a ostatní hodnoty jsou dále měřeny z lyofilizovaných vzorků, je v literatuře častěji uváděna sušina po lyofilizaci. Tato hodnota však není 100 % přesná, protože je závislá na účinnosti lyofilizace. Ve vzorcích *Locusta migratoria* stanovovaných v této práci byl

stanoven obsah sušiny po lyofilizaci $97,71 \pm 0,02$ g/100 g. Tato hodnota byla téměř totožná s průměrnou hodnotou vzorků z Nizozemí, které naměřili Osimani et al. (2017) tj. $97,58 \pm 1,61$ g/100 g. Jejich další vzorky pocházející z Belgie měly nižší obsah sušiny, konkrétně $92,20 \pm 1,01$ g/100 g. To mohlo být způsobeno místem původu vzorků, krmivem, životním stádiem či účinností lyofilizace. Mohamed (2015a) stanovila obsah sušiny ve vzorcích *Locusta migratoria* $96,19 \pm 0,2$ g/100 g a velice podobný obsah sušiny, $96,35 \pm 0,01$ g/100 g, stanovili ve vzorcích *Locusta migratoria* Purschke et al. (2018). Kromě vzorků z Belgie, které stanovil Osimani et al. (2017) se obsah sušiny po lyofilizaci pohyboval okolo 96-98 g/100 g.

6.2 Popeloviny

Výsledná hodnota popelovin ve vzorku *Locusta migratoria* byla $2,18 \pm 0,07$ g/100 g vztaženo na sušinu. Tato hodnota je relativně nízká a všechny porovnávané hodnoty popelovin od dalších autorů byly vyšší. Nejbližší k hodnotě naměřené v této práci mají opět vzorky z Nizozemí stanovované Osimani et al. (2017), jejichž hodnota popelovin je $2,34 \pm 0,11$ g/100 g a dále hodnota $2,42 \pm 0,11$ g/100 g, kterou naměřili Clarkson et al. (2018). U dalších vzorků přesahovalo množství popelovin ve vzorku 3 % a to u vzorků stanovovaných Purschke et al. (2018) $3,09 \pm 0,23$ g/100 g u vzorků stanovovaných Brogan et al. (2021) $3,33 \pm 0,03$ g/100 g, vzorky z Belgie stanovované Osimani et al. (2017) obsahovaly $3,71 \pm 0,12$ g/100 g popelovin a vzorky stanovované Mohamed (2015a) vykazovaly nejvíce, tj. $3,81 \pm 0,5$ g/100 g popelovin.

6.3 Tuk

Výsledná hodnota tuku v sušině ve vzorku *Locusta migratoria* byla naměřena $10,82 \pm 0,02$ g/100 g. Tato hodnota je nejbližší hodnotě $11,42 \pm 1,11$ g/100 g, kterou naměřili ve svých vzorcích Brogan et al. (2021). Vzorky, které stanovovala Mohamed (2015a) a vzorky z Belgie, které stanovovali Osimani et al. (2017) obsahovaly $19,62 \pm 0,8$ g/100 g a $19,36 \pm 0,61$ g/100 g tuku. Purschke et al. (2018) stanovili obsah tuku ve vzorcích *Locusta migratoria* $23,81 \pm 0,19$ g/100 g a vzorky z Nizozemí stanovované Osimani et al. (2017) a vzorky stanovované Clarkson et al. (2018) obsahovaly dokonce nad 30 g/100 g tuku. Konkrétně vzorky z Nizozemí (Osimani et al., 2017) obsahovaly $35,32 \pm 0,51$ g/100 g tuku a vzorky, které stanovovali Clarkson et al. (2018) obsahovaly $34,93 \pm 3,37$ g/100 g tuku.

6.4 Bílkoviny

Osimani et al. (2017) uvádí, že celkový obsah bílkovin v těle *Locusta migratoria* se pohybuje v rozmezí 50-70 g/100 g vztaženo na sušinu. Výsledná hodnota bílkovin ve vzorku *Locusta migratoria* byla $70,36 \pm 0,37$ g/100 g. Takto vysokou hodnotu bílkovin naměřili ve svých vzorcích také Brogan et al. (2021), a to konkrétně $71,20 \pm 0,07$ g/100 g. U ostatních autorů, kteří stanovovali obsah bílkovin ve vzorcích *Locusta migratoria*, se obsah bílkovin pohyboval od 46 do 65 g/100 g. Nejnižší obsah bílkovin vykazovaly vzorky z Nizozemí (Osimani et al., 2017), které měly se vzorky měřenými v této práci téměř totožný obsah sušiny a popelovin. Obsah bílkovin v těchto vzorcích byl $46,78 \pm 0,76$ g/100 g. Vzorky, které stanovovala Mohamed (2015a) obsahovaly $50,42 \pm 0,02$ g/100 g bílkovin, Clarkson et al.

(2018) naměřili $50,79 \pm 0,69$ g/100 g bílkovin a Osimani et al. (2017) naměřili ve vzorcích z Belgie $53,69 \pm 0,28$ g/100 g bílkovin. Relativně vysoký obsah bílkovin vykazovaly vzorky měřené Purschke et al. (2018), tj. $65,87 \pm 0,42$ g/100 g bílkovin.

6.5 Minerální látky

Lange et Nakamura (2021) uvádějí, že kobyly a saranče obsahují velké množství hořčíku, manganu a zinku. Vzorky stanovené v této práci obsahovaly $1185 \pm 52,35$ µg/g hořčíku, $5,88 \pm 0,15$ µg/g manganu a $185 \pm 7,93$ µg/g zinku v sušině. Mangan u *Locusta migratoria* stanovovala také Mohamed (2015), která naměřila ve vzorcích $0,04 \pm 0,1$ µg/g a Williams et al. (2016), kteří naměřili obsah manganu $14,6$ µg/g sušiny. Mohamed (2015) ve svých vzorcích měřila také zinek, přičemž zaznamenala výrazně nižší hodnotu a to $0,879 \pm 0,09$ µg/g. Rozdíly v obsahu minerálních látek mohou být způsobeny rozdílným způsobem úpravy, jelikož Williams et al. (2016) měřili obsah minerálních látek v pražených jedincích *Locusta migratoria*, či rozdílným druhem krmiva. Saranče stanovené v této práci byla krmena obohaceným kuřecím krmivem, které může mít oproti jedincům žijícím ve volné přírodě vliv na celkovou minerální stavbu těla. Sun-Waterhouse et al. (2016) ve své studii uvádí obsah železa u *Locusta migratoria* $80-200$ µg/g. Obsah železa ve stanovovaných vzorcích v této práci byl $54,2 \pm 1,58$ µg/g. Pro srovnání, v hovězím mase se obsah železa pohybuje okolo 17 µg/g sušiny (Williams et al., 2016). Obsah vápníku byl $850 \pm 54,52$ µg/g, přičemž tato hodnota se téměř shodovala s hodnotou naměřenou Williams et al. (2016), tj. 900 µg/g sušiny. Dalším detekovaným minerálem byla měď. Její obsah v těle stanovovaných vzorků *Locusta migratoria* se pohyboval okolo hodnoty $43,13 \pm 1,79$ µg/g sušiny. Tato hodnota byla o trochu vyšší než hodnota, kterou ve vzorcích *Locusta migratoria* stanovili Williams et al. (2016), tj. 30 µg Cu/g vzorku.

6.6 Aminokyseliny

Z výsledků zjištěných v této práci bylo potvrzeno, že hmyz má velice kvalitní aminokyselinový profil, který obsahuje všechny esenciální aminokyseliny (Sun-Waterhouse et al., 2016), což je zásadní pro správný tělesný vývoj konzumentů (Ordoñez-Araque et Egas-Montenegro, 2021). Vzorky stanovené v této práci většinou splňují doporučení WHO pro obsah aminokyselin ve stravě člověka, viz Tab. 6.1. Jedinou aminokyselinou nesplňující doporučení WHO je methionin, který je zároveň limitující aminokyselinou. Methionin jako jednu z nejčastějších limitujících esenciálních aminokyselin hmyzu uvádí také Oonincx et al. (2010) a mezi nejčastější limitující aminokyselinu jej s lysinem a tryptofanem řadí také Ochiai et al. (2022). Hraniční je také obsah semiesenciální aminokyseliny histidinu, která byla pro úplné srovnání s hodnotami WHO přidána mezi esenciální aminokyseliny. Jinak je aminokyselinový profil esenciálních aminokyselin velice kvalitní, což potvrzuje informaci, již publikovali Osimani et al. (2017), že řád *Orthoptera*, tzn. také *Locusta migratoria*, patří mezi hmyz vykazující velice kvalitní aminokyselinový profil. Celkový obsah aminokyselin ve vzorcích stanovených v této práci byl 825 mg/g proteinu, což bylo více než například ve vzorcích, které stanovovali Ochiai et al. (2022), tj. 671 mg/g proteinu.

Tab. 6.1 – Porovnání stanovených esenciálních aminokyselin ve vzorcích *Locusta migratoria* (g/100 g sušiny) s doporučením WHO (g/100 g sušiny)

Esenciální aminokyseliny	<i>Locusta migratoria</i> *	WHO (2007)
Histidin	1,56	1,6
Izoleucin	2,51	1,3
Leucin	4,67	1,9
Lysin	3,87	1,6
Methionin	0,93	1,7
Fenylalanin	1,92	1,9
Threonin	2,47	0,9
Valin	3,73	1,3
Tryptofan	0,61	0,5

*vzorky *Locusta migratoria* stanovované v této práci

Obsah jednotlivých aminokyselin ve vzorcích stanovovaných v této práci je v porovnání se vzorky dalších autorů, kteří stanovovali obsah aminokyselin u *Locusta migratoria* zaznamenán v následujících tabulkách. V Tab. 6.2 je porovnání esenciálních aminokyselin stanovovaných v této práci s dalšími autory a v Tab. 6.3 je porovnání neesenciálních aminokyselin. Semiesenciální aminokyseliny histidin a tyrosin byly pro potřeby porovnání přidány k esenciálním aminokyselinám. V porovnání aminokyselinového profilu esenciálních aminokyselin s výsledky dostupných studií byla zjištěna nejvýznamnější podobnost s výsledky autorů Brogan et al. (2021). Jedinci *Locusta migratoria* stanovovaní autory této studie však byli krmeni různými druhy trav a zeleninou, oproti jedincům stanovovaným v této práci, kteří byli krmeni trávou a kuřecím krmivem. Obsah esenciálních aminokyselin ve vzorcích od dalších autorů, s výjimkou methioninu, který stanovovali ve svých vzorcích Barroso et al. (2014) byl výrazně vyšší. Tento výsledek může být ovlivněn druhem krmiva, způsobem života či životním stádiem stanovovaného hmyzu. Také obsah neesenciálních aminokyselin naměřených v této práci byl nejvíce podobný obsahu neesenciálních aminokyselin, které stanovovali Brogan et al. (2021). Obsah glycinu byl u vzorků stanovovaných v této práci jako jediný vyšší než u vzorků z Belgie i Nizozemí, které stanovovali Osimani et al. (2017). Obsah ostatních neesenciálních aminokyselin byl oproti Osimani et al. (2017) i dalším autorům opět nižší nebo podobný. Ve vzorcích stanovovaných v této práci byla detekována také aminokyselina ornithin a rozpoznána nebyla aminokyselina hydroxyprolin. Velice podobné výsledky zaznamenali také Brogan et al. (2021), kteří tyto aminokyseliny také stanovovali, ale ve výsledcích nebyly detekovány nebo pouze v zanedbatelných hladinách.

Tab. 6.2 – Porovnání stanovených esenciálních aminokyselin ve vzorcích *Locusta migratoria* s dalšími autory (g/100 g sušiny)

Esenciální aminokyseliny	<i>Locusta migratoria</i> *	Barroso (2014)	Osimani et al. (2017) (Nizozemsko)	Osimani et al. (2017) (Belgie)	Purschke et al. (2018)	Brogan et al. (2021)
Histidin	1,56	2,98	2,55	2,89	2,75	1,56
Izoleucin	2,51	5,27	4,50	4,70	4,79	2,92
Leucin	4,67	8,31	8,11	7,78	8,74	5,04
Lysin	3,87	6,33	5,50	5,70	5,44	3,64
Methionin	0,93	0,54	8,21 (+ Val)	8,38 (+ Val)	2,09 (+ Cys)	0,90
Fenylalanin	1,92	3,84	3,50	3,52	9,25 (+ Tyr)	2,03
Threonin	2,47	4,28	10,58	10,24	3,57	2,33
Tyrosin	3,20	4,48	5,09	4,90	-	3,63
Valin	3,73	7,01	8,21 (+ Met)	8,38 (+ Met)	7,88	4,18
Tryptofan	0,61	-	-	-	0,70	0,52

*vzorky *Locusta migratoria* stanovené v této práci

Tab. 6.3 - Porovnání stanovených neesenciálních aminokyselin ve vzorcích *Locusta migratoria* s dalšími autory (g/100 g sušiny)

Neesenciální aminokyseliny	<i>Locusta migratoria</i> *	Barroso et al. (2014)	Osimani et al. (2017) (Nizozemsko)	Osimani et al. (2017) (Belgie)	Purschke et al. (2018)	Brogan et al. (2021)
Glycin	3,92	-	2,56	2,74	7,67	3,94
Arginin	3,96	7,58	5,64	5,51	7,08	3,84
Alanin	5,82	-	13,16	11,09	14,30	7,56
Prolin	4,63	7,46	6,40	6,91	-	4,31
Asparagová kys.	5,05	-	7,90	7,99	8,30 (+ Asp)	4,74
Glutamová kys.	7,33	-	12,28	14,39	13,06 (+ Glu)	6,20
Serin	2,65	-	4,60	4,56	4,38	2,22
Cystein	0,77 (+ cystin)	-	-	-	-	0,47

*vzorky *Locusta migratoria* stanovené v této práci

Index esenciálních aminokyselin (EAAI), procentuální geometrický průměr ze všech esenciálních aminokyselin ve srovnání s celovaječným proteinem, byl 58,98 %. Purschke et al. (2018) uvádí EAAI 81 %, avšak ve srovnání s referenčním proteinem. Hodnota EAAI, uváděná těmito autory, je ve srovnání s EAAI stanovené v rámci této práce nižší, protože požadavky na jednotlivé aminokyseliny jsou pro referenční protein méně přísné než v případě celovaječného proteinu. Tito autoři uvádí také aminokyselinové skóre (AAS) esenciálních aminokyselin, avšak též vztažené na referenční protein, proto není možné tyto výsledky mezi sebou porovnat.

6.7 Porovnání nutričního složení *Locusta migratoria* s konvenčními zdroji

Obsah tuku a bílkovin v těle *Locusta migratoria* stanovený v této práci byl porovnán s některými konvenčními potravinovými zdroji. Aby byly výsledky srovnatelné s ostatními zdroji, byly přepočteny na čerstvou hmotu. V Tab. 6.4 je vyobrazeno několik vybraných živočišných i rostlinných zdrojů zejména bílkovin a tuků, přičemž dle porovnávaných hodnot lze říci, že *Locusta migratoria* je velice dobrým nutričním konkurentem běžných konvenčních potravinových zdrojů. Obsah bílkovin je srovnatelný s obsahem bílkovin jak s masnými zdroji, tak s luštěninami. Obsah tuku je mírně vyšší než u rostlinných zdrojů či některých masných zdrojů, ale naopak mírně nižší než například u ryb.

Tab. 6.4 – Porovnání obsahu bílkovin a tuku s vybranými konvenčními zdroji potravin (g/100 g čerstvé hmoty) (ÚZEI, 2023; vlastní výsledky)

	Obsah bílkovin	Obsah tuku
<i>Locusta migratoria</i> *	20,3	3,0
Kuřecí prsa	22,8	1,2
Hovězí maso	21,9	1,8
Vepřové maso	22,7	2,6
Pstruh	18,6	9,6
Mléko plnotučné	3,3	1,5
Veje	12,5	9,2
Čočka	23,6	0,7
Bílé fazole	21,7	0,8

*vzorky *Locusta migratoria* stanovené v této práci

Locusta migratoria je dle zjištěných výsledků také dobrým konkurentem nejběžněji využívaným proteinovým přísadám konvenčních krmiv. Vzhledem k využívání sušených mouček, ať už rybí nebo sójové, byl porovnáván obsah nutričních látek také ve formě moučky, tzn. v lyofilizované rozemleté sušině. Porovnání je vyobrazeno v Tab. 6.5. Obsah popelovin byl u vzorků *Locusta migratoria* výrazně nižší než u obou zmíněných mouček. Obsah tuku a bílkovin byl téměř totožný s obsahem těchto nutrientů v rybí moučce. Sójová moučka obsahovala oproti živočišným méně tuku i bílkovin.

Tab. 6.5 – Porovnání obsahu popelovin, tuku a bílkovin v sušině s konvenčními proteinovými přísadami krmiv (g/100 g) (Barroso et al., 2014; vlastní výsledky)

	Popeloviny	Hrubý tuk	Hrubý protein
<i>Locusta migratoria</i> *	2,18 ± 0,07	10,82 ± 0,02	72,36 ± 0,37
Rybí moučka	18,0 ± 0,2	8,2 ± 0,0	73,0 ± 0,8
Sójová moučka	7,8 ± 0,0	3,0 ± 0,0	50,4 ± 0,2

*vzorky *Locusta migratoria* stanovené v této práci

6.8 Senzorické hodnocení jedlého hmyzu

V roce 2020 dělali Kulma et al. v České republice průzkum, ve kterém zjistili, že z 1340 respondentů 37,8 % již dříve konzumovalo jedlý hmyz a více než 50 % z nich hodnotilo tento zážitek jako pozitivní. Provedeným dotazníkovým šetřením v této práci bylo zjištěno, že 58 % z oslovených 50 respondentů již dříve konzumovalo jedlý hmyz. Počet respondentů je výrazně nižší, avšak můžeme se domnívat, že během posledních let se konzumace hmyzu postupně zvyšuje. Prvotní postoj ke konzumaci jedlého hmyzu byl u většiny dotazovaných kladný (52 %) případně neutrální (42 %). Zážitek po konzumaci uvedlo 74 % oslovených respondentů jako pozitivní, 22 % jako neutrální a pro 4 % oslovených respondentů bylo ochutnání hmyzu negativním zážitkem. Dotazníkovým šetřením, které provedli Kulma et al. (2020) bylo zjištěno, že pozitivnější postoj ke konzumaci jedlého hmyzu měli mladší lidé a muži oproti starším lidem a ženám. Dotazníkovým šetřením, které je součástí této práce bylo zjištěno, že naopak ženy projevily spíše kladný postoj ke konzumaci jedlého hmyzu a muži neutrální. Potvrzeno bylo, že více jsou konzumaci jedlého hmyzu nakloněni mladší lidé.

V další studii Kulma et al. (2023) zjišťovali pomocí dotazníkového šetření akceptaci konzumace jedlého hmyzu mezi respondenty v České republice. Do výzkumu bylo zapojeno 16 vyškolených hodnotitelů. Účastníci výzkumu testovali různé druhy řádů Blattodea, Coleoptera a Orthoptera ve formě celé a rozemleté, součástí pečiva. Mezi respondenty byl jako nejlepší zvolen *Tenebrio molitor*. Celkově byla větší přijatelnost jedlého hmyzu ve formě moučky jako součást běžných potravinářských produktů než celého hmyzu. I v šetření, které dělali Kulma et al. (2020) byla hodnotiteli lépe přijímána hmyzí moučka. V dotazníkovém šetření vyhodnoceném v této práci nebyl statisticky významný rozdíl mezi preferencí konkrétních forem hmyzu v žádné z hodnocených kategorií. Tento fakt může být vysvětlován tím, že respondenti byli lidé účastníci se dobrovolně akce Noc vědců 2022, čili zajímaví se o vědu a poznávání nových věcí a byli ke konzumaci hmyzu většinou sami nakloněni, tudíž neměli problém s konzumací celého hmyzu.

Nejoblíbenějším druhem jedlého hmyzu byl stejně jako ve studii Kulma et al. (2023) zvolen moučný červ (40 %), následovala saranče stěhovavá (26 %) a poté cvrček domácí (14 %). Rozdíly mezi jednotlivými hodnocenými kategoriemi a jednotlivými druhy jedlého hmyzu však také nebyly statisticky významné, i z důvodu, že všichni respondenti neochutnali všechny druhy, případně jim přišly všechny druhy stejné nebo jim nechutnal ani jeden druh. Tyto preference se liší od šetření, které prováděli Kulma et al. (2023), jelikož respondenti v tomto výzkumu preferovali u řádu Orthoptera menší jedince, tzn. cvrčka před sarančí a v dotazníkovém šetření uváděném v této práci je tomu u těchto dvou druhů naopak.

7 Závěr

Byly proměřeny nutriční hodnoty *Locusta migratoria* a porovnány s výsledky dalších autorů a také s konvenčními zdroji potravy. Vzhledem k malému počtu vzorků, bylo provedeno pouze jedno biologické opakování, které bylo analyzováno vždy 3krát. Přesto se potvrdilo, že *Locusta migratoria* je velmi významným zdrojem proteinů a lipidů. Bylo také potvrzeno, že *Locusta migratoria* vykazuje vysoce kvalitní aminokyselinový profil a splňuje obsah esenciálních aminokyselin doporučený WHO pro obsah esenciálních aminokyselin ve stravě člověka. Výsledky byly srovnány s nutričními hodnotami rostlinných a živočišných zdrojů potravy, přičemž bylo zjištěno, že *Locusta migratoria* svým nutričním složením konkurovala konvenčním potravinovým zdrojům. Tímto zjištěním byla potvrzena hypotéza, že dospělci saranče stěhovavé jsou nutričně srovnatelní s tradičními živočišnými a rostlinnými zdroji proteinů a lipidů.

Dotazníkovým šetřením bylo prokázáno, že konzumace jedlého hmyzu se dostává stále více do popředí. Ze všech oslovených konzumentů již dříve konzumovalo jedlý hmyz 58 %, a to zejména mladší věkové kategorie od 15 do 34 let. Přes 50 % respondentů vykazovalo kladný vliv ke konzumaci jedlého hmyzu, zejména to byly ženy, případně vysokoškolsky vzdělaní respondenti. Hmyz konzumenti preferovali v různých formách, nejčastěji kulinárně upravený či ve skryté formě. Pro 74 % respondentů bylo ochutnání jedlého hmyzu kladným zážitkem a mezi nejoblíbenější druhy patřil moučný červ a na druhém místě saranče stěhovavá. Tyto výsledky nasvědčovaly tomu, že hmyz jako potravina se začíná dostávat do povědomí také konzumentům západního světa a jeho zařazení do běžného jídelníčku s cílem pokrmy nutričně obohatit se stává reálnějším.

8 Literatura

- Aguilar, J. G. dos S. 2021. An overview of lipids from insects. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. 33 . 101967.
- Arru, B., Furesi, R., Gasco, L., Madau, F., Pulina, P. 2019. The Introduction of Insect Meal into Fish Diet: The First Economic Analysis on European Sea Bass Farming. *Sustainability*. 11 (6). 1697.
- Arya, S. S., Salve, A. R., Chauhan, S. 2016. Peanuts as functional food: a review. *Journal of Food Science and Technology*. 53 (1). 31–41.
- Barroso, F. G., de Haro, C., Sánchez-Muros, M.-J., Venegas, E., Martínez-Sánchez, A., Pérez-Bañón, C. 2014. The potential of various insect species for use as food for fish. *Aquaculture*. 422–423 . 193–201.
- Blásquez, J. R.-E., Moreno, J. M. P., Camacho, V. H. M. 2012. Could Grasshoppers Be a Nutritive Meal? *Food and Nutrition Sciences*. 03 (02). 164–175.
- Bosch, G., Swanson, K. S. 2021. Effect of using insects as feed on animals: pet dogs and cats. *Journal of Insects as Food and Feed*. 7 (5). 795–805.
- Brambel, F. W. R. P. F. R. S. 1965. Report of the Technical Committee to Enquire into the Welfare of Animals kept under Intensive Livestock Husbandry Systems. London, UK.
- Brogan, E. N., Park, Y.-L., Matak, K. E., Jaczynski, J. 2021. Characterization of protein in cricket (*Acheta domesticus*), locust (*Locusta migratoria*), and silk worm pupae (*Bombyx mori*) insect powders. *LWT*. 152 . 112314.
- Clarkson, C., Miroso, M., Birch, J. 2018. Potential of Extracted *Locusta migratoria* Protein Fractions as Value-Added Ingredients. *Insects*. 9 (1). 20.
- Cortes Ortiz, J. A., Ruiz, A. T., Morales-Ramos, J. A., Thomas, M., Rojas, M. G., Tomberlin, J. K., Yi, L., Han, R., Giroud, L., Jullien, R. L. 2016. Insect Mass Production Technologies. In: *Insects as Sustainable Food Ingredients*.
- De Gier, S., Verhoeckx, K. 2018. Insect (food) allergy and allergens. *Molecular Immunology*. 100 . 82–106.
- De Paepe, E., Wauters, J., Van Der Borght, M., Claes, J., Huysman, S., Croubels, S., Vanhaecke, L. 2019. Ultra-high-performance liquid chromatography coupled to quadrupole orbitrap high-resolution mass spectrometry for multi-residue screening of pesticides, (veterinary) drugs and mycotoxins in edible insects. *Food Chemistry*. 293 . 187–196.
- Dörper, A., Veldkamp, T., Dicke, M. 2021. Use of black soldier fly and house fly in feed to promote sustainable poultry production. *Journal of Insects as Food and Feed*. 7 (5). 761–780.
- Dossey, A. T., Tatum, J. T., McGill, W. L. 2016. Modern Insect-Based Food Industry: Current Status, Insect Processing Technology, and Recommendations Moving Forward. In: *Insects as Sustainable Food Ingredients*.

- Egonyu, J. P., Subramanian, S., Tanga, C. M., Dubois, T., Ekesi, S., Kelemu, S. 2021. Global overview of locusts as food, feed and other uses. *Global Food Security*. 31 . 100574.
- Eilenberg, J., van Loon, J. J. A. 2018. Insects: Key Biological Features. In: *Edible Insects in Sustainable Food Systems*. s. 3–15. Cham. Springer International Publishing.
- El Hajj, R., Mhemdi, H., Besombes, C., Allaf, K., Lefrançois, V., Vorobiev, E. 2022. Edible Insects' Transformation for Feed and Food Uses: An Overview of Current Insights and Future Developments in the Field. *Processes*. 10 (5). 970.
- Elahi, U., Xu, C., Wang, J., Lin, J., Wu, S., Zhang, H., Qi, G. 2022. Insect meal as a feed ingredient for poultry. *Animal Bioscience*. 35 (2). 332–346.
- FAO 2013. *Edible insects: future prospects for food and feed security* (Arnold Van Huis, J. Van Itterbeeck, H. Klunder, E. Mertens, A. Halloran, G. Muir, & P. Vantommem, Ed.). Rome.
- FAO 2021. *Looking at edible insects from a food safety perspective*. Rome. Challenges and opportunities for the sector. ISBN: 978-92-5-134196-4.
- Finke, M. D. 2007. Estimate of chitin in raw whole insects. *Zoo Biology*. 26 (2). 105–115.
- Gahukar, R. T. 2016. *Edible Insects Farming: Efficiency and Impact on Family Livelihood, Food Security, and Environment Compared With Livestock and Crops*. In: *Insects as Sustainable Food Ingredients*.
- Govorushko, S. 2019. Global status of insects as food and feed source: A review. *Trends in Food Science & Technology*. 91 . 436–445.
- Gravel, A., Doyen, A. 2020. The use of edible insect proteins in food: Challenges and issues related to their functional properties. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 59 . 102272.
- Hong, J., Kim, Y. Y. 2022. Insect as feed ingredients for pigs. *Animal Bioscience*. 35 (2). 347–355.
- Idowu, A. B., Oliyide, E. O., Ademolu, K. O., Bamidele, J. A. 2019. Nutritional and anti-nutritional evaluation of three edible insects consumed by the Abeokuta community in Nigeria. *International Journal of Tropical Insect Science*. 39 (2). 157–163.
- Imathiu, S. 2020. Benefits and food safety concerns associated with consumption of edible insects. *NFS Journal*. 18 . 1–11.
- IPIFF 2020. *Edible insects on the European market. IPIFF Questionnaire on the EU market*.
- IPIFF 2022. *a EU Legislation*. .
- IPIFF 2022. *b EU Novel Food Legislation*. .
- IPIFF 2023. *EU Novel Food Legislation. International Platform of Insects for Food and Feed* .

- Ji, K., Chen, J., Li, M., Liu, Z., Wang, C., Zhan, Z., Wu, X., Xia, Q. 2009. Anaphylactic shock and lethal anaphylaxis caused by food consumption in China. *Trends in Food Science & Technology*. 20 (5). 227–231.
- Komise (EU) 2021. Prováděcí nařízení Komise (EU) 2021/1975. Úřední věstník Evropské unie.
- Kouřimská, L., Adámková, A. 2016. Nutritional and sensory quality of edible insects. *NFS Journal*. 4 . 22–26.
- Kulma, M., Škvorová, P., Petříčková, D., Kouřimská, L. 2023. A descriptive sensory evaluation of edible insects in Czechia: do the species and size matter? *International Journal of Food Properties*. 26 (1). 218–230.
- Kulma, M., Tůmová, V., Fialová, A., Kouřimská, L. 2020. Insect consumption in the Czech Republic: what the eye does not see, the heart does not grieve over. *Journal of Insects as Food and Feed*. 6 (5). 525–535.
- Lange, K. W., Nakamura, Y. 2021. Edible insects as future food: chances and challenges. *Journal of Future Foods*. 1 (1). 38–46.
- Makkar, H. P. S., Tran, G., Heuzé, V., Ankers, P. 2014. State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Animal Feed Science and Technology*. 197 . 1–33.
- Manditsera, F. A., Luning, P. A., Fogliano, V., Lakemond, C. M. M. 2019. Effect of domestic cooking methods on protein digestibility and mineral bioaccessibility of wild harvested adult edible insects. *Food Research International*. 121 . 404–411.
- Mariutti, L. R. B., Rebelo, K. S., Bisconsin-Junior, A., de Moraes, J. S., Magnani, M., Maldonade, I. R., Madeira, N. R., Tiengo, A., Maróstica, M. R., Cazarin, C. B. B. 2021. The use of alternative food sources to improve health and guarantee access and food intake. *Food Research International*. 149 . 110709.
- Matiza Ruzengwe, F., Nyarugwe, S. P., Manditsera, F. A., Mubaiwa, J., Cottin, S., Matsungu, T. M., Chopera, P., Ranawana, V., Fiore, A., Macheka, L. 2022. Contribution of edible insects to improved food and nutrition security: A review. *International Journal of Food Science & Technology*. 57 (10). 6257–6269.
- Mlček, J., Adamek, M., Adámková, A., Borkovcová, M., Bednářová, M., Skácel, J. 2017. Detection of selected heavy metals and micronutrients in edible insect and their dependency on the feed using XRF spectrometry. *Potravinárstvo Slovak Journal of Food Sciences*. 11 (1). 725–730.
- Mohamed, E. 2015. a Determination of Nutritive Value of the Edible migratory locust *Locusta migratoria*. Linnaeus, 1758 (Orthoptera: Acrididae). 144–148.
- Mohamed, E. 2015. b Fatty acids contents of the edible migratory locust *Locusta migratoria* . Linnaeus, 1758 (Orthoptera: Acrididae).
- Mutungi, C., Irungu, F. G., Nduko, J., Mutua, F., Affognon, H., Nakimbugwe, D., Ekesi, S., Fiaboe, K. K. M. 2019. Postharvest processes of edible insects in Africa: A review of processing methods, and the implications for nutrition, safety and new products development. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 59 (2). 276–298.

- Nogales-Mérida, S., Gobbi, P., Józefiak, D., Mazurkiewicz, J., Dudek, K., Rawski, M., Kierończyk, B., Józefiak, A. 2019. Insect meals in fish nutrition. *Reviews in Aquaculture*. 11 (4). 1080–1103.
- Ochiai, M., Tezuka, K., Yoshida, H., Akazawa, T., Komiya, Y., Ogasawara, H., Adachi, Y., Nakada, M. 2022. Edible insect *Locusta migratoria* shows intestinal protein digestibility and improves plasma and hepatic lipid metabolism in male rats. *Food Chemistry*. 396 . 133701.
- Ojha, S., Bekhit, A. E.-D., Grune, T., Schlüter, O. K. 2021. Bioavailability of nutrients from edible insects. *Current Opinion in Food Science*. 41 . 240–248.
- Oonincx, D. G. A. B., van der Poel, A. F. B. 2010. Effects of diet on the chemical composition of migratory locusts (*Locusta migratoria*). *Zoo Biology*. n/a-n/a.
- Oonincx, Dennis G. A. B., van Itterbeeck, J., Heetkamp, M. J. W., van den Brand, H., van Loon, J. J. A., van Huis, A. 2010. An Exploration on Greenhouse Gas and Ammonia Production by Insect Species Suitable for Animal or Human Consumption. *PLoS ONE*. 5 (12). e14445.
- Ordoñez-Araque, R., Egas-Montenegro, E. 2021. Edible insects: A food alternative for the sustainable development of the planet. *International Journal of Gastronomy and Food Science*. 23 . 100304.
- Osimani, A., Garofalo, C., Milanović, V., Taccari, M., Cardinali, F., Aquilanti, L., Pasquini, M., Mozzon, M., Raffaelli, N., Ruschioni, S., Riolo, P., Isidoro, N., Clementi, F. 2017. Insight into the proximate composition and microbial diversity of edible insects marketed in the European Union. *European Food Research and Technology*. 243 (7). 1157–1171.
- Pandey, S., Poonia, A. 2018. Insects - An Innovative Source of Food. *The Indian Journal of Nutrition and Dietetics*. 55 (1). 108.
- Park, J., Motoki, K., Velasco, C., Spence, C. 2022. Celebrity insects: Exploring the effect of celebrity endorsement on people’s willingness to eat insect-based foods. *Food Quality and Preference*. 97 . 104473.
- Poma, G., Cuykx, M., Amato, E., Calaprice, C., Focant, J. F., Covaci, A. 2017. Evaluation of hazardous chemicals in edible insects and insect-based food intended for human consumption. *Food and Chemical Toxicology*. 100 . 70–79.
- Pradanas-González, F., Álvarez-Rivera, G., Benito-Peña, E., Navarro-Villoslada, F., Cifuentes, A., Herrero, M., Moreno-Bondi, M. C. 2021. Mycotoxin extraction from edible insects with natural deep eutectic solvents: a green alternative to conventional methods. *Journal of Chromatography A*. 1648 . 462180.
- Purschke, B., Tanzmeister, H., Meinlschmidt, P., Baumgartner, S., Lauter, K., Jäger, H. 2018. Recovery of soluble proteins from migratory locust (*Locusta migratoria*) and characterisation of their compositional and techno-functional properties. *Food Research International*. 106 . 271–279.

- Raheem, D., Raposo, A., Oluwole, O. B., Nieuwland, M., Saraiva, A., Carrascosa, C. 2019. Entomophagy: Nutritional, ecological, safety and legislation aspects. *Food Research International*. 126 . 108672.
- Roos, N. 2018. Insects and Human Nutrition. In: *Edible Insects in Sustainable Food Systems*. s. 83–91. Cham. Springer International Publishing.
- Rumpold, B. A., Schlüter, O. K. 2013. Potential and challenges of insects as an innovative source for food and feed production. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 17 . 1–11.
- Salama, S. M. 2020. Nutrient Composition and Bioactive Components of the Migratory Locust (*Locusta migratoria*). In: *African Edible Insects As Alternative Source of Food, Oil, Protein and Bioactive Components*. s. 231–239. Cham. Springer International Publishing.
- Sánchez-Muros, M. J., Barroso, F. G., de Haro, C. 2016. Brief Summary of Insect Usage as an Industrial Animal Feed/Feed Ingredient. In: *Insects as Sustainable Food Ingredients*.
- Schmidt, A., Call, L.-M., Macheiner, L., Mayer, H. K. 2019. Determination of vitamin B12 in four edible insect species by immunoaffinity and ultra-high performance liquid chromatography. *Food Chemistry*. 281 . 124–129.
- Schrögel, P., Wätjen, W. 2019. Insects for Food and Feed-Safety Aspects Related to Mycotoxins and Metals. *Foods*. 8 (8). 288.
- Skotnicka, M., Karwowska, K., Kłobukowski, F., Borkowska, A., Pieszko, M. 2021. Possibilities of the Development of Edible Insect-Based Foods in Europe. *Foods*. 10 (4). 766.
- Suárez López, M. M., Kizlansky, A., López, L. B. 2006. [Assessment of protein quality in foods by calculating the amino acids score corrected by digestibility]. *Nutricion hospitalaria*. 21 (1). 47–51.
- Sun-Waterhouse, D., Waterhouse, G. I. N., You, L., Zhang, J., Liu, Y., Ma, L., Gao, J., Dong, Y. 2016. Transforming insect biomass into consumer wellness foods: A review. *Food Research International*. 89 . 129–151.
- Turck, D., Castenmiller, J., De Henauw, S., Hirsch-Ernst, K. I., Kearney, J., Maciuk, A., Mangelsdorf, I., McArdle, H. J., Naska, A., Pelaez, C., Pentieva, K., Siani, A., Thies, F., Tsabouri, S., Vinceti, M., Cubadda, F., Frenzel, T., Heinonen, M., Marchelli, R., Neuhäuser-Berthold, M., Poulsen, M., Maradona, M. P., Schlatter, J. R., van Loveren, H., Azzollini, D., Knutsen, H. K. 2021. Safety of frozen and dried formulations from migratory locust (*Locusta migratoria*) as a Novel food pursuant to Regulation (EU) 2015/2283. *EFSA Journal*. 19 (7).
- Tzompa-Sosa, D. A., Yi, L., 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 Research International*. 62 . 1087–1094.
- ÚZEI, Ústav zemědělské ekonomiky a informací 2023. Czech Food Composition Database, Databáze složení potravin ČR verze 8.20. nutridatabase.cz.

- Van Huis, A. 2020. Insects as food and feed, a new emerging agricultural sector: a review. *Journal of Insects as Food and Feed*. 6 (1). 27–44.
- Van Huis, A. 2021. a Harvesting desert locusts for food and feed may contribute to crop protection but will not suppress upsurges and plagues. *Journal of Insects as Food and Feed*. 7 (3). 245–248.
- Van Huis, A. 2021. b Welfare of farmed insects. *Journal of Insects as Food and Feed*. 7 (5). 573–584.
- Van Huis, Arnold 2022. Edible insects: Challenges and prospects. *Entomological Research*. 52 (4). 161–177.
- Veldkamp, T., Vernooij, A. G. 2021. Use of insect products in pig diets. *Journal of Insects as Food and Feed*. 7 (5). 781–793.
- Verbeke, W. 2015. Profiling consumers who are ready to adopt insects as a meat substitute in a Western society. *Food Quality and Preference*. 39 . 147–155.
- WHO 2007. Protein and amino acid requirements in human nutrition. Roč. 935. Geneva, Switzerland.
- Williams, J. P., Williams, J. R., Kirabo, A., Chester, D., Peterson, M. 2016. Nutrient Content and Health Benefits of Insects. In: *Insects as Sustainable Food Ingredients*.
- Xiaoming, C., Ying, F., Hong, Z., Zhiyong, C. 2010. Review of the nutritive value of edible insects. *Forest insects as food: humans bite back*, FAO.
- Zielińska, E., Baraniak, B., Karaś, M., Rybczyńska, K., Jakubczyk, A. 2015. Selected species of edible insects as a source of nutrient composition. *Food Research International*. 77 . 460–466.

9 Seznam příloh

9.1 Seznam tabulek

Tab. 3.1 – Doporučený standard pro příjem esenciálních aminokyselin dle WHO ve srovnání s vybranými druhy jedlého hmyzu	18
Tab. 3.2 – Požadavky na obsah živin v přijatých formách <i>Locusta migratoria</i>	27
Tab. 3.3 – Porovnání nutričního složení těla <i>Locusta migratoria</i>	29
Tab. 3.4 – Aminokyselinové složení <i>Locusta migratoria</i> – esenciální aminokyseliny	31
Tab. 3.5 – Aminokyselinové složení <i>Locusta migratoria</i> – neesenciální aminokyseliny	31
Tab. 3.6 – Porovnání procentuálního zastoupení MK v těle <i>Locusta migratoria</i>	32
Tab. 3.7 – Složení (%) vybraných MK <i>Locusta migratoria</i>	32
Tab. 3.8 – Obsah minerálních látek v tkáních sušené <i>Locusta migratoria</i>	33
Tab. 3.9 – Obsah minerálních látek v pražené <i>Locusta migratoria</i>	34
Tab. 3.10 – Porovnání hlavních nutrientů konvenčních živočišných zdrojů bílkovin s <i>Locusta migratoria</i>	35
Tab. 3.11 – Srovnání obsahu některých minerálních látek <i>Locusta migratoria</i> s obsahem těchto minerálních látek v běžně konzumovaných zdrojích bílkovin	35
Tab. 3.12 – Porovnání obsahu vlákniny <i>Locusta migratoria</i> s rostlinnými zdroji	36
Tab. 3.13 – Porovnání základních živin <i>Locusta migratoria</i> s rybí a sójovou moučkou	37
Tab. 3.14 – Obsah aminokyselin	37
Tab. 4.1 – Věk respondentů	41
Tab. 4.2 – Pohlaví respondentů	42
Tab. 4.3 – Vzdělání respondentů	42
Tab. 5.1 – Obsah sušiny zjištěný z rozdílu hmotností před lyofilizací a po ní ve vzorcích <i>Locusta migratoria</i>	44
Tab. 5.2 – Obsah sušiny v lyofilizovaných vzorcích <i>Locusta migratoria</i>	44
Tab. 5.3 – Obsah popelovin v sušině ve vzorcích <i>Locusta migratoria</i>	44
Tab. 5.4 – Obsah tuku sušiny ve vzorcích <i>Locusta migratoria</i>	44
Tab. 5.5 – Obsah bílkovin v sušině ve vzorcích <i>Locusta migratoria</i>	45
Tab. 5.6 – Obsah minerálních látek ve vzorcích <i>Locusta migratoria</i>	45
Tab. 5.7 – Obsah aminokyselin v sušině ve vzorcích <i>Locusta migratoria</i> , AAS, EAAI	46
Tab. 6.1 – Porovnání stanovených esenciálních aminokyselin ve vzorcích <i>Locusta migratoria</i> s doporučením WHO	55
Tab. 6.2 – Porovnání stanovených esenciálních aminokyselin ve vzorcích <i>Locusta migratoria</i> s dalšími autory	56
Tab. 6.3 – Porovnání stanovených neesenciálních aminokyselin ve vzorcích <i>Locusta migratoria</i> s dalšími autory	56
Tab. 6.4 – Porovnání obsahu bílkovin a tuku s vybranými konvenčními zdroji potravin	57
Tab. 6.5 – Porovnání obsahu popelovin, tuku a bílkovin v sušině s konvenčními proteinovými přísadami krmiv	57

9.2 Seznam obrázků

Obr. 3.1 – Zpracování hmyzu	16
Obr. 3.2 – Saranče stěhovavá (<i>Locusta migratoria</i>).....	26
Obr. 4.4 – Saranče stěhovavá (<i>Locusta migratoria</i>) připravovaná ke konzumaci na akci Noc vědců 2022	42

9.3 Seznam grafů

Graf 1– Energetické složení 100 g sušeného prášku <i>Locusta migratoria</i>	30
Graf 2 – Věk respondentů	41
Graf 3 – Pohlaví respondentů	42
Graf 4 – Vzdělání respondentů	42
Graf 5 – Předchozí konzumace jedlého hmyzu v závislosti na věku respondentů	47
Graf 6 – Postoj ke konzumaci jedlého hmyzu v závislosti na pohlaví	47
Graf 7 - Postoj ke konzumaci jedlého hmyzu v závislosti na stupni vzdělání.....	48