

Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních
zdrojů
Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky



**Česká zemědělská
univerzita v Praze**

**Nutriční hodnota jedlého hmyzu v závislosti na
jeho zpracování**

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Františka Lachmanová

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 jedlého hmyzu v závislosti na jeho zpracování" jsem vypracovala samostatně pod vedením své 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

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala především mé školitelce Ing. Barboře Lampové za nekonečnou trpělivost, užitečné rady, ochotu, čas a rychlou zpětnou vazbu při revizích a konzultacích. Veliké poděkování náleží taktéž paní prof. Ing. Lence Kouřimské, Ph.D., která jakožto má vedoucí práce, i přes svou vytíženost vždy ochotně a rychle reagovala na mé zprávy a dotazy. Nemůžu vynechat ani svou rodinu, která mi po celou dobu byla oporou a trpělivě mi pomáhala s každodenními povinnostmi.

Nutriční hodnota jedlého hmyzu v závislosti na jeho zpracování

Souhrn

Ruku v ruce s extrémně rychle rostoucí světovou populací lidí, roste i poptávka po potravinách. Proto jsou hledány různé alternativní možnosti, jak zajistit nasycení nejen lidí, ale i zvířat. Hmyz se jeví jako nutričně bohatý a ekologicky šetrný zdroj, s krátkým životním cyklem a nenáročností na prostory a krmivo. Chov hmyzu, vědecký výzkum, vývoj produktů a edukace obyvatel se proto rozšířili i do západních zemí světa, kde konzumace hmyzu není běžná. Hmyz je tradičně kulinárně upravován mnoha způsoby, mezi běžné patří vaření, pečení, pražení, smažení a sušení. Těmito úpravami je dosaženo lepších sensorických vlastností, delší trvanlivosti a větší bezpečnosti potravin z hmyzu.

Cílem této práce bylo zjistit, jak vybrané kulinární úpravy ovlivní nutriční hodnoty jedlého hmyzu, konkrétně larev potemníka moučného (*Tenebrio molitor*) a dospělců cvrčka banánového (*Gryllus assimilis*). Oba tyto druhy byly nejprve usmrceny zmražením nebo spařením a následně kulinárně upraveny vařením, pražením, sušením nebo mikrovlnným ohřevem. Po lyofilizaci a homogenizaci vzorků byly provedeny chemické analýzy pro stanovení sušiny, popelovin, tuků, bílkovin a aminokyselin.

Na základě statistického vyhodnocení bylo pokázáno, že kulinární úprava ovlivňuje všechny výše zmíněné nutrienty, kromě aminokyselin, u kterých bylo dosaženo rozdílných výsledků dle zvoleného přepočtu, kdy mezi hodnotami přepočtenými na sušinu neexistoval statisticky významný rozdíl, kdežto mezi hodnotami přepočtenými na obsah v porci hmyzu statisticky významný rozdíl existoval ($p < 0,0001$). Změny výsledných hodnot v sušině, ovlivněné způsobem kulinární úpravy, byly nejednoznačné a lišily se v závislosti na druhu hmyzu i způsobu usmrcení. Výsledky obsahu v porci hmyzu však ve všech případech ukázaly pokles nutrientů vlivem vaření a nárůst po vystavení sušení, pražení i mikrovlnnému ohřevu.

Klíčová slova: Jedlý hmyz, entomofagie, kulinární úprava, nutriční kvalita, *Tenebrio molitor*, *Gryllus assimilis*

Nutritional value of edible insects in relation to its processing

Summary

Hand in hand with the extremely fast growing world population, the demand for food is also increasing. Therefore, various alternative options are being sought to ensure that not only humans but also animals are fed. Insects appear to be a nutritionally rich and environmentally friendly resource, with a short life cycle and low space and feed requirements. Therefore, insect farming, scientific research, product development and public education have spread to western countries where insect consumption is not common. Traditionally, insects have been cooked in many ways, with cooking, baking, roasting, frying and drying being common. These treatments achieve better sensory properties, longer shelf life and greater safety of insect foods.

The aim of this study was to investigate how selected culinary treatments affect the nutritional values of edible insects, specifically the larvae of the yellow mealworm beetle (*Tenebrio molitor*) and the adults of the Jamaican field cricket (*Gryllus assimilis*). Both of these species were first killed by freezing or boiling water and then culinarily modified by cooking, roasting, drying or microwave heating. After freeze-drying and homogenization of the samples, chemical analyses were performed to determine dry matter, ash, fat, protein and amino acids contents.

Based on statistical evaluation, it was shown that the culinary treatment affects all the above nutrients, except amino acids, for which different results were obtained according to the chosen conversion, with no statistically significant difference between the values converted to dry matter, whereas there was a statistically significant difference ($p < 0,0001$) between the values converted to insect portion content. Changes in the resulting dry matter values, influenced by the method of culinary preparation, were ambiguous and varied depending on the insect species and the method of killing. However, in all cases, the results of the content per portion of insects showed a decrease in nutrients due to cooking and an increase after exposure to drying, roasting and microwave heating.

Keywords: Edible insects, entomophagy, culinary preparation, nutritional quality, *Tenebrio molitor*, *Gryllus assimilis*

Obsah

1	Úvod	7
2	Vědecká hypotéza a cíle práce	8
3	Literární rešerše	9
3.1	Entomofágie	9
3.1.1	Historie	9
3.1.2	Současnost entomofágie	10
3.1.3	Hmyz jako potravina budoucnosti	13
3.2	Možná rizika konzumace hmyzu	15
3.2.1	Mikrobiologická rizika	15
3.2.2	Rizika toxicity	17
3.2.3	Alergie	17
3.2.4	Legislativní opatření	18
3.3	Nutriční aspekty jedlého hmyzu	21
3.3.1	Makronutrienty	21
3.3.2	Mikronutrienty	28
3.4	Faktory působící na nutriční kvalitu jedlého hmyzu	30
3.4.1	Vliv umístění odchovu	30
3.4.2	Vliv teploty při odchovu	30
3.4.3	Vliv množství, kvality a druhu krmiva	31
3.4.4	Vliv pohlaví a vývojového stádia	32
3.4.5	Vliv způsobu usmrcení	33
3.5	Nutriční kvalita jedlého hmyzu v závislosti na zpracování	33
4	Materiál a metodika	37
4.1	Materiál	37
4.1.1	Biologický materiál	37
4.1.2	Chemikálie	38
4.1.3	Přístroje	38
4.2	Metodika	39
4.2.1	Úprava vzorků před analýzou	39
4.2.2	Stanovení sušiny	39
4.2.3	Stanovení popelovin	41
4.2.4	Stanovení tuku dle Soxhleta	41
4.2.5	Stanovení bílkovin dle Kjeldahla	42
4.2.6	Stanovení spektra aminokyselin	43
4.2.7	Statistická analýza	43
5	Výsledky	44
5.1	Obsah sušiny	44
5.2	Obsah popelovin	46
5.3	Obsah tuku	48
5.4	Obsah bílkovin	51
5.5	Obsah aminokyselin	54

6	Diskuze	62
6.1	Sušina	62
6.2	Popeloviny	63
6.3	Celkový tuk	63
6.4	Hrubý protein	64
6.5	Aminokyseliny	65
7	Závěr	66
8	Seznam literatury	67
9	Seznam použitých zkratk	77
10	Seznam tabulek	78
11	Seznam obrázků a grafů	80

1 Úvod

Hmyz byl sbírán a konzumován již v pravěku, ještě předtím, než se z lidí stali lovci. Nejstarší důkazy jsou datovány do doby 30 000 let př. n. l. V různých částech světa se konzumace hmyzu zachovala až do dnešní doby a stala se tradicí. V západních zemích bývá považována za exotickou atrakci a je často vystavena neofobii. Povědomí a prvotní zkušenosti s jedlým hmyzem se však rozšiřují, roste poptávka po různých produktech s obsahem hmyzího proteinu, zvyšuje se návštěvnost akcí a food festivalů s ochutnávkou hmyzu a pomalu se stává populární alternativou a spěstřením jídelníčku obyvatel rozvinutých zemí.

Od počátku 21. století je jedlému hmyzu věnována pozornost i z hlediska vědy a výzkumu. Proběhlo již několik vědeckých konferencí s bohatou účastí a rapidně vzrostl počet publikovaných studií na toto téma. Jsou zkoumány vhodné podmínky a způsoby chovu, rizika toxicity, mikrobiologického zatížení, alergenicity, názory a preference spotřebitelů, senzorycké, nutriční a technologické vlastnosti, možnosti zpracování a jejich vliv na nutriční složení, biologickou dostupnost i vznik nežádoucích látek.

Výroba hmyzích potravin začíná sklizní hmyzu ve volné přírodě či v průmyslových chovech (insektáriích) a následně je zpracováván. Zpracování hmyzu se provádí pro snížení mikrobiálního rizika, dosažení požadovaných technologických vlastností a pro zlepšení organoleptických vlastností se provádí různé způsoby kulinární úpravy jako je vaření, pečení, smažení, pražení a vaření v páře či použití mikrovln. V publikacích se však objevují určité rozpory, pokud jde o vliv kulinárních úprav na nutriční hodnoty hmyzu.

2 Vědecká hypotéza a cíl práce

Kulinární úprava ovlivní výslednou nutriční hodnotu jedlého hmyzu. Rozdíly budou pozorovány i mezi jednotlivými druhy. Cílem této diplomové práce bylo zjistit, jaké jsou rozdíly v nutriční hodnotě jedlého hmyzu, který bude různě kulinárně zpracován.

3 Literární rešerše

3.1 Entomofágie

Výrazem entomofágie označujeme využívání hmyzu jako potravin. Toto označení pochází z řeckého slova „éntomon“, které lze doslovně přeložit jako „rozdělení na segmenty“ a „phagein“, což představuje činnost stravování (Dunkel & Payne 2016). Ačkoliv je entomofágie běžně používána v souvislosti s lidskou výživou, označuje způsob stravování všech zvířat, kteří se živí hmyzem. V poslední době se setkáváme s přesnějším termínem antroentomofágie, který se týká výhradně využívání hmyzu pro lidskou výživu (Costa-Neto & Dunkel 2016). Jedlý hmyz je nutričně kvalitní surovina, s vysokým obsahem mikronutrientů, bílkovin, tuků, vlákniny, esenciálních aminokyselin (AMK) a dobrou stravitelností. Dalšími výhodami jsou nízké nároky na půdu, vodu, nízká produkce skleníkových plynů, nízká konverze krmiva a celkově lepší dopady na životní prostředí než u hospodářských zvířat (van Huis et al. 2013).

3.1.1 Historie

Konzumace hmyzu jako potravy člověkem není žádný nový trend. Hmyz je člověku potravou již od samého raného vývoje. Spotřeba hmyzu lidmi je historicky i geograficky starým, rozšířeným jevem (Sponheimer et al. 2005; Costa-Neto & Dunkel 2016)

Pokud se podíváme do historie k našim dávným předkům z pravěku, je zřejmé, že ještě před tím, než se z člověka stal lovec, konzumoval hmyz pravidelně. Hmyzí vajíčka, larvy, kukly i dospělci byli v pravěku hojně využívány jako zdroj potravy. Hmyz představoval důležitou složku ve výživě pravěkého člověka a byl vhodnou alternativou zdroje bílkovin při zhoršených životních podmínkách a nedostatku masa získaného lovem zvěře. Sběr hmyzu zároveň nepředstavoval oproti lovu téměř žádné riziko. Lidé žijící v tropických oblastech měli k dispozici různé druhy hmyzu po celý rok a navíc hmyz v těchto podmínkách dosahoval mnohem větších rozměrů (Sponheimer et al. 2005; van Huis & Oonincx 2017).

Dle Baiano (2020) můžeme datovat počátky entomofágie přinejmenším do období 30 000 až 9000 let před naším letopočtem. Z této doby pocházejí i nástěnné malby v jeskyních ve španělské Altamire, které zobrazují sběr včelích hnízd a plástů. V jeskyních v USA a Mexiku byly zase nalezeny fosilní výkaly, které obsahovaly stopy mravenců, larev, vší, klíšťat a roztočů (Capinera 2008). Dalším důkazem o pravěké konzumaci hmyzu člověkem jsou například analýzy koncentrace izotopů uhlíku v zubní sklovině australopitéků, které naznačují, že strava se z velké části skládala právě z hmyzu. Také poměr stroncia a vápníku (Sr/Ca) u *Paranthropa* poukazuje na konzumaci více živočišné potravy (Sponheimer et al. 2005; Baiano 2020). Existuje dokonce důkaz, že některé první nástroje byly vyvinuty pro získání termitů z termitišť (Dunkel & Payne 2016).

Písemné zmínky o entomofágii se objevují v čínských kronikářských záznamech, v mexických kodexech, kronikách přírodovědců i na starém papyru pocházejícího ze starobylého Egypta (Costa-Neto & Dunkel 2016). O hmyzu jako potravíně a o jeho léčebných vlastnostech se píše také v čínské literatuře z období dynastie Ming (1368–1644).

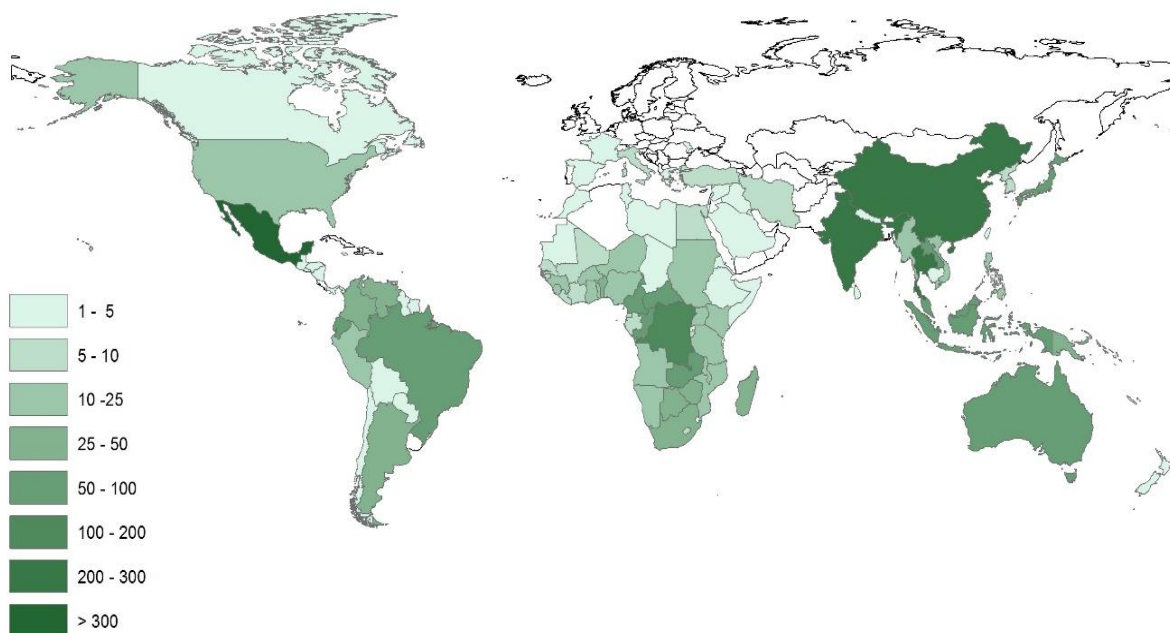
V Evropě pocházejí první zmínky z Řecka, kde se konzumovaly cikády. Toto popsal ve své knize *Historia Animalium* Aristoteles (384–322 př. n. l.). Hmyz byl hojně vyhledáván i ve starém Římě (van Huis et al. 2013).

Stravovací návyky jsou od nepaměti ovlivňovány kulturními zvyky, které jsou většinou dány náboženstvím v daném místě. O požívání hmyzu se proto můžeme dočíst v křesťanské, židovské i islámské literatuře. Bible například zmiňuje entomofágie ve Starém i v Novém zákoně. Popisuje, že pokrmem Jana Křtitele byly kobyly a lesní med. Pravděpodobně se jednalo o pouštní kobyly *Schistocerca gregaria*. V islámském náboženství můžeme najít několik odkazů na povolení konzumace kobyly, včel, mravenců, vši a termitů. Požívání košer kobyly umožňuje i židovská kultura. Tato tradice však byla zachována pouze v Jemenu a severní Africe (van Huis et al. 2013; Costa-Neto & Dunkel 2016).

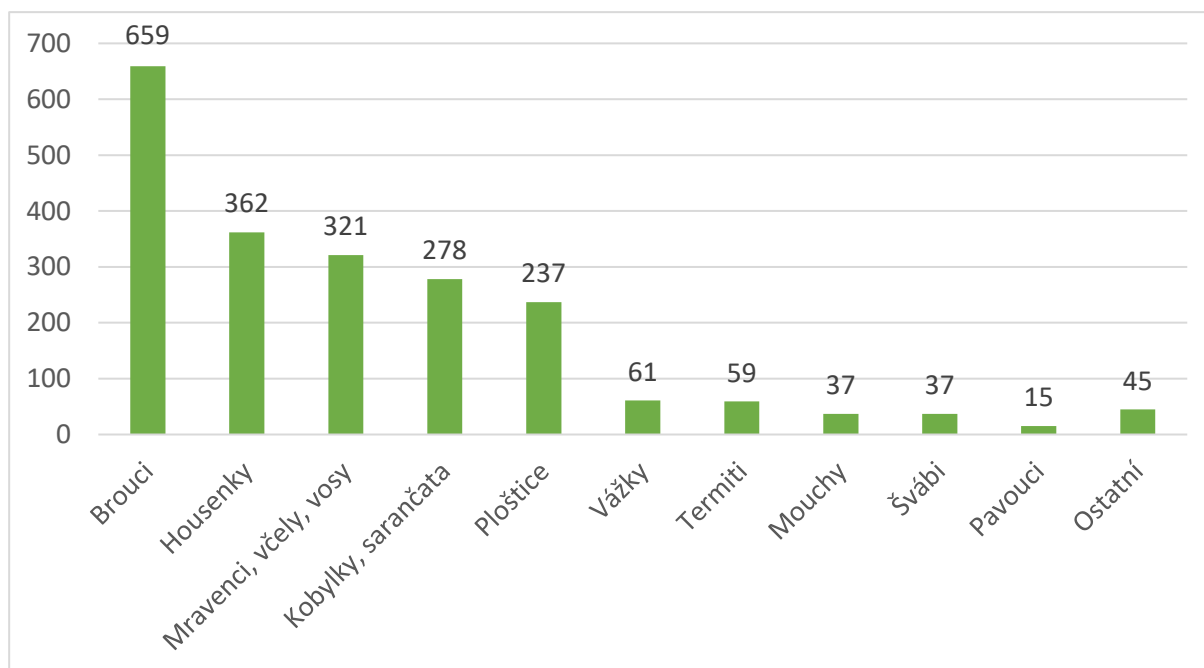
3.1.2 Současnost entomofágie

V současné době je využití hmyzu jako potravního zdroje praktikováno mnoha kulturami po celém světě a je odhadováno, že hraje hlavní roli ve stravě až dvou miliard lidí. Rozšířená je entomofágie především v 35 afrických, 29 asijských, 23 amerických, 11 evropských zemích a ve 14 zemích Oceánie. Mezi největší konzumenty hmyzu pak patří Mexiko, Čína, Thajsko a Indie (Costa-Neto & Dunkel 2016; Baiano 2020). V Africe je nejoblíbenějším konzumovaným hmyzem kobyly *Ruspolia differens*. Především v oblasti Viktoriina jezera jsou tyto kobyly známé pod pojmem „nsenene“ a jsou považovány za delikatesu (van Huis et al. 2013). V Japonsku, Číně, Vietnamu a na Korejském poloostrově patří mezi nejoblíbenější a nejprodávanější jedlý hmyz larvy bource morušového (*Bombyx mori*) a včelí plod. V jižní Americe, v Kolumbii, Mexiku a Brazílii je nejvíce oblíbená larva brouka *Rhynchophorus ferrugineus* známá pod označením „palm weevil“. Tyto larvy jsou díky vysokému obsahu tuku proslulé svou lahodnou chutí. V Austrálii, mezi domorodými kmeny, jsou základem stravy tzv. „witchetty grubs“, což jsou velké bílé larvy brouka *Endoxyla leucomochla*, které se živí dřevem. Další vyhledávanou lahůdkou v Austrálii jsou mravenci rodu *Myrmecocystus*, známí jako „honeypot ants“. Tito v překladu medonosní mravenci v sobě skladují medovici a vynikají proto svojí sladkou chutí (Costa-Neto & Dunkel 2016).

Určit kolik druhů hmyzu se ve světě konzumuje je obtížné. Laická veřejnost totiž k jeho popisu nepoužívá ustálené odborné názvosloví ani taxonomické zařazení. Další komplikací je, že v mnoha kulturách lidé používají několik různých lidových takzvaně etnospecifických názvů pro tentýž druh hmyzu (van Huis et al. 2013). Yde Jongema z výzkumné univerzity v Nizozemsku proto v roce 2012 sepsal soupis jedlého hmyzu, který zahrnoval 1900 druhů jedlého hmyzu po celém světě. V roce 2017 byl tento seznam aktualizován a bylo napočítáno 2111 druhů (Jongema 2017). Geografický výskyt jednotlivých druhů je vyznačen na Obrázku 1 a na Grafu 1 jsou pro větší přehlednost znázorněny počty druhů jedlého hmyzu.



Obrázek 1: Geografické znázornění zaznamenaných druhů jedlého hmyzu (Jongema 2017)



Graf 1: Počty zaznamenaných druhů jedlého hmyzu (Jongema 2017)

Mezi nejkonzumovanější řád hmyzu ve světě (31 %) patří brouci (*Coleoptera*), což je dáno převážně tím, že v tomto řádu je zahrnuto zhruba 40 % ze všech známých druhů hmyzu. Druhým nejčastěji konzumovaným hmyzem (18 %) jsou motýli (*Lepidoptera*), ti jsou oblíbení hlavně v subsaharské Africe. V Latinské Americe jsou oblíbenou pochoutkou blanokřídlí (*Hymenoptera*), do tohoto řádu se řadí například včely, vosy a mravenci, se 14 % jsou na třetím místě. Dalším populárním hmyzem jsou s 13 % kobylinky, sarančata a cvrčci, ti patří do řádu rovnokřídlých (*Orthoptera*). Mezi další často konzumované (10 %) patří hmyz z řádu polokřídlí (*Hemiptera*). Již méně konzumovaným řádem jsou termity (*Isoptera*) a vážky (*Odonata*). Posledním zmíněným významněji konzumovaným řádem jsou mouchy (*Diptera*), které jsou zastoupeny 2 %. Zbylé řády jsou konzumovány už jen minoritně (van Huis et al. 2013).

Hmyz je v mnoha zemích běžnou součástí jídelníčku lidí. Obchodování s jedlým hmyzem funguje v současnosti zejména v jihovýchodní Asii a střední Africe. Například v Laosu, Thajsku a Vietnamu se hmyz běžně chová pro lidskou spotřebu. Sběr a chov hmyzu nabízí obyvatelům práci, a je tedy zdrojem finančních příjmů (Van Huis 2013). V Evropě však bývá konzumace hmyzu považována za odpudivou praxi (Zielińska et al. 2018). Ztráta zájmu o využívání hmyzu jako potraviny byla pravděpodobně zapříčiněna rozšířením zemědělství a domestikací zvířat během neolitu. V tehdejší době se v Evropě vyskytovalo velké množství volně žijících býložravých a všežravých zvířat, která poskytovala značné množství masa, ale i kůži, vlnu, mléko nebo pomoc při zemědělství. Díky užitečnosti těchto zvířat se domestikace hmyzu (kromě včel) nerozšířila, protože hmyz nemohl nabídnout stejné výhody (van Huis et al. 2013). Zielińska et al. (2018) uvádí, že ačkoliv Evropané hmyz nekonzumují vědomě, každoročně sní nevědomky 500 g hmyzu. Je to zapříčiněno tím, že i přes veškerou snahu zemědělců a dodržování zadaných limitů, se občas nějaký hmyz dostane skrze původní suroviny do produktů. Například z obilí do mouky, z ovoce do různých šťáv, dále také do kečupu, kávy, čokolády a dalších jiných potravin. Hmyz se ale v Evropě využívá v potravinářství i vědomě. Karmínový brouk neboli červec nopálový (*Dactylopius coccus*) slouží k výrobě červeného barviva (E120, košenila). Další pochutinou, která vznikla díky hmyzu (vyměšování tekutin ústy včel), je již zmiňovaný med. Ten je lahodný, avšak mnoho lidí nezná jeho původ a možná kdyby o něm věděli více, začali by nahlížet na roli hmyzu v jídelníčku z jiného úhlu. Bylo však zaznamenáno, že v posledních letech se začíná názor na konzumaci hmyzu měnit (Costa-Neto & Dunkel 2016). Několik evropských zemí, jako je Belgie, Nizozemí nebo Švýcarsko, prohlásilo, že začne s produkcí a spotřebou některých druhů jedlého hmyzu. V Belgii prodávají hmyzí pokrmy a svačinky supermarkety Carrefour a Delhaize. Prvního listopadu 2014 zařadil do své nabídky nizozemský národní obchodní řetězec Jumbo hamburgery, řízky a nuggety, které obsahovaly asi 16 % mouky z larev potměníka moučného (*Tenebrio molitor*). Zpočátku tyto výrobky zkoušelo několik prodejen a v průběhu roku 2015 byly zavedeny do všech 550 poboček po celé zemi. Do roku 2016 se však jejich počet snížil. Třináct britských firem prodává hmyz v neochuceném, kořeněném nebo kandovaném stavu, včetně obřích opékaných mravenců a cvrčků (Dunkel & Payne 2016; House 2018).

Existují snahy o využití hmyzu i pro výživu hospodářských zvířat a zvířat v zájmovém chovu (Derrien & Boccuni 2018). Systematický vědecký výzkum využití hmyzu jako potenciálního krmiva hospodářských zvířat byl zahájen až na přelomu šedesátých a sedmdesátých let minulého století. Poslední dekáda pak přinesla celou řadu odborných studií na toto téma (Ooninx & Finke 2021). Hospodářská zvířata v Evropě jsou nejčastěji krmena potměnkem moučným (*Tenebrio molitor*) nebo také mouchou bráněnkou (*Hermetia illucens*). Pro zvířata v zájmových chovech jsou pak kromě výše zmíněných druhů hmyzu používáni například zavíječ voskový (*Galleria mellonella*), bourec morušový (*Bombix mori*) a především různé druhy cvrčků (*Grylloidea*) (Derrien & Boccuni 2018).

V České republice zatím není konzumování hmyzu běžnou praxí. Alternativní zdroje proteinu se však stávají populární a entomofágie se zde dostává do podvědomí. Kouřimská et al. (2020) ve své studii hodnotili postoj obyvatel ČR ke konzumaci jedlého hmyzu. Devadesáti osmi dobrovolníkům, kteří se účastnili sensorické analýzy, byl nabídnut dospělec cvrčka domácího (*Acheta domestica*). Cvrček byl po 24 hodinách hladovění usmrčen ponořením do vroucí vody a dále upraven pečením v troubě, 10 minut při 200 °C. Před ochutnáním byl hmyz hodnocen negativně, po ochutnání se přijatelnost zlepšila o 52 %. Ochutnávce byli otevřenější spíše ženy a mladší hodnotitelé (věková skupina mezi 18–25 lety) a účastníci preferovali konzumaci hmyzu pečeného, smaženého či praženého oproti hmyzu, který byl pouze uvařený.

Několik studií porovnávajících ochotu účastníků ochutnat hmyz uvádí mnohem větší přijatelnost výrobků s přísadkou hmyzího proteinu oproti ochotě konzumovat hmyz v celku. Zapracováním hmyzu do výrobku v podobě například cvrččí mouky odpadá největší překážka pro konzumenty, kterou představuje viditelnost hmyzu a fobie z hmyzu a neznámého (tzv. neofobie) (Hartmann et al. 2015; Orsi et al. 2019). V posledních letech se postoj k jedlému hmyzu pomalu mění. Zasloužily se o to především festivaly jídla a restaurace, které připravují hmyzí speciality. Produkce hmyzu stoupá a začíná být oblíbeným trendem ve výživě člověka, širší veřejnosti je prezentována jako nová alternativní potravina s dobrými výživovými vlastnostmi (Mlček 2020).

3.1.3 Hmyz jako potravina budoucnosti

Očekává se, že do roku 2050 světová populace lidí dosáhne nebo překročí 9 miliard a celosvětová poptávka po potravinách a krmivech vzroste o 70 % (WHO/FAO 2003). Rostoucí globální populace, ruku v ruce se zvyšující se spotřebou a změnami ve stravovacích návycích, představuje vyšší poptávku než kdy jindy, po dostupných zdrojích pro uspokojení nutričních potřeb jak zvířat, tak i lidí (van Huis et al. 2013).

Živočišná výroba je v současnosti jedním z nejdůležitějších faktorů ovlivňujících globální klima. Toto průmyslové odvětví je jedním z největších zdrojů skleníkových plynů, hlavní hnací silou využívání a znečišťování sladké vody a přispívá ke ztrátě biologické rozmanitosti. Zemědělství spotřebovává více pitné vody, než všechny ostatní lidské činnosti (vaření, hygiena i třeba plnění bazénů a zalévání zahrad) dohromady. Významný podíl z této spotřeby je kvůli živočišné produkci. Udává se, že na vyprodukování 1 kg hovězího masa je spotřebováno zhruba 15 000 litrů vody, což je 10× více než rostliny (Godfray et al. 2018).

Živočišná strava je také výrazně náročnější na půdu. Zemědělská půda pokrývá 43 % povrchu země a z toho 87 % je využíváno k produkci potravin z čehož asi třetina je využívána jako krmivo (Steinfeld et al. 2006). Současná klimatická krize představuje celosvětovou obrovskou hrozbu pro zajišťování potravin, dostupnost vody a biologickou rozmanitost a také hlavní příčinu ekologických katastrof. Podle Mezivládního panelu pro změnu klimatu je náš současný potravinový systém zodpovědný až za třetinu celosvětových emisí skleníkových plynů, přičemž živočišné zemědělství představuje přibližně polovinu těchto emisí (Barbosa et al. 2019).

Celosvětová pozornost hmyzu jako alternativního zdroje živočišného proteinu v zemědělství a v lidské výživě započala v roce 2013 příspěvkem FAO. Tato zpráva zdůrazňovala některá fakta o hmyzu, jako menší nároky na půdu, vodu, krmivo a celkově menší zátěž k životnímu prostředí než hospodářská zvířata (van Huis et al. 2013). Jelikož je hmyz poikilotermní, nevyžaduje energii pro termoregulaci a rychlost konverze krmiva tak může být velmi vysoká (Akhtar & Isman 2018). Konverze krmiva (food conversion ratio) vyjadřuje spotřebu krmiva na jednotku přírůstku zvířete.

Právě pro pozitivní nutriční vlastnosti a relativně malý dopad na životní prostředí může být jedlý hmyz považován za „potravu budoucnosti“. Díky krátkému životnímu cyklu hmyzu má jeho produkce ekologický význam, jelikož může vést ke snížení emisí skleníkových plynů, k poklesu využití půdy a zlepšení stavu znečištěné vody a životního prostředí (Raheem et al. 2019). Srovnání vlivu chovu cvrčků oproti chovu hospodářských zvířat je znázorněno na Obrázku 2.

	Cvrček	Drůbež	Vepř	Skot
Produkcce skleníkových plynů na kg živé váhy (g)	2	N/A	1,130	2,850
Krmivo potřebné na kg váhy (kg)	1.7	2.5	5	10
Půda potřebná na g proteinu (m ²)	18	51	63	254
Voda potřebná na g proteinu (l)	23	34	57	112

Obrázek 2 Porovnání vlivu vybraných zvířat na životní prostředí (Oonincx et al. 2010).

3.2 Možná rizika konzumace hmyzu

Spotřeba jedlého hmyzu po celém světě vzrůstá a je tedy zásadní, aby byla jeho konzumace bezpečná. Stejně jako u ostatních potravin, podstupuje jedlý hmyz kontrolu bezpečnosti, která stanovuje výskyt a obsah mikroorganismů, parazitů, toxinů, těžkých kovů, veterinárních léčiv, hormonů a reziduí pesticidů (Baiano 2020). Úřad EFSA (2015) zveřejnil stanovisko týkající se rizik spojených s konzumací hmyzu. Jedná se o mikrobiální rizika (bakterie, parazité, houby, priony), chemická rizika (těžké kovy, toxiny, rezidua pesticidů a léčiv), fyzikální rizika, výskyt alergií a rizika environmentální.

Pro masovou produkci jedlého hmyzu jako potraviny by měly být chovány pouze bezpečné druhy hmyzu a chov by měl probíhat v hygienických podmínkách, aby nedocházelo ke kontaminaci z prostředí. Výrobci, uvádějící na trh produkty z jedlého hmyzu, by měli přijmout systém analýzy rizika a kritických kontrolních bodů (HACCP) a předcházet tak kontaminaci produktů (Van Huis 2016).

3.2.1 Mikrobiologická rizika

Bezpečnost hmyzu jako potraviny může být ovlivněna obsahem přidružených mikroorganismů. Hmyz sbíraný v přírodě i hmyz chovaný na farmách může být infikován patogenními mikroorganismy, včetně bakterií, virů, hub, prvoků a dalších (Vega & Kaya 2012).

Při hodnocení mikrobioty je třeba vzít v úvahu dva typy mikrobiálního společenstva hmyzu. První typ je s hmyzem neodmyslitelně spjat jako součást jeho života a tvoří jeho mikrobiom (Van der Fels-Klerx et al. 2018). Podle EFSA (2015) se mikrobiom hmyzu skládá z bakterií různých rodů - *Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Bacillus*, *Proteus*, *Pseudomonas*, *Escherichia*, *Micrococcus*, *Lactobacillus* a *Acinetobacter*. Druhý typ mikrobiálního společenstva se do hmyzu dostává během chovu a zpracování (Van der Fels-Klerx et al. 2018).

Podle stanoviska EFSA (2015) je možné vzhledem k fylogenetické odlišnosti hostitelů považovat entomopatogenní bakterie za neškodné pro zvířata i člověka. Bakteriální nebezpečí pro lidi a zvířata tedy pochází především z vlastní mikrobioty hmyzu nebo souvisí s podmínkami chovu, manipulací, zpracováním a konzervací. Použitý substrát a prostředí chovu silně ovlivňují mikrobiotu hmyzu. Obecně však platí, že substráty potravinářské a krmné kvality, které jsou udržovány v dobrých hygienických podmínkách, by neměly při krmení hmyzu představovat žádné další riziko. Také je nutné zvážit možnou přítomnost bakterií tvořících spory, které přežívají pasterační teploty a riziko křížové kontaminace. Klunder et al. (2012) svým laboratorním pokusem zdůraznili význam hygienického zacházení a správného skladování. Zabývali se mikrobiologickým složením larev *Tenebrio molitor* a cvrčků domácích (*Acheta domestica*). Vařením hmyzu ve vodě po dobu několika minut byly enterobakterie zlikvidovány. Bylo však zjištěno, že spory tento proces přežily. Tyto spory by za příznivých podmínek (teplota kolem 30 °C a vlhké prostředí) mohly vyklíčit a následně se množit, což by způsobilo kažení potravin. Bakterie tvořící spory byly nalezeny ve střevech hmyzu i na jeho povrchu a pravděpodobně byly přenášeny půdou.

Adámek et al. (2018) analyzovali mikrobiologickou kvalitu několika druhů různě zpracovaného jedlého hmyzu (*Tenebrio molitor*, *Alphitobius diaperinus*, *Gryllus assimilis*,

Locusta migratoria), který byl dlouhodobě skladován. Všechny vzorky byly shledány bezpečnými pro lidskou spotřebu a jako nejvhodnější úpravu pro dlouhodobé skladování určili usmrcení vroucí vodou, sušení při 103 °C po dobu 12 hodin a následné hermetické zabalení. Ministerstvo zemědělství ČR (2018) vydalo příručku „Zásady správné zemědělské a výrobní praxe produkce hmyzu určeného pro lidskou spotřebu“, kde uvádí doporučená mikrobiologická kritéria pro chovaný hmyz, která vychází z platných evropských právních předpisů. Tato kritéria jsou zobrazena v Tabulce 1.

Tabulka 1 Mikrobiologická kritéria pro jedlý hmyz od Ministerstva zemědělství ČR (2018)

Hodnocené bakterie	Maximální přípustné hodnoty
<i>Salmonella spp.</i>	nepřítomna v 25 g nebo ml výrobku
Mezofilní aerobní bakterie	10 ⁵ CPM* v 1 g nebo ml výrobku
Enterobacteriaceae	10 ² CPM* v 1 g nebo ml výrobku
<i>Staphylococcus aureus</i>	nepřítomen v 1 g nebo ml výrobku

*zkratka CPM znamená celkový počet mikroorganismů

Na rozdíl od potenciálního mikrobiálního nebezpečí je o některých druzích jedlého hmyzu známo, že obsahují antibakteriální peptidy. Bylo například zjištěno, že peptid Hf-1 z larev mouchy domácí (*Musca domestica*) inhibuje potravinové patogeny, jako jsou *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella typhimurium*, *Shigella dysenteriae*, *Staphylococcus aureus* a *Bacillus subtilis*. Přítomnost Hf-1, který byl nalezen také v pomerančové šťávě, naznačuje, že hmyz má potenciál jako konzervační látka v potravinách (Hou et al. 2007).

Hmyz je nositelem množství virových patogenů, které jsou považovány za bezpečné pro člověka a v některých případech jsou dokonce schváleny jako biokontrolní činidla v zemědělství. Zároveň některé lidské viry jsou taxonomicky příbuzné hmyzím, ale v hmyzu se nedokážou replikovat, takže nepředstavují zdravotní riziko (Eilenberg et al. 2015). Nicméně existují viry (arboviry) schopné způsobovat člověku závažná onemocnění (např. horečka dengue, západonilská horečka, hemoragická horečka). Tyto arboviry se replikují v členovcích a jsou jimi dále přenášeny (King et al. 2012). EFSA (2015) upozornila na riziko výskytu virů přenášených potravinami, jako je virus hepatitidy A, virus hepatitidy E nebo norovirus. Tyto viry by mohly být přítomny v hmyzu nebo v potravinách pocházejících z hmyzu. Jedná se o nejčastěji přenášené viry prostřednictvím potravin.

3.2.2 Rizika toxicity

Chemické kontaminanty mohou být přítomny v potravinách a krmivech z hmyzu a vyskytovat se v důsledku přítomnosti konkrétní kontaminující látky v prostředí a/nebo v substrátu. Mezi takové chemické látky patří mimo jiné těžké kovy, rezidua veterinárních léčiv, organohalogenové sloučeniny a rezidua pesticidů. Hlavní cesta expozice chemickým látkám vede přes substrát, na kterém je hmyz chován, a proto se chemická látka nebo látky, které jsou předmětem zájmu, budou podle toho lišit. Například hmyz chovaný na zemědělském odpadu může být vystaven působení pesticidů a mykotoxinů, zatímco hmyz chovaný na hnoji může být vystaven převážně reziduíům veterinárních léčiv (Van der Fels-Klerx et al. 2018).

V zásadě existují dvě kategorie jedovatého hmyzu: fanerotoxické a kryptotoxické. Do první kategorie patří hmyz, který má orgány sloužící k syntéze jedů, jako např. u mravenců a včel. O kryptotoxickém hmyzu hovoříme tehdy, obsahuje-li v důsledku své syntézy nebo akumulace potenciálně škodlivé látky. Tyto látky mohou být lokalizovány ve specifických strukturách nebo rozptýleny v různých částech těla (Patel et al. 2019).

3.2.3 Alergie

Tak jako je tomu u jiných potravin, může u senzitivních jedinců vyvolávat expozice hmyzu alergickou reakci, která se projevuje na kůži (dermatitidami, svěděním a ekzémy), může také docházet k angioedému či astmatu, který může vyústit až k anafylaktickému šoku. Mezi dobře známé alergie patří alergie na včelí a vosí jed a na pyl. Ani larvy včel se nedoporučují konzumovat jedincům, kteří jsou alergičtí na pyl, protože ho mohou samy obsahovat (Van Huis 2013). U jedlého hmyzu byl také potvrzen výskyt tzv. zkřížených alergií, které vznikají kvůli podobnosti v sekvenci aminokyselin alergenů. IgE protilátky imunitního systému poté reagují stejně (Van Huis 2016). Proto například u lidí alergických na roztoče nebo mořské plody může konzumace hmyzu vyvolat shodnou alergickou reakci (Verhoeckx et al. 2016). Hlavní protein, obsažený v tělech členovců, je tropomyosin. Tropomyosin je tzv. panalergen a zkříženě reaguje s IgE pacientů alergických na korýše (Van Broekhoven et al. 2016). Broekman et al. (2016) provedli dvojité zaslepený, placebem kontrolovaný test zkoumající výskyt alergické reakce po konzumaci *T. molitor* u pacientů alergických na krevety. U 87 % dobrovolníků se po konzumaci alergická reakce projevila. Většina byla senzibilní buď na tropomyosin moučných červů a/nebo arginin kinázu, ačkoli byla zjištěna vazba IgE i na další neidentifikované proteiny.

Zatím není zcela jasné, zda zpracování jedlého hmyzu dokáže zničit alergenní složky. Dle Van Broekhoven et al. (2016) však tepelné zpracování může snížit riziko vzniku alergických reakcí. Ve své studii prokázali nižší alergenicitu tropomyosinu u smažených vzorků. Je však nutné se této problematice dále věnovat (Van der Fels-Klerx et al. 2018).

3.2.4 Legislativní opatření

Od roku 2018 spadá jedlý hmyz podle Nařízení Evropského parlamentu a Rady EU 2015/2283 mezi takzvané potraviny nového typu, anglicky novel food (zkráceně pouze „NP“). Jsou to potraviny, které lidé v EU ve větší míře nekonzumovali před 15. květnem 1997, byly pro ně nové, neobvyklé a netradiční (Turck et al. 2016). Pojem „nové potraviny“ byl však využíván už dříve, když se do Evropy začaly dostávat nové druhy potravin ze všech koutů světa. Jako novel food označujeme nejen potraviny z nových zdrojů (olej z antarktického krilu), ale i nové látky používané v potravinářství (rostlinné steroly) či nové technologie výroby potravin (nanotechnologie) (EFSA 2021). Dle nařízení č. 2015/2283 o nových potravinách musí každý druh hmyzu před uvedením na trh projít schvalovacím procesem a zhodnocením bezpečnosti. Podnik musí podat žádost o nový produkt Evropské komisi, která vyhodnotí, zda daný druh hmyzu a konkrétní způsoby použití, odpovídají všem požadavkům a nepředstavují riziko pro spotřebitele. Požadavky pro produkt jsou definovány nařízením č. 2469 (2017). Nařízení č. 2283 (2015) dále stanovilo tzv. přechodné období, které umožňuje legalizovat všechny potraviny, které nepatřily do působnosti původního nařízení z r. 1997, byly tedy na trh uvedeny v souladu s právními předpisy, ale do působnosti nařízení (EU) č. 2015/2283 již spadají. To však neplatí pro potraviny a složky potravin, které byly získány a extrahovány z částí hmyzu, lze totiž použít pouze celá či mletá těla. Tato pravidla jsou platná ve všech členských státech EU, tudíž i na území České republiky (Potravinářská komora 2018).

V České republice byla 11. března 2019 schválena novela Zákona o veterinární péči, která umožňuje zakládat a provozovat farmy pro chov hmyzu, který je dále určen k lidské spotřebě nebo k výrobě zpracované živočišné bílkoviny. Pro chovatele hmyzu určeného k lidské spotřebě nebo k výrobě zpracované živočišné bílkoviny platí povinnosti chovatele hospodářských zvířat (Ministerstvo vnitra 2019). Na trh je zatím možné uvádět následující druhy jedlého hmyzu.

Locusta migratoria (saranče stěhovavé) – imago nebo larva (2021a)

Tenebrio molitor (potemník moučný) – larva (2021b; 2022)

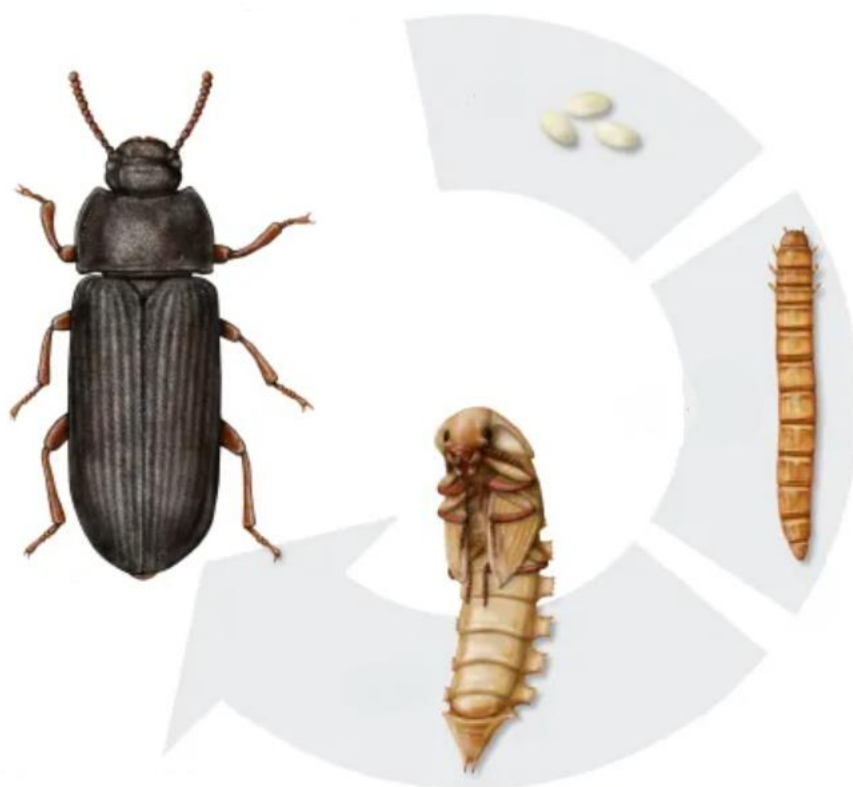
Acheta domestica (cvrček domácí) – imago nebo larva (2022, 2023a)

Alphitobius diaperinus (potemník stájový) – larva (2023b)

Tato práce se dále soustředí především na larvy potemníka moučného (*Tenebrio molitor*) a dospělé cvrčka banánového (*Gryllus assimilis*), kteří jsou hodnoceni v praktické části.

Potemník moučný

Potemník moučný, latinsky *Tenebrio molitor*, patří pod řád brouci (*Coleoptera*), do čeledi potemníkovití (*Tenebrionidae*). Jedná se o nejčastěji se vyskytující a v Evropě nejrozšířenější chovaný a obchodovaný druh hmyzu (Toviho 2022). Larvy potemníka moučného, které bývají často označovány jako mouční červi, mají žlutohnědou barvu a přibližně 25–30 mm. Jsou velice odolné, přežijí až několik měsíců bez jídla a odolají i nízkým teplotám (Půžová 2007). Grau et al. (2017) ovšem doporučují dodržovat pro jejich chov teplotní rozmezí 25-27,5 °C. Po celém světě se larvy používají jako potrava pro hmyzožravce. Výhodou jejich chovu je nenáročnost, snadná manipulace a krátký životní cyklus. Obvykle jsou krmené pšeničnou moukou nebo otrubami, jsou však všežravé (Toviho 2022). Z larvy se později stává kukla, která dosahuje velikosti 15-20 mm a má běložlutou barvu. Z kukly se poté vylíhne dospělec, brouk, který má černé protáhlé tělo s krovkami a je 12–18 mm dlouhý (Půžová 2007). Ve stádiu dospělosti je potemník moučný častým škůdcem ve skladech mouky, domácnostech a malých potravinářských zařízeních (Toviho 2022).



Obrázek 3 Vývojový cyklus potemníka moučného v pořadí vajíčko-larva-kukla-dospělec (Encyclopedia Britannica 2013)

Cvrček banánový

Cvrček banánový, latinsky *Gryllus assimilis*, patří pod řád rovnokřídlí (*Orthoptera*), do čeledi cvrčkovití (*Gryllidae*). Cvrček banánový pochází ze Západní Indie, části Mexika a Jižní Ameriky. Nyní, důsledkem rozšíření jeho chovu pro krmné i potravinářské účely, se rozšířil i v celé Severní Americe a Evropě (Weissman et al. 2009). Hardouin a Mahoux (2003) označují chov všech cvrčků obecně za poměrně snadný. Cvrčci jsou všežravci a jejich potrava se může skládat z různého organického materiálu. Ideální teplota pro chov je 28-30 °C, důležité je však udržovat teplotu nad 20 °C. Cvrčci nejsou náročni ani na prostor. Na plochu 1 m² je možné umístit až 2000 kusů. Jejich reprodukční schopnost je vysoká, každoročně lze odchovat až 7 generací. Cvrčci prochází přeměnou nedokonalou, jejich vývojová stádia vypadají jako zmenšeniny dospělců s postupně se vyvíjejícími křídly. Dospělci dosahují 2-3 cm a pohlaví lze snadno rozeznat. Samičky mají totiž dlouhé kladélko. V domácnostech, kam se stahují kvůli zimě, škodí obdobně jako švábi a živí se zbytky a odpadky (Škrabalová 2011).



Obrázek 4 Barevné variace u *Gryllus assimilis*, vlevo načervenalá samice (Texas) a vpravo tmavý samec (Mexiko) (Weissman et al. 2019)

3.3 Nutriční aspekty jedlého hmyzu

Hmyz je kvalitní a trvale udržitelný zdroj potravy, který má potenciál si poradit s problémy podvýživy v rozvojových i rozvinutých částech světa. Americká organizace pro výživu a zemědělství uznává, že hmyz jakožto potravina splňuje energetické požadavky (WHO/FAO 2003). Dobrá přizpůsobivost, nenáročnost na podmínky prostředí, široká druhová rozmanitost, možnost různého způsobu zpracování a výživová hodnota. To jsou veliké přednosti využívání hmyzu v potravinářství (Mlček 2020).

Jedlý hmyz je vhodným zdrojem cenných živin, které mohou uspokojit nutriční potřeby člověka. V posledním desetiletí přibývá zveřejněných vědeckých studií, které zkoumají nutriční hodnoty jedlého hmyzu. Mezi nimi jsou však velké rozdíly, za které je zodpovědné mnoho faktorů. Například druh a stádium hmyzu nebo způsob následného zpracování (Rumpold & Schlüter 2013; van Huis et al. 2013; Van Huis 2016).

Studie naznačují, že ačkoliv se v naměřených nutričních hodnotách vyskytují značné odlišnosti, většina hodnoceného jedlého hmyzu nabízí dostatečné množství energie, plnohodnotných bílkovin, vysoký obsah monoenových a polyenových mastných kyselin, dále jsou bohaté na stopové prvky (měď, železo, hořčík, mangan, fosfor, selen a zinek), a také na vitaminy (riboflavin, kyselina pantotenová, biotin a u některých druhů i kyselina listová) (Rumpold & Schlüter 2013; Weru et al. 2021).

Weru et al. (2021) ale také upozorňují na nedostatek studií týkajících se antinutričních vlastností jedlého hmyzu, analýz vitaminů a biologické dostupnosti.

3.3.1 Makronutrienty

Energetická hodnota

Energetická hodnota závisí na složení daného jedlého hmyzu, a to především na obsahu tuku. Proto jsou larvy či kukly energeticky bohatší než dospělci (Bednářová et al. 2010). Také pohlaví ovlivňuje obsah tuku a samice jsou tučnější než samci (Kulma et al. 2019). K rozdílu v energetické hodnotě může přispět i strava, kterou je hmyz krměn (Weru et al. 2021).

Ramos-Elorduy et al. (1997) zkoumali nutriční složení sedmdesáti osmi druhů jedlého hmyzu ze státu Oaxaca v Mexiku. Jejich energetická hodnota dosahovala rozmezí od 293 (*Latebraria amphipyrioides*) do 762 kcal (larva *Phasus triangularis*) na 100 g sušiny. Weru et al. (2021) systematicky zhodnotili data z 26 článků s celkovým obsahem 91 druhů hmyzu. Průměrná energetická hodnota dosahovala $458,62 \pm 85,66$ kcal/100 g, přičemž nejnižší hodnota byla zaznamenána u cvrčka zemního (*Henicus whellani*) (268,3 kcal/100 g) a nejvyšší u larvy motýla (*Phasus triangularis*) (762 kcal/100 g). Na základě těchto studií byla sestavena tabulka znázorňující energetickou hodnotu vybraných druhů hmyzu (viz tabulka 2). Podle uvedených údajů může být jedlý hmyz bohatým energetickým zdrojem. Sto gramů larvy motýla pokryje 24,85 %, resp. 31,71 % maximální denní energetické potřeby mužů a žen (Institute of Medicine 2005).

Tabulka 2 Energetická hodnota u vybraných druhů hmyzu

Druh hmyzu	Obsah energie v Kcal/100 g porci	Zdroj
Cvrček domácí (<i>Acheta domestica</i>)	434,80	(Bosch et al. 2014; Kulma et al. 2019)
Saranče stěhovavé (<i>Locusta migratoria</i>)	490,40	(Mohamed 2015)
Potemník stájový (<i>Alphitobius diaperinus</i>)	—	(Bosch et al. 2014)
Potemník moučný (<i>Tenebrio molitor</i>)	568,40	(Ghosh et al. 2017)
Potemník brazilský (<i>Zophobas atratus</i>)	—	(Soares Araujo et al. 2018)
Bourec morušový (<i>Bombyx mori</i>)	515,15	(Ramos-Elorduy et al. 1997; Adeyeye & Olaleye 2016)
Zavíječ voskový (<i>Galleria Mellonella</i>)	265,80	(Bednářová et al. 2012)
Cvrček banánový (<i>Gryllus assimilis</i>)	120,00	(Soares Araujo et al. 2018)
Saranče pustinné (<i>Schistocerca gregaria</i>)	429,50	(Zielińska et al. 2015)
Včela medonosná (<i>Apis mellifera</i>)	—	(Adeyeye & Olaleye 2016)

Lipidy

Lipidy neboli tuky se skládají z triglyceridů, které mají ve své molekulární struktuře molekulu glycerolu a tři mastné kyseliny (MK). Tyto mastné kyseliny se podle chemické struktury rozdělují na nasycené a nenasycené (monoenové nebo polyenové) (van Huis et al. 2013). V potravě jsou velmi významným zdrojem energie. Jejich energetická hodnota dodá tělu více než dvojnásobnou dávku energie oproti sacharidům a bílkovinám a měly by tvořit 20–35 % denního energetického příjmu. Nasycené mastné kyseliny nejsou esenciální, přesto je jejich podíl v běžné stravě nadměrný a příjem by měl být co nejmenší, případně bývá doporučováno maximálně 10 % z celkového příjmu tuků (Institute of Medicine 2005; EFSA 2010; Společnost pro výživu 2019). Podíl polynenasycených mastných kyselin na celkovém příjmu tuků je doporučován 7-10 %. Zbytek přísunu tuků dodávají mononenasycené mastné kyseliny, které mohou pokrývat více než 10 % a jejichž hlavním zástupcem je kyselina olejová, nacházející se primárně v olivovém a řepkovém oleji (Institute of Medicine 2005; Společnost pro výživu 2019). Mezi polynenasycenými mastnými kyselinami existují ještě další strukturální rozdíly, které určují, zda mastná kyselina patří mezi omega-3 (n-3) nebo omega-6 (n-6) (British Nutrition Foundation 2018b). Kyselina α -linolenová (ALA) patří mezi omega-3 a kyselina linolová (LA) patří mezi omega-6 musí být přijímány stravou a jsou tudíž nazývány jako esenciální mastné kyseliny (Institute of Medicine 2005). Z kyseliny linolové vzniká konverzí kyselina arachidonová (AA) a z ALA vytváří kyselinu eikosapentaenovou (EPA) a kyselinu dokosahexaenová (DHA) (British Nutrition Foundation 2018b).

Obsah lipidů u vybraných druhů hmyzu je znázorněn v Tabulce 3. Druh, pohlaví, stadium vývoje, způsob extrakce, prostředí chovu i potrava, kterou je hmyz krmen, jsou faktory, které toto množství významně ovlivňují (Rumpold & Schlüter 2013). Dle Bukkens & Paoletti (2005) krmivo ovlivňuje i složení mastných kyselin hmyzu. Paul et al. (2017) zjišťovali obsah lipidů u čtyř zkoumaných druhů hmyzu (*Tenebrio molitor* larva a dospělci *Acheta domesticus*, *Chorthippus parallelus* a *Conocephalus discolor*). U tří dospělců rovnokřídlých (*orthoptera*) se obsah pohyboval mezi 10 a 16 g/100 g sušiny. Tyto výsledky jsou v souladu se zjištěními Rumpolda a Schlütera (2013), kteří sledovali nutriční složení 51 druhů rovnokřídlých a zjistili průměrný obsah lipidů 13,4 g/100 g. U larev potemníka moučného (*Tenebrio molitor*), byl stanoven obsah lipidů v sušině na 32 g/100 g, čímž se prokazuje jako bohatý zdroj tuků (Paul et al. 2017). Některé druhy hmyzu totiž ukládají větší množství lipidů během raných stadií života (Finke 2002; Rumpold & Schlüter 2013). Ačkoliv larvální stádium potemníka moučného obsahovalo vysoké množství tuku, dospělci řádu rovnokřídlí hodnocení v této studii vynikali mnohem vyšším množstvím LA a ALA (Paul et al. 2017). Přítomnost nenasycených mastných kyselin však také způsobuje rychlou oxidaci potravin z hmyzu během zpracování, což vede k jejich rychlému žluknutí (van Huis et al. 2013).

Tabulka 3 Obsah tuku vybraných druhů hmyzu

Druh hmyzu	Obsah tuku v g/100 g sušiny	Zdroj
Cvrček domácí (<i>Acheta domesticus</i>)	17,24	(Kulma et al. 2019)
Saranče stěhovavé (<i>Locusta migratoria</i>)	19,62	(Mohamed 2015)
Potemník stájový (<i>Alphitobius diaperinus</i>)	22,20	(Bosch et al. 2014)
Potemník moučný (<i>Tenebrio molitor</i>)	31,93	(Ghosh et al. 2017)
Potemník brazilský (<i>Zophobas atratus</i>)	43,64	(Soares Araujo et al. 2018)
Bourec morušový (<i>Bombyx mori</i>)	27,11	(Ramos-Elorduy et al. 1997; Adeyeye & Olaleye 2016)
Zavíječ voskový (<i>Galleria Mellonella</i>)	22,30	(Bednářová et al. 2012)
Cvrček banánový (<i>Gryllus assimilis</i>)	21,80	(Soares Araujo et al. 2018)
Saranče pustinné (<i>Schistocerca gregaria</i>)	15,04	(Zielińska et al. 2015)
Včela medonosná (<i>Apis mellifera</i>)	5,90	(Adeyeye & Olaleye 2016)

Mlček et al. (2018) analyzovali nutriční hodnoty cvrčka banánového (*Gryllus assimilis*). Ze zjištěného profilu mastných kyselin bylo zřejmé, že nejhojněji byly zastoupeny mastné kyseliny linolová (C18:2), palmitová (C16:0) a olejová (C18:1). Aterogenní index byl 0,55. Z celkového obsahu mastných kyselin tvořily 56,3 % kyseliny nenasycené, z toho 27,5 % zastupovaly MUFA, a 43,7 % kyseliny nasycené.

Proteiny

Proteiny neboli bílkoviny jsou organické sloučeniny složené z aminokyselin. Jsou zásadní součástí výživy a v potravinách zajišťují senzorycké a fyzikální vlastnosti. Nutriční hodnota bílkovin v potravinách závisí na celkovém obsahu, druhu přítomných aminokyselin a na stravitelnosti daných aminokyselin (van Huis et al. 2013). Proteiny tvoří jednu z hlavních složek výživy člověka. Jsou základními strukturálními a funkčními prvky v každé buňce těla a podílejí se na široké škále metabolických interakcí. V rostlinných a živočišných bílkovinách se běžně vyskytuje 20 různých aminokyselin. Osm z nich je pro lidi klasifikováno jako esenciální (isoleucin, leucin, lysin, methionin, fenylalanin, threonin, tryptofan a valin) a některé jako semiesenciální (histidin, arginin). (British Nutrition Foundation 2018). Esenciální aminokyseliny (EAA) je nutné přijímat ve stravě, protože lidské tělo si je nedokáže samo syntetizovat. Ačkoli lze bílkoviny získávat ze živočišných i rostlinných zdrojů, výživová hodnota rostlinných bílkovin je nižší než u živočišných kvůli nedostatečnému nebo nevyváženému obsahu EAA (Millward et al. 2008).

Hmyz má obecně vysoký obsah bílkovin a jeho aminokyselinové profily jsou vhodné jak pro užitková zvířata, tak pro lidi. Weru et al. (2021) označují jako nejbohatší zdroj bílkovin larvu vosy (*Polybia parvulina*) a doporučují zakomponovat do potravin a potravinářských výrobků larvy nosatce palmového (*Rhynchophorus phoenicis*), který je jedinečný svým obsahem esenciálních aminokyselin, protože u všech kromě valinu splňuje EAR, tedy jejich odhadovanou průměrnou potřebu. Tím by se v potravinách zvýšil obsah esenciálních aminokyselin. Mezi životními stádii určitého druhu hmyzu se vyskytují rozdíly ve struktuře aminokyselin. Závisí na tom, zda daný druh prochází úplnou metamorfózou (*holometabolous*) nebo neúplnou metamorfózou (*hemimetabolous*). Narozíl od hemimetabolního hmyzu jsou obsahy jednotlivých aminokyselin mezi různými životními stádii holometabolního hmyzu odlišné. To se potvrdilo u larev potměníka moučného (*Tenebrio molitor*), jejichž aminokyselinová struktura se lišila od dospělců s chitinózním tělem. Dospělci obsahovali více glycinu (2,0 g/100 g) a tryptofanu (0,26 g/100 g), zatímco u larev se vyskytovalo více leucinu (1,99 g/100 g), fenylalaninu (0,66 g/100 g) a tyrosinu (1,37 g/100 g) (Finke 2002).

Množství bílkovin v hmyzu se pohybuje mezi 25 a 75 g/100 g v sušině, což je znázorněno v Tabulce 4 (Bukkens 1997; Finke 2002; Van Huis 2013; Oonincx & Finke 2021).

Tabulka 4 Srovnání obsahu bílkovin v jednotlivých řádech jedlého hmyzu (van Huis et al. 2013)

Řád	Stádia vývoje	Obsah proteinu (g/100 g)
Brouci (<i>Coleoptera</i>)	Dospělec, larva	23 - 66
Motýli (<i>Lepidoptera</i>)	Kukla, larva	14 - 68
Polokřídlí (<i>Hemiptera</i>)	Dospělec, larva	42 - 74
Stejnokřídlí (<i>Homoptera</i>)	Dospělec, larva, vajíčko	45 - 57
Blanokřídlí (<i>Hymenoptera</i>)	Dospělec, kukla, larva, vajíčko	13 - 77
Vážky (<i>Odonata</i>)	Dospělec, nymfa	46 - 65
Rovnokřídlí (<i>Orthoptera</i>)	Dospělec, nymfa	23 - 65

Obsah bílkovin se obvykle odhaduje vynásobením množství dusíku proteinovým faktorem (Kp) 6,25. Výsledkem je tzv. obsah hrubého proteinu. Tento faktor může být podhodnocen, nejsou-li kvantifikovány všechny aminokyseliny, nebo kvůli metodickým problémům jako jsou ztráty aminokyselin během hydrolýzy (Oonincx et al. 2019). Dle Janssen et al. (2017) naopak dochází k nadhodnocení skutečného obsahu bílkovin kvůli přítomnosti nebílkovinného dusíku ze sloučenin, jako je chitin, kyselina močová a β -alanin a doporučují pro hmyz používat alternativní hodnotu Kp 4,76. Na volbu přepočítávacího faktoru pro hmyz se později zaměřilo více publikací. Dle jejich zjištění se faktor může lišit v závislosti na druhu hmyzu i dalších faktorech a zatím neexistuje žádný univerzální. Například studie od Johnson et al. (2021) uvádí, že přepočítávací faktor u larev *Tenebrio molitor* je 4,31, což je méně než běžně používaná hodnota 6,25. Studie s *Hermetia illucens* dokonce zjistila odlišné faktory v závislosti na zvoleném krmivu (Akindale et al. 2020).

Ramos-Elorduy et al. (1997) a Weru et al. (2021) systematicky shromáždili studie zabývající se obsahem bílkovin u různých druhů hmyzu. Množství ve 100 g porcích vybraných druhů je znázorněno v Tabulce 5, kde si můžeme povšimnout nízkých hodnot u zavíječe voskového (14,10 g/100 g) a včely medonosné (16,86 g/100 g), naopak nejvyššího obsahu proteinu ve 100 g porci dosahovali cvrček domácí (69,30 g/100 g), saranče pustinné (69,05 g/100 g), či cvrček banánový (65,52 g/100 g).

Tabulka 5 Porovnání obsahu bílkovin u vybraných druhů hmyzu

Druh hmyzu	Obsah proteinu v g/100 g sušiny	Zdroj
Cvrček domácí (<i>Acheta domestica</i>)	69,30	(Bosch et al. 2014; Kulma et al. 2019)
Saranče stěhovavé (<i>Locusta migratoria</i>)	50,42	(Mohamed 2015)
Potemník stájový (<i>Alphitobius diaperinus</i>)	64,80	(Bosch et al. 2014)
Potemník moučný (<i>Tenebrio molitor</i>)	50,90	(Ghosh et al. 2017)
Potemník brazilský (<i>Zophobas atratus</i>)	46,80	(Soares Araujo et al. 2018)
Bourec morušový (<i>Bombyx mori</i>)	55,74	(Ramos-Elorduy et al. 1997; Adeyeye & Olaleye 2016)
Zavíječ voskový (<i>Galleria Mellonella</i>)	14,10	(Finke 2002; Bednářová et al. 2012)
Cvrček banánový (<i>Gryllus assimilis</i>)	65,52	(Soares Araujo et al. 2018)
Saranče pustinné (<i>Schistocerca gregaria</i>)	69,05	(Zielińska et al. 2015)
Včela medonosná (<i>Apis mellifera</i>)	16,86	(Adeyeye & Olaleye 2016)

Ooninx & Finke (2021) systematicky zhodnotili studie týkající se spektra aminokyselin u čtyř běžně chovaných druhů jedlého hmyzu (*Acheta domestica*, *Tenebrio molitor*, *Zophobas morio*, *Hermetia illucens*). Výsledky porovnali s aminokyselinovými požadavky brojlerových kuřat, sumců a pstruhů, prasat, dospělých lidí a dětí. Aminokyselinové skóre všech čtyř druhů hmyzu odpovídalo požadavkům pro děti i dospělé, což naznačuje, že jsou pro člověka vysoce kvalitním zdrojem bílkovin. Aminokyselina s nejnižší koncentrací vzhledem k potřebě zvířete či člověka se nazývá limitující aminokyselina. Pokud je hmyz podáván zvířatům nebo lidem, jsou obvykle limitujícími aminokyselinami methionin a cystein. V dostatečném množství však hmyz obsahuje mimo jiné esenciální aminokyselinu lysin. Ta je limitující v rýži, pšenici a kukuřici. Proto se jedlý hmyz navrhuje jako vhodný pro doplnění potravin rostlinného původu (Ghosh et al. 2017). Z neesenciálních aminokyselin byla dominantně zastoupena glutamová kyselina (Rumpold & Schlüter 2013; Ghosh et al. 2017). Bednářová et al. (2013) analyzovali aminokyselinové složení u larev potemníka moučného (*Tenebrio molitor*) a nymf cvrčka banánového (*Gryllus assimilis*). Výsledky, které jsou zobrazeny v Tabulce 6, poukazují na vysoké zastoupení esenciálních aminokyselin a přibližně se shodují s výsledky jiných studií (Bosch et al. 2014; Ooninx & Finke 2021; Weru et al. 2021).

Tabulka 6 Obsah esenciálních a semiesenciálních aminokyselin v g/100 g hodnocených druhů hmyzu (Bednářová et al. 2013)

	Ile	Leu	Lys	Met	Phe	Thr	Trp	Val	His	Arg
Potemník										
moučný (larva)	3,18	6,12	3,58	1,93	2,94	1,29	0,31	0,71	2,48	4,57
Cvrček										
banánový (nymfa)	2,12	4,96	7,91	0,63	0,72	3,55	0,95	4,62	1,32	8,64

Pokud je doporučováno využití jedlého hmyzu jako obohacení stravy, je důležité vzít v úvahu tradiční stravu jako celek a doplnit nutriční hodnotu základních konzumovaných potravin místně dostupným jedlým hmyzem. V Demokratické republice Kongo například takto doplňují základní bílkovinné zdroje chudé na lysin housenkami, které lysinu obsahují dostatek. Základ tradiční stravy obyvatel Papui-Nové Guineji tvoří hlízy, které jsou chudé na lysin a leucin. Tento nutriční nedostatek proto kompenzují konzumací larev nosatce palmového (*Rhynchophorus ferrugineus*) (Bukkens & Paoletti 2005).

Kvalitu bílkovin určuje také stravitelnost, tedy dostupnost aminokyselin. U hmyzu je obecně vysoká, je však ovlivněna několika faktory. Například pokud je větší podíl aminokyselin přítomen v komplexu s chitinem, stravitelnost bílkovin se snižuje. Naopak odstranění některých částí těla (obvykle křídel nebo hlav) před dalším zpracováním zvyšuje stravitelnost (Ooninx & Finke 2021). Jak dobře je bílkovina organismem využívána určuje biologická hodnota bílkovin. Zjišťuje se výpočtem absorbovaného dusíku (%) s ohledem na obsah dusíku ve stolici a moči organismu, který udává množství zadržené v těle, tj. biologicky využitelný dusík. Oibiokpa et al. (2018) porovnávali biologickou hodnotu bílkovin u čtyř běžně konzumovaných druhů hmyzu v Nigérii – cvrčka (*G. assimilis*), můry (*Cirina forda*), kobylky (*Melanoplus foedus*) a termita (*Macrotermes nigeriensis*) s biologickou hodnotou bílkovin kaseinu (73,45 %). U všech hodnocených druhů zjistili vyšší biologickou hodnotu (85,49-93,02 %) než u kaseinu. Kasein však dosáhl vyšší hodnoty skutečné stravitelnosti (98,19 %) oproti bílkovinám hmyzu (80,82-90,66 %).

Sacharidy

Sacharidy jsou nejdůležitějším zdrojem energie ze stravy, protože kromě obsahu vlákniny poskytují tělu rychlou a snadno využitelnou energii, čímž přispívají k vyššímu kalorickému příjmu (Tirapegui 2006). Sacharidy jsou živinou s mnoha sekundárními funkčními přínosy, jakými jsou například prebiotický potenciál, či antimikrobiální, antivirové a antimykotické vlastnosti (Hahn et al. 2018).

Důležitou součástí sacharidů je vláknina, která je v těle hmyzu ve značném množství obsažena především v exoskeletu, ve formě nerozpustného polysacharidu chitinu (van Huis et al. 2013). Chitin je N-acetyl- β -D-glukosaminový polymer, zajišťující tuhost vnější schránky hmyzu (Ooninx & Finke 2021). Mnoho živočišných druhů, včetně člověka, je vybaveno enzymem chitináza, který se nachází v žaludečních šťávách (Paoletti et al. 2007). Chitin se však často zařazuje mezi antinutriční látky, jelikož váže aminokyseliny do špatně uvolnitelných

komplexů, čímž ovlivňuje dostupnost bílkovin. Odstraněním chitinu se proto zlepšuje stravitelnost hmyzích bílkovin (Finke 2007; Hahn et al. 2018). Pro konzumaci je tedy důležité vybírat takový hmyz, který neohrožuje biologickou dostupnost živin kvůli antinutrientům (Weru et al. 2021). Obsah chitinu se pohybuje v rozmezí 2,7-49,8 mg/kg čerstvé hmotnosti hmyzu, v kilogramu sušiny je pak obsaženo 11,6-137,2 mg (Finke 2007). Bednářová et al. (2013) hodnotili obsah neutrálně-detergentní vlákniny u sedmi vybraných druhů jedlého hmyzu v různém stádiu vývoje. Výsledky této analýzy jsou přehledně znázorněny v Tabulce 7. Nejvyšší hodnoty dosáhla nymfa sarančete stěhovavého (8,32 g/100 g sušiny) a nejméně vlákniny obsahovala nymfa cvrčka banánového (3,24 g/100 g sušiny). U larvy potemníka moučného bylo analyzováno průměrných 4,26 g vlákniny ve 100 g sušiny.

Tabulka 7 Obsah neutrálně-detergentní vlákniny u vybraných druhů hmyzu (Bednářová et al. 2013)

Druh hmyzu	Stádium vývoje	Obsah vlákniny (g/100 g sušiny)
Bourec morušový (<i>Bombyx mori</i>)	kukla	6,55
Včela medonosná (<i>Apis mellifera</i>)	larva i kukla plodu	5,15
Saranče stěhovavé (<i>Locusta migratoria</i>)	nymfa	8,32
Zavíječ voskový (<i>Galleria mellonella</i>)	housenka	4,43
Cvrček banánový (<i>Gryllus assimilis</i>)	nymfa	3,24
Potemník moučný (<i>Tenebrio molitor</i>)	larva	4,26
Potemník brazilský (<i>Zophobas morio</i>)	larva	3,61

3.3.2 Mikronutrienty

Minerální látky a vitaminy

Minerální látky hrají důležitou roli v biologických procesech. Jsou důležité při katalýze enzymatických reakcí, regulaci acidobazické rovnováhy, nervových impulzů i jako strukturální prvky (Tirapegui 2006). Hmyz je velmi zajímavý svým nutričním obsahem minerálních látek, především zinku, železa, draslíku, sodíku, vápníku, fosforu, hořčíku, manganu a mědi. Hmyz tedy může být vhodným zdrojem některých minerálních látek při boji s jejich nedostatkem (van Huis et al. 2013). Hmyz může být také vhodou alternativou masa. Živočišné bílkoviny bývají vyzdvihovány pro svůj vysoký obsah železa. Většina jedlého hmyzu se však může pochlubit stejným nebo i vyšším obsahem (Bukkens, 2005). Ghosh et al. a Soares Araujo et al. (2017; 2018) porovnávali obsah minerálních látek u různých druhů hmyzu s obsahem minerálních látek v mase hospodářských zvířat. Pro srovnání v Tabulce 8 byli konkrétně vybráni larva potemníka moučného (*Tenebrio molitor*) a dospělec cvrčka banánového (*Gryllus assimilis*). Při porovnání obsahu železa v živočišných bílkovinách a v bílkovinách hmyzu, dosahoval hmyzí protein téměř stejných hodnot jako hovězí maso a byl bohatším zdrojem než maso vepřové a kuřecí.

Zatímco dospělec cvrčka banánového obsahoval srovnatelné množství zinku jako hovězí maso, potemník moučný svým obsahem nedosahoval ani na maso kuřecí. Hmyz může být také výborným zdrojem vápníku. Oba druhy hodnoceného hmyzu živočišné zdroje z vysoka převyšovaly (Ghosh et al. 2017; Soares Araujo et al. 2018).

Z výživového a zdravotního hlediska je však klíčová především stravitelnost a využitelnost látek v potravinách, nikoli jejich obsah. K dispozici jsou ale jen omezené údaje o biologické dostupnosti mikronutrientů z jedlého hmyzu (Ojha et al. 2021). Například Bauserman et al. (2015) podávali kojencům jako doplnění běžné stravy obilné kaše s obsahem moučky z housenek a zkoumali vliv na zakrnění růstu a anémii, tedy využitelnost železa z hmyzu. Přídavek moučky významně snížil výskyt anémie a zvýšil množství hemoglobinu v krvi. Tento pozitivní vliv ale naopak nebyl zjištěn ve studii na potkanech krmených moučkou z kobylek (*M. foedus*), termitů (*M. nigeriensis*), mūr (*C. forda*) nebo cvrčků (*G. assimilis*) (Oibiokpa et al. 2018). Manditsera et al. (2019), kteří hodnotili biologickou dostupnost minerálních látek z brouků (*Eulepida mashona*) a cvrčků (*Henicus whellani*) došli k závěru, že využitelnost mikronutrientů je u různých druhů hmyzu odlišná a je třeba ji posuzovat individuálně.

Tabulka 8 Porovnání obsahu minerálních látek v mg/100 g sušeného hmyzího a živočišného zdroje (Ghosh et al. 2017; Soares Araujo et al. 2018)

Minerální látka	Potemník moučný (100 g)	Cvrček banánový (100 g)	Hovězí maso (100 g)	Vepřové maso (100 g)	Kuřecí maso (100 g)
Zinek	1,22	5,22	5,53	2,70	2,12
Železo	1,01	2,27	3,31	0,89	0,76
Vápník	7,81	31,94	5,43	5,87	5,23
Hořčík	31,53	39,17	49,33	36,6	35,33
Mangan	0,22	1,42	0,04	0,10	0,07
Měď	0,21	0,68	0,45	0,34	0,48

Vitamíny jsou nezbytné pro stimulaci metabolických procesů a posílení funkcí imunitního systému. Většina studií, které shromáždili Oonincx & Finke (2021) ukazuje, že nezpracovaný hmyz může být dobrým zdrojem riboflavinu (vitamin B₂), niacinu (B₃), kyseliny pantotenové (B₅), pyridoxinu (B₆), biotinu (vitaminu H), kyseliny listové (B₉) a kyanokobalaminu (B₁₂). Naopak obsah vitamínu A v hmyzu je nízký. Karotenoidy však mohou být přítomny v relativně vysokých koncentracích v závislosti na stravě (Kulma et al. 2022). Obsah vitamínu D je velmi variabilní a do značné míry závisí na dostupnosti UV-B záření během vývoje hmyzu. Také koncentrace vitamínu E jsou velmi proměnlivé a závisí na množství v potravě.

3.4 Faktory působící na nutriční kvalitu jedlého hmyzu

Hmyz je konzumován po celém světě. Je tradičně sbírán ve volné přírodě domorodými kmeny, kterým mnohdy slouží jako hlavní zdroj obživy. Několik druhů jedlého hmyzu však bylo domestikováno pro jejich komerčně cenné produkty (například včela medonosná *Apis mellifera*), jiné jsou zase chováni pro krmivářský průmysl. Například potměnící mouční (larvy) a cvrčci se v Evropě, Severní Americe a Asii chovají především jako krmivo pro domácí zvířata. V posledních letech se zásadně rozvinul i komerční chov jedlého hmyzu pro účely potravinářské (van Huis et al. 2013).

Hmyz může být nutričně bohatou potravinou. Je považován za dobrý zdroj bílkovin, tuků, minerálních látek a vitamínů. Nutriční kvalita hmyzu je však ovlivněna nejen druhem, ale i původem a zeměpisnou polohou, pohlavím, stádiem vývoje, složením krmiva, finálním zpracováním a tepelnou úpravou. Záleží i na analytické metodě vybrané pro stanovení nutričních hodnot. Jednotlivé metody se totiž mohou lehce lišit (Rumpold & Schlüter 2013; van Huis et al. 2013; Van Huis 2016).

3.4.1 Vliv umístění odchovu

Rumpold & Schlüter (2013) porovnávali nutriční hodnoty larev potměníka moučného chovaných v Mexiku s larvami chovanými v USA. V Tabulce 9 jsou znázorněny hodnoty larev pocházejících z různých oblastí. Výsledky poukazují na vyšší hodnoty tuků, popelovin a energie u larev chovaných v Mexiku, zatímco larvy pocházející z USA obsahovaly více bílkovin. Do porovnání byly zařazeny i larvy pocházející z Korei (Ghosh et al. 2017). Oproti larvám z USA a Mexika obsahovaly více bílkovin a popelovin, ale méně tuku.

Tabulka 9 Energetická hodnota a obsah nutrientů v sušině larev potměníka moučného v závislosti na místě chovu (Rumpold & Schlüter 2013; Ghosh et al. 2017)

Původ larev	Bílkoviny (g/100 g)	Tuky (g/100 g)	Popeloviny (g/100 g)	Energie (kcal/100 g)
USA	49,08	35,17	2,36	539,63
Mexiko	47,70	37,70	3,00	554,30
Korea	53,22	34,54	4,04	-

3.4.2 Vliv teploty při odchovu

Optimální teplota pro růst larev potměníka moučného je 25-27,5 °C, při této teplotě trvá jejich vývoj přibližně 80-84 dní a zahrnuje 15-17 larválních instarů, tedy svleků (Grau et al. 2017). Adámková et al. (2017) hodnotili vliv teploty při odchovu potměníků moučných na jejich výsledný obsah tuku. Pro výzkum vybrali teploty 17 °C, 23 °C a 28 °C. Nejvyšší množství tuku, tedy 24,56 g/100 g, obsahovaly larvy chované při teplotě 23 °C. Vyšší teplota (28 °C) již nevedla k exponenciálnímu přírůstku tuku a obsah klesl na 23,32 g/100 g. Podobných výsledků dosáhla také Petrášová (2017), jejíž výsledky jsou zobrazeny v Tabulce

10. Nejvyšší obsah tuku zaznamenala u larev chovaných při 23 °C (32,50 g/100 g), nejnižší u teploty 17 °C (22,25 g/100 g) a při nejvyšší teplotě 28 °C došlo k poklesu na 31,09 g/100 g. Ve své práci dále hodnotila i vliv teploty na obsah bílkovin a sušiny v larvách. Nejvíce bílkovin obsahovaly larvy chované při 17 °C (64,19 g/100 g). Množství sušiny se zvyšovalo současně se vzrůstající teplotou. Nejvíce sušiny obsahovaly larvy chované při 28 °C (52,80 g/100 g) a nejméně při 17 °C (47,00 g/100 g).

Tabulka 10 Vliv teploty chovu na nutriční hodnoty larev potemníka moučného (Petrašová 2017)

Teplota chovu (°C)	Tuk (g/100 g)	Bílkoviny (g/100 g)	Sušina (g/100 g)
17	22,25	64,19	47,00
23	32,50	63,22	49,50
28	31,09	63,32	52,80

3.4.3 Vliv množství, kvality a druhu krmiva

Produkce hmyzích bílkovin má veliký potenciál ve výživě zvířat. Ve studii Ramos Elorduy et al. (2002) bylo cílem několika pokusů zjistit produktivitu a množství tvořené biomasy larev potemníka moučného, kterým byl zkrmován, a zároveň tak recyklován, různý rostlinný odpad. Tento hmyz byl následně využit jako krmivo pro brojlerová kuřata a nahradil tak sójovou bílkovinu. Účinky této náhrady na kuřata byly taktéž hodnoceny. Ve studii bylo prokázáno, že ačkoliv byly larvy potemníka moučného, krmené odpadními produkty z rostlinné produkce s nízkou výživovou hodnotou, vhodně prospívaly a staly se nutričně bohatým krmivem s vysokým obsahem proteinu. Po nahrazení sójové bílkoviny v krmné směsi bílkovinou hmyzí nebyly na kuřatech pozorovány žádné změny. Hmyzí protein (z larev *Tenebrio molitor*) je tedy vhodným alternativním zdrojem bílkovin v krmivech pro drůbež.

Novější studie od Bordiean et al. (2022) hodnotila vliv sedmi různých diet obsahujících vedlejší produkty, jako jsou pšeničné a žitné otruby, řepkový šrot, řepkové pokrutiny a pokrutiny ze lnu a ostropestřce mariánského, na růst larev potemníka moučného. Dále hodnotila konverzi přijatého krmiva (FCR), účinnost konverze (ECI) a nutriční kvalitu larev, především složení tuků a mastných kyselin v nich obsažených. Tato studie potvrzuje, že vedlejší produkty ze zemědělsko-průmyslového odvětví lze úspěšně použít jako krmivo pro odchov vysoce kvalitních larev. Studie dále poukazuje na to, že složení a kvalita krmné směsi ovlivňuje výsledné nutriční hodnoty larev, vyzdvihuje krmnou směs s obsahem lněných pokrutin, která zajistila nejlepší poměr omega-3 a omega-6 mastných kyselin a doporučuje využívat krmivo s obsahem řepkového šrotu či řepkových pokrutin, které dle výsledků vykazovaly nejlepší FCR a ECI.

Kromě zajištění vhodného množství, složení, nezávadnosti a kvality, je možné krmiva pro hmyz také fortifikovat a zvýšit tím jejich nutriční hodnotu. Kulma et al (2022) testovali, jak ovlivní přídavky mrkve výsledné množství základních živin, složení mastných kyselin a obsah karotenů a tokoferolů. Cvrčky banánové (*Gryllus assimilis*) krmili ad libitum krmivem pro kuřata doplněné mrkví, a to po dobu 0, 3, 7, 14 a 60 dnů před sklizní. Dle výsledků studie došlo ke zvýšení hladiny α -karotenu a β -karotenu v hmyzu, ačkoliv mezi skupinami krmenými 14 a 60 dní před sklizní nebyl významný rozdíl, množství karotenů zde bylo nejvyšší. Schopnost hmyzu ukládat karoteneny je tedy omezená. Také složení mastných kyselin bylo dle výsledků přídavkem mrkve ovlivněno. Snížení množství nasycených mastných kyselin (SFA) ku prospěchu polynenasycených mastných kyselin (PUFA), bylo dosaženo u cvrčků krmených mrkví po dobu 14 a 60 dní. Základní živiny a tokoferoly nebyly přídavkem mrkve nijak ovlivněny.

3.4.4 Vliv pohlaví a vývojového stádia

Kulma et al. (2019) zkoumali vliv pohlaví na nutriční složení u cvrčka domácího. Podle jejich výzkumu obsahují samice cvrčka domácího významně vyšší množství lipidů (18,3–21,7 g/100 g sušiny) oproti samcům (12,9–16,1 g/100 g sušiny). Jsou ale naopak chudší na proteiny, kterých dle studie samice obsahují 64,9 g/100 g sušiny a samci 66,3–69,6 g/100 g sušiny. Samci dále obsahovali i více chitinu a dusíkatých látek.

Nutriční hodnoty jsou také výrazně ovlivněny stádiem vývoje, kterým zrovna hmyz prochází. Ramos-Elorduy et al. (2002) ve své studii zkoumající využití potměnků moučných (*Tenebrio molitor*) k recyklaci organických odpadů a jako krmivo pro brojlerová kuřata, hodnotili také jeho nutriční kvalitu v různých vývojových stádiích. Porovnání výsledků je zobrazeno v Tabulce 11, kde můžeme vidět, že zatímco dospělý jedinec potměníka moučného obsahoval nejvíce bílkovin, ve zbývajících hodnotách ho stádia kukly a larvy převyšovala.

Tabulka 11 Vliv vývojového stadia na nutriční hodnoty potměníka moučného (Ramos-elorduy et al. 2002)

Vývojové stádium	Bílkoviny (g/100 g)	Tuky (g/100 g)	Popeloviny (g/100 g)	Energie (kcal/100 g)
Larva	47,7 ± 1,3	37,7 ± 2,4	3,0 ± 0,3	554,3 ± 1,2
Kukla	53,1 ± 0,5	36,7 ± 1,8	3,2 ± 0,0	550,0 ± 0,9
Dospělec	60,2 ± 1,8	20,8 ± 1,3	2,7 ± 0,5	427,9 ± 1,2

3.4.5 Vliv způsobu usmrcení

Existuje mnoho různých způsobů, jak usmrtit hmyz, nesmí však docházet k jeho utrpení. Nejčastěji voleným způsobem je zmrazení, rozemletí nebo zchlazení a následné usmrcení varem. (Van Huis 2013). Před usmrcením je hmyz držen bez potravy, aby se jeho trávicí trakt vyprázdnil. Mohl by totiž obsahovat ještě nestrávené krmivo, exkrementy a způsobit mikrobiální znečištění. U velkých druhů hmyzu bývá prováděno vykuchání (Meyer-Rochow et al. 2021).

Adámková et al. (2017) hodnotili vliv způsobu usmrcení larev potměníka moučného na obsah tuku. Pro usmrcení zvolili způsob zmrazení (-18 °C) a spaření horkou vodou (100 °C). Dle získaných výsledků dosáhly vyššího obsahu tuku larvy zmrazené.

3.5 Nutriční kvalita jedlého hmyzu v závislosti na jeho zpracování

Hmyz je po celém světě různě zpracováván (například pečením, vařením, uzením, smažením, dušením či nakládáním), aby bylo dosaženo lepších sensorických a nutričních vlastností a zvýšila se jeho trvanlivost (Melgar-Lalanne et al. 2019).

Nejpoužívanější technologií pro prodloužení trvanlivosti potravin je sušení, které lze provádět mnoha způsoby od přirozeného sušení na slunci až po moderní technologie lyofilizace a využití mikrovln. Během sušení dochází ke snížení celkového obsahu vody, čímž se snižuje i její dostupnost pro degradační reakce. Snížením volné vody se výrazně zvyšuje koncentrace sušiny, aniž by došlo k poškození buněk. Dlouhodobým působením horkého vzduchu však dochází k částečné ztrátě výživové hodnoty a ke změnám fyzikálních, chemických a sensorických vlastností produktu (Parniakov et al. 2021). Moderním způsobem sušení je lyofilizace, neboli sušení mrazem. Lyofilizovaný hmyz je sensoricky atraktivní, křupavý a zachovává si svou nutriční hodnotu.

Základním ošetřením potravin pro zajištění jejich bezpečnosti je tepelná úprava, která zároveň také upravuje sensorické vlastnosti, stravitelnost a mění nutriční hodnoty. Může změnit strukturální vlastnosti bílkovin i jejich fyzikálně-chemický stav, včetně destrukce aminokyselin citlivých na teplo, agregace bílkovin, změny hydrofobicity a rozpustnosti, oxidace některých aminokyselin a vzniku Maillardovy reakce. Se zvyšující se teplotou a délkou zahřívacího procesu však roste i tepelné poškození potravin (Poelaert et al. 2018). Nejzákladnější tepelnou (kulinární) úpravou je vaření. V případě hmyzu se vroucí voda využívá i pro rychlé usmrcení (Ramos-Elorduy et al. 1997). Vaření by však mělo být, pokud možno co nejkratší, protože při něm dochází k částečnému vyluhování nutričních látek (Borkovcová et al. 2009).

Baek et al. (2015) hodnotili vliv různých způsobů tepelné úpravy larev potměníka moučného na jejich sensorické a fyzikálně-technické parametry. Zjistili, že mikrovlnný ohřev zlepšuje parametry, jako je textura, tvrdost a lámavost. Při vaření se naopak zvyšovala přilnavost, pružnost a žvýkavost. Pokud jde o vliv způsobů vaření na sensorické vlastnosti, bylo zjištěno, že při vaření si larvy zachovávají podobný vzhled a tvar jako čerstvé larvy. Vaření také, lépe než ostatní způsoby tepelné úpravy, zachovává stejnou velikost hmyzu. Jako nejlepší způsob úpravy se však uvádí pečení v troubě, protože při něm vzniká požadované aroma.

V pozdější studii Baek et al. (2019) zkoumali nutriční složení larev potemníka moučného a jeho změny v závislosti na metodě zpracování. Jako způsoby kulinární úpravy zvolili lyofilizaci (mražení: -35 °C, 12 h; sušení: -15 °C, 30 h), sušení horkým vzduchem (60 °C, 6 h), pečení v troubě (180 °C, 11 minut), pražení (100 °C, 12 min), smažení na pánvi bez oleje (250 °C, 2 min), fritování (250 °C, 2 min), vaření v páře (100 °C, 30 min), vaření ve vodě (100 °C, 10 min) a mikrovlnný ohřev (2,5 minuty). Nejvyšším obsah tuku a zároveň nejvyšší energetickou hodnotou vynikaly larvy připravované fritováním, což je výsledkem absorpce oleje v průběhu smažení. Naopak nejnižší hodnoty tuku byly zaznamenány po sušení horkým vzduchem a vaření ve vodě. Bílkoviny byly nejvíce zastoupeny v lyofilizovaných larvách a nejméně ve fritovaných larvách. Vlivem fritování došlo i ke snížení množství popelovin, které nejvyšší hodnoty dosáhly popeloviny po pražení. Množství sacharidů v larvách vynikalo po sušení horkým vzduchem, zatímco minimální výšky dosáhlo po lyofilizaci. Na základě výsledků, které jsou znázorněny a zvýrazněny v Tabulce 12, došli k závěru, že volba způsobu vaření je důležitá vzhledem k lišícím se účinkům různých způsobů úpravy.

Tabulka 12 Nutriční složení larev potemníka moučného (*Tenebrio molitor*) po různém kulinárním zpracování (Baek et al. 2019)

Metoda úpravy	Energie (kcal/100 g)	Sacharidy (g/100 g)	Proteiny (g/100 g)	Lipidy (g/100 g)	Popeloviny (g/100 g)
Lyofilizace	543,66	9,19	55,23	31,78	3,81
Sušení	527,21	14,84	53,74	28,10	3,32
Pečení v troubě	534,26	12,55	53,04	30,21	4,20
Pražení	538,81	11,68	52,68	31,26	4,38
Smažení na pánvi	574,50	10,24	49,20	37,42	3,14
Fritování	619,52	13,24	38,94	45,65	2,18
Vaření v páře	554,00	12,76	51,03	33,20	3,00
Vaření ve vodě	533,11	14,03	54,51	28,77	2,69
Mikrovlnný ohřev	542,90	12,55	53,08	31,15	3,22

Mancini et al. (2021) testovali vliv sedmi různých způsobů kulinární úpravy na nutriční hodnotu larev potemníka moučného. Pro kontrolu analyzovali také nezpracované larvy. Výsledné hodnoty tohoto měření jsou vyznačeny v Tabulce 13. Dále se zaměřili na stravitelnost bílkovin, profil mastných kyselin a jejich oxidaci. Z různých možností kulinární úpravy vybrali pečení v troubě při 70 °C/30 min a při 150 °C/10 min, smažení 100 g larev na 30 ml slunečnicového oleje a fritování stejného množství v 300 ml oleje 2 minuty, mikrovlnný ohřev při 800 W/150 s, vaření ve vodě metodou sous-vide 30 minut a vaření v páře 10 minut. Při porovnání výsledných hodnot analyzovaných u larev po kulinární úpravě s hodnotami nezpracovaných larev, se nejméně odchýlily larvy pečené v troubě (70 °C, 30 min), nejnižších hodnot dosahovaly larvy smažené (30 ml, 2 min), které ale během procesu absorbovaly olej, a proto ostatní způsoby převyšovaly v obsahu tuku.

Vaření v páře bylo z vybraných způsobů kulinární úpravy nejméně invazivní z hlediska oxidace lipidů a změny stravitelnosti bílkovin *in vitro*. Smažení na pánvi i ve fritéze způsobilo velké změny v profilu MK s následným snížením oxidace lipidů. Vaření lze rovněž označit za mírnou metodu, přestože byly prokázány určité změny v chemickém složení (snížení množství PUFA a vitamínů). Nutriční složení vařených larev bylo ovlivněno také ztrátami při vaření, ke kterým docházelo v souvislosti s použitou metodou. Podle výsledků studie můžou nutriční hodnoty různě zpracovaných larev potemníka moučného splňovat požadavky člověka.

Tabulka 13 Porovnání nutričních hodnot nezpracovaných larev a larev kulinárně upravených (Mancini et al. 2021)

Způsob úpravy	Hrubý protein (6,25) (g/100 g)	Hrubý protein (4,76) (g/100 g)	Etherový extrakt (g/100 g)	Popeloviny (g/100 g)
Nezpracované larvy	57,07	43,47	27,04	4,95
V troubě (70 °C, 30 min)	56,85	43,30	27,44	5,05
V troubě (150 °C, 10 min)	64,20	48,89	27,11	4,97
Smažené (2 min)	36,21	27,58	31,54	3,25
Fritované (2 min)	48,65	37,05	30,97	3,48
Sous-vide (30 min)	48,07	36,61	29,41	3,81
V páře (10 min)	47,12	35,89	27,56	3,46
Mikrovlnný ohřev (150 s, 800 W)	47,73	36,35	24,14	3,78

Stravitelnost hmyzího proteinu v závislosti na způsobu tepelné úpravy hodnotili také Poelaert et al. (2018). Pomocí skóre stravitelnosti bílkovin korigovaného na aminokyseliny a testu na potkanech zjistili, že *Acheta domestica* (dospělec) i *Tenebrio molitor* (larva) vynikají vysokou stravitelností bílkovin v tepelně neupraveném stavu (84-92 %) i po tepelném zpracování (84-90 %). To potvrdili také Manditsera et al. (2019) u jiných druhů hmyzu (*Eulepida mashona*-brouk a *Henicus whellani* – cvrček), kteří porovnávali stravitelnost hmyzích bílkovin se syrovátkovým proteinem a ačkoliv vlivem tepelné úpravy došlo ke zhoršení stravitelnosti, stále dosahovali vysokých hodnot.

Khatun et al. (2021) podrobili cvrčky domácí (*Acheta domestica*) a cvrčky jamajské (*Gryllus assimilis*) sušení mrazem, sušení v troubě a blanšírování, aby získali jasný přehled o vlivu metod zpracování na nutriční a fyzikální vlastnosti obou druhů. Výsledky neprokázaly významný vliv těchto způsobů úpravy na základní nutrienty ani složení aminokyselin a MK. Byly však zaznamenány jiné změny. Například u *G. assimilis* došlo ke změně v obsahu vitamínu B₁₂, u obou druhů cvrčků byl zjištěn nižší index hnědnutí po sušení mrazem (ačkoliv sušení v troubě příznivěji ovlivnilo sensorické vlastnosti), u obou druhů vedlo sušení v troubě a blanšírování k nižším hodnotám oxidace lipidů než při sušení mrazem a vlivem blanšírování došlo k nejmenšímu úniku těkavých látek.

Jeon et al. (2016) zkoumali, jak se změní oxidační stabilita olejů extrahovaných z larev potemníka moučného vlivem různé doby pečení v troubě. Oleje extrahovali pomocí n-hexanu z larev pečených při 200 °C po dobu 0, 5, 10 a 15 minut. Dle výsledků analýzy vykazoval olej z pečených larev vyšší oxidační stabilitu než z larev neupravených. Kromě toho obsahoval velké množství esenciálních MK a došlo ke zvýšení obsahu kyseliny olejové a δ -tokoferolu. Pečení ale snížilo obsah kyseliny linolové a α - i γ -tokoferolu.

Kulinární úprava hmyzu může také výrazně ovlivnit biologickou dostupnost mikronutrientů. Kröncke et al. (2019) hodnotili biologickou dostupnost zinku z larev *Tenebrio molitor* sušených v rotační sušárně (120 °C po dobu 1 hodiny), ve vakuové sušárně (60 °C po dobu 24 hodin) a v lyofilizátoru. Během následujících in vitro trávicích testů zjistili biologickou dostupnost zinku 20-40 %. Změny v množství nebo biologické dostupnosti mikronutrientů vlivem různých kulinárních úprav, popisují také další studie. Dle Manditsera et al. (2019) nemá vaření ve vodě významný vliv na obsah mědi, manganu a vápníku, avšak v případě všech ostatních minerálních látek došlo vařením k výraznému snížení jejich obsahu. Pražení způsobilo u některých minerálních látek dokonce k navýšení oproti syrovému hmyzu. Baek et al. (2019) uvádějí nejnižší obsah všech minerálních látek ve vařených larvách *Tenebrio molitor* a nejvyšší obsah fosforu, vápníku, draslíku a sodíku po lyofilizaci. Ssepuyaya et al. (2020) také popisují významné ztráty mikronutrientů (vitaminu B₁₂, draslíku, fosforu a sodíku) vařením ve vodě. Zatím je tedy možné konstatovat, že vaření ve vodě se zdá jako nejméně vhodný způsob kulinární úpravy hmyzu vzhledem k možnosti vyluhování mikronutrientů (Mohd Zaini et al. 2023).

4 Materiál a metodika

4.1 Materiál

4.1.1 Biologický materiál

Pro analytické hodnocení nutriční kvality v závislosti na jeho zpracování byly vybrány larvy potemníka moučného (*Tenebrio molitor*) a dospělci cvrčka banánového (*Gryllus assimilis*). Oba tyto druhy hmyzu pocházely z inšpektoria České zemědělské univerzity v Praze, kde probíhal jejich chov při teplotě 27 ± 1 °C a režimu 12 h světla. Potemník moučný byl krmen substrátem tvořeným kuřecím krmivem a otrubami v poměru 4:1 a obden plátky jablek. Cvrček banánový byl krmen kuřecím krmivem *ad libitum* a jako zdroj vody byl podáván hydrogel.

Usmrcení hmyzu

Hmyz byl 24 hodin ponechán vyčistit a následně byl usmrcen dvěma způsoby. Jako první způsob bylo zvoleno spaření. Do krabičky bylo naváženo 300 g živého hmyzu, který byl následně nasypán do 3 litrů vroucí vody a po 20 sekundách vytažen. Hmyz byl následně ponechán okapat na filtračním papíru. Druhým způsobem usmrcení bylo zmrazení, kdy byl hmyz umístěn do -80 °C.

Kulinární úprava hmyzu

Vzorky byly následně upraveny různým kulinárním způsobem. Byly vybrány metody vaření, pražení, sušení a mikrovlnný ohřev.

Pro vaření bylo 300 g usmrceného hmyzu nasypáno do 3 litrů vroucí vody a vařeno 30 minut.

Dalším způsobem úpravy bylo pražení, které bylo prováděno nasucho na pánvičce. Hmyz byl vložen na rozpálenou pánvičku v jedné vrstvě (cca 150-200 g) a pražen 5 minut. Opražený hmyz byl ponechán vychladnout na filtračním papíru.

Pro sušení byl usmrcený hmyz navážen do předem zvážených hliníkových nádobek. Cvrčků banánových bylo do jedné nádoby naváženo cca 60 g, potemníků moučných cca 80 g. Sušení probíhalo v sušárně při 80 °C 15 hodin.

Posledním způsobem úpravy byl mikrovlnný ohřev, pro který bylo naváženo na talíř, vždy do jedné vrstvy, cca 240 g cvrčků a 280 g larev potemníka moučného. Mikrovlnný ohřev byl u obou druhů prováděn na 800 W, ale rozdílnou dobu. Zatímco cvrčci byli ohříváni 8 minut, larvy 10 minut. Aby nedošlo k popraskání, byl ohřev v kuse zapnut vždy jen 1 minutu s následující čtyřminutovou pauzou.

4.1.2 Chemikálie

- kyselina sírová 96% p.a. (PENTA)
- tablety oxidu titaničitého pro stanovení dle Kjeldahla (Buchi)
- peroxid vodíku 30% p.a. (mikroCHEM)
- červeň methylová (LachNer) Ethanol (VWR)
- zeleň bromkresolová (Fischer Scientific)
- ethanol (VWR)
- petrolether (VWR)

4.1.3 Přístroje

- předvážky
- analytická váha (AE 200; METTLER)
- kávový mlýnek (Retsch)
- topné hnízdo (FOSS)
- kjeltec TM 2400 analyzér (FOSS)
- lyofilizátor (Coolsafe; Scanvac)
- muflová pec (LMH; LAC)
- soxhletův extraktor (SER 148; MEZOS)
- sušárna (memmert; VERKON)

4.2 Metodika

4.2.1 Úprava vzorků před analýzou

Před analýzou nutričních hodnot musely vzorky podstoupit ještě lyofilizaci a homogenizaci. Tyto úpravy musely podstoupit i kontrolní vzorky hmyzu, které nebyly vystaveny žádné kulinární úpravě.

Lyofilizace

Nejprve byla na analytické váze zvážena 50ml vzorkovnice a výsledek byl zaznamenán. Následně byla z části (40 ml) naplněna připraveným hmyzem a znovu zvážena na analytické váze. Před vložením do lyofilizátoru byly vzorky umístěny do mrazáku, kde se při -80 °C ponechaly 24 h. Takto zmrazené vzorky již mohly být přemístěny do lyofilizátoru, kde setrvaly 72 h. Po uplynutí doby byly vyndány a přemístěny do eksikátoru na 1 h. Nakonec byly opět zváženy na analytické váze pro získání výsledné hmotnosti vzorků po lyofilizaci.

Homogenizace

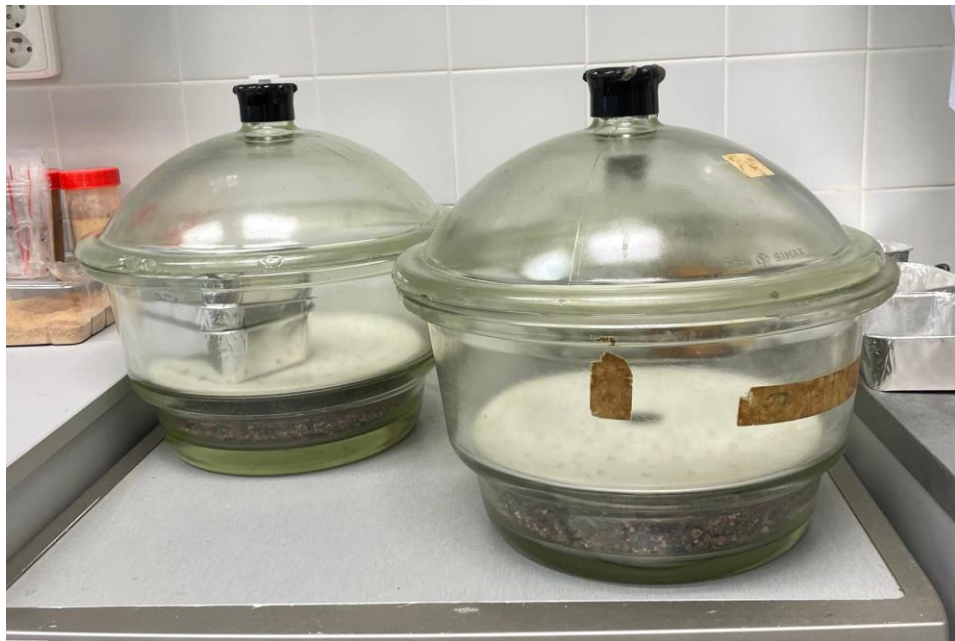
Vzorky, které už podstoupily lyofilizaci byly dále postupně zhomogenizovány v kávovém mlýnku, čímž byly získány sypké směsi vhodné pro následující analýzy.

4.2.2 Stanovení sušiny

Stanovení sušiny bylo provedeno podle nařízení komise (ES) č. 152/2009. Nejprve byly připraveny prázdné porcelánové misky, které byly vysušeny v sušárně, která je vyobrazena na Obrázku č. 1. Poté byly misky zváženy na analytické váze a následně naplněny 4 g homogenizovaného vzorku. Vzorky byly sušeny v sušárně při 103,5 °C po dobu 24 h. Po vychladnutí v exsikátoru (Obrázek č. 2) byly vzorky váženy do konstantní hmotnosti na analytické váze pro získání výsledné hmotnosti sušiny vzorků.



Obrázek 1 Sušárna



Obrázek 2 Exsikátor

4.2.3 Stanovení popelovin

Stanovení popelovin bylo provedeno na základě postupu dle nařízení komise (ES) č. 152/2009. Vzorky, umístěné v porcelánových miskách, byly vystaveny teplotě 550 °C a spáleny v muflové peci, čímž došlo ke zpopelnění. Následně byly vzorky opět přemístěny na 1 h do exsikátoru a poté znovu zváženy na analytické váze pro získání hmotnosti vzorků po spálení v peci.

4.2.4 Stanovení tuku dle Soxhleta

Stanovení obsahu tuku bylo provedeno extrakcí dle Soxhleta (Soxhlet 1879) pomocí Soxhletova extraktoru, který je vyobrazen na Obrázku č. 3. Na analytické váze byla zvážena skleněná vzorkovnice a výsledek byl zaznamenán. Do papírové patrony byly naváženy 4 g vzorku. Takto naplněná patrona byla vložena do vzorkovnice, do které se přidalo 70 ml petroletheru. Následovalo vložení do Soxhletova extraktoru a vlastní extrakce, která trvala 100 minut. Po skončení procesu byl ve skleněné vzorkovnici vyextrahovaný tuk. Vzorkovnice s tukem byla přemístěna na 30 minut do sušárny a poté na 1 h do exsikátoru. Na závěr byla na analytické váze zvážena hmotnost vzorkovnice s tukem a po odečtení hmotnosti vzorkovnice a přepočtení na navážku byl získán údaj o procentuálním obsahu tuku ve vzorku. hmotnost vyextrahovaného tuku.



Obrázek 3: Soxhletův extraktor

4.2.5 Stanovení bílkovin dle Kjeldahla

Stanovení obsahu bílkovin ve vzorcích homogenizovaného hmyzu bylo provedeno metodou podle Kjeldahla (ISO 1871:2009). Do připravené zkumavky bylo naváženo 0,2 g vzorku a k tomu byla přidána 1 tableta oxidu titaničitého, 10 ml 96% kyseliny sírové a 10 ml 30% peroxidu vodíku. Takto naplněné zkumavky byly vloženy do topného hnízda, kde byly mineralizovány při teplotě 400 °C po dobu 45 minut. Následně byly ponechány vychladnout a poté byly doplněny 10 ml destilované vody. Doplněné zkumavky se vzorkem byly analyzovány přístrojem Kjeltec TM 2400 analyzér (Obrázek 4), který po přepočtení pomocí univerzálního přepočítávacího faktoru 6,25 určil procentuální obsah bílkovin ve vzorku.



Obrázek 4: Kjeltec TM 2400 analyzér

4.2.6 Stanovení spektra aminokyselin

Obsah aminokyselin v různě kulinárně upravených vzorcích *Tenebrio molitor* a *Gryllus assimilis* byl stanoven akreditovanou laboratoří Eurofins (akreditační číslo: 1546). Tryptofan byl stanoven pomocí kapalinové chromatografie s fluorescenčním detektorem a ostatní aminokyseliny byly stanoveny pomocí iontové chromatografie s UV detektorem.

4.2.7 Statistická analýza

Získané hodnoty byly statisticky zhodnoceny použitím programů Microsoft Excel 2016 a Statistica 12. Byla provedena analýza rozptylu ANOVA a Scheffeho post-hoc analýza s hladinou pravděpodobnosti $\alpha = 0,05$. Výsledky jsou vyjádřeny jako aritmetický průměr („ \bar{x} “) \pm směrodatná odchylka (SD).

5 Výsledky

Tato diplomová práce se zabývá stanovením obsahu nutričních látek v kulinárně upraveném jedlém hmyzu. Konkrétně stanovením sušiny (DM), popelovin, tuku, bílkovin a aminokyselin. Všechny analýzy byly provedeny ve třech opakováních, z kterých byly následně vypočítány průměrné hodnoty a jejich směrodatná odchylka. Výsledky byly přepočteny na množství v sušině (g na 100 g DM) a na kulinární úpravu (g/100 g hmyzu). Přepočet na kulinární úpravu byl proveden pro snažší orientaci ve skutečně obsaženém množství nutrientů v kulinárně zpracované potravíně, tedy tak, jak bude prodávána či servírována. Tento údaj je využitelný v praxi a srozumitelný pro spotřebitele. Přepočet na sušinu byl zachován pro možnost porovnání výsledků s publikacemi.

5.1 Obsah sušiny

Z Tabulky 1, která porovnává oba druhy hmyzu usmrcené zmražením lze vyčíst, že nejmenší průměrné množství sušiny bylo zaznamenáno u cvrčka upraveného vařením ($24,92 \pm 0,29$ g sušiny na 100 g vařeného hmyzu), ale i u potemníka byla nejnižší hodnota u tohoto způsobu úpravy ($25,07 \pm 0,04$ g/100 g). Naopak nejvyšší průměrné množství sušiny bylo naměřeno při kulinární úpravě sušením, taktéž u cvrčka banánového ($98,63 \pm 0,07$ g/100g). Při porovnání této hodnoty s hodnotou potemníka ($97,91 \pm 0,05$ g/100 g) se ovšem opět příliš nelišily. Z tabulky jsou však patrné velké rozdíly mezi druhy hmyzu, které byly upraveny pražením a mikrovlnným ohřevem. U všech způsobů kulinární úpravy, kromě vaření, můžeme pozorovat navýšení obsahu sušiny oproti neupravovanému hmyzu.

Tabulka 1: Obsah sušiny (v g na 100 g hmyzu) v obou druzích hmyzu usmrcených zmražením v závislosti na různé kulinární úpravě

Druh hmyzu		Potemník moučný (<i>Tenebrio molitor</i>)			
Kulinární úprava	Neupravený	Vařený	Pražený	Sušený	Mikrovlnka
Sušina	$34,14 \pm 0,04^c$	$25,07 \pm 0,04^d$	$52,26 \pm 0,37^b$	$97,91 \pm 0,05^a$	$52,44 \pm 0,61^b$
Druh hmyzu		Cvrček banánový (<i>Gryllus assimilis</i>)			
Kulinární úprava	Neupravený	Vařený	Pražený	Sušený	Mikrovlnka
Sušina	$27,46 \pm 0,38^d$	$24,92 \pm 0,29^e$	$37,00 \pm 0,38^c$	$98,63 \pm 0,07^a$	$39,41 \pm 0,34^b$

*Hodnoty jsou vyjádřeny jako průměr \pm směrodatná odchylka ($n = 3$); písmena znázorňují, jak se hodnoty v rámci řádku statisticky liší ($p \leq 0,05$).

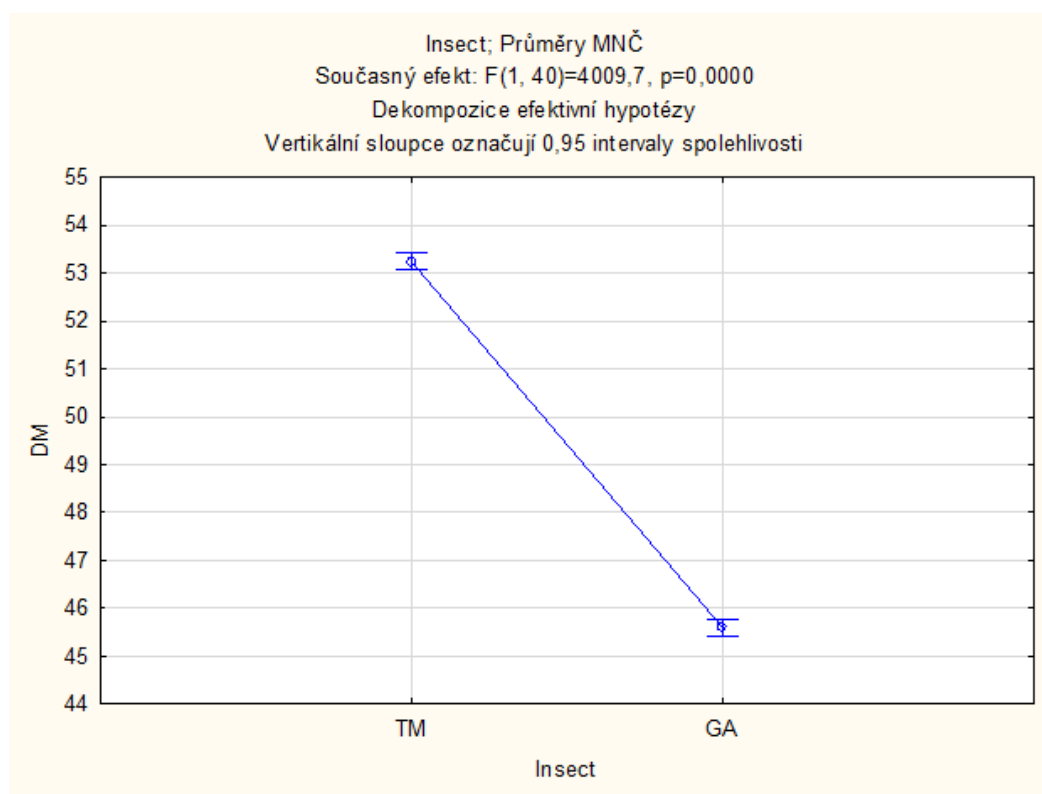
Z Tabulky 2, která porovnává obsah sušiny u obou druhů hmyzu usmrcených spařením, lze vyčíst, že nejmenší množství sušiny bylo zaznamenáno u cvrčka upraveného vařením ($23,45 \pm 0,11$ g/100 g) a největší tentokrát u larvy potemníka ($98,26 \pm 0,05$ g/100 g). Na rozdíl od usmrcení zmražením není u tohoto způsobu tak výrazný rozdíl mezi druhy hmyzu upravenými mikrovlnným ohřevem. Výrazný rozdíl je však na první pohled vidět při porovnání obou druhů hmyzu upravených pražením.

Tabulka 2: Obsah sušiny (v g na 100 g hmyzu) v obou druzích hmyzu usmrcených spařením, v závislosti na různé kulinární úpravě

Druh hmyzu		Potemník moučný (<i>Tenebrio molitor</i>)			
Kulinární úprava	Neupravený	Vařený	Pražený	Sušený	Mikrovlnka
Sušina	33,26 ± 0,20 ^d	28,04 ± 0,17 ^e	65,92 ± 0,24 ^b	98,26 ± 0,05 ^a	45,07 ± 0,21 ^c
Druh hmyzu		Cvrček banánový (<i>Gryllus assimilis</i>)			
Kulinární úprava	Neupravený	Vařený	Pražený	Sušený	Mikrovlnka
Sušina	27,12 ± 0,23 ^d	23,45 ± 0,11 ^e	36,25 ± 0,30 ^c	97,83 ± 0,23 ^a	43,88 ± 1,28 ^b

* Hodnoty jsou vyjádřeny jako průměr ± směrodatná odchylka (n = 3); písmena znázorňují, jak se hodnoty v rámci řádku statisticky liší (p ≤ 0,05).

Podle statistického vyhodnocení existují statisticky významné rozdíly mezi všemi působícími faktory. Nejvíce byl výsledný obsah sušiny ovlivněn především kulinární úpravou (p < 0,0001; F = 458E2) a následně druhem hmyzu (p < 0,0001; F = 4010). Nejmenší vliv na množství sušiny mělo usmrcení (p < 0,001). Z Grafu 1 je zřejmé, že *Tenebrio molitor* obsahoval v průměru více sušiny než *Gryllus assimilis*.



*DM = sušina)

Graf 1 Porovnání množství sušiny v *Tenebrio molitor* (TM) a *Gryllus assimilis* (GA)

5.2 Obsah popelovin

V Tabulce 3 jsou zobrazeny průměrné obsahy popelovin u obou druhů hmyzu usmrcených zmražením. Tyto hodnoty jsou přepočtené na sušinu (DM) i na kulinární úpravu.

Dle přepočtů na sušinu bylo u obou druhů hmyzu nejmenší množství u způsobu vaření (GA $3,91 \pm 0,03$ g, TM $3,99 \pm 0,13$ g), ale největší množství se lišilo. *Gryllus assimilis* obsahoval nejvíce popelovin po mikrovlnném ohřevu ($5,59 \pm 0,13$ g), kdežto *Tenebrio molitor* nejvíce po pražení ($7,45 \pm 0,48$ g).

Dle přepočtů na kulinární úpravu bylo taktéž nejmenší průměrné množství popelovin zaznamenáno u cvrčka vařeného ($0,98 \pm 0,01$ g/100 g), ale i u potměníka byla nejnižší hodnota u tohoto způsobu kulinární úpravy ($1,00 \pm 0,03$ g/100 g). Naopak nejvyšší průměrné množství popelovin bylo naměřeno u potměníka moučného po kulinární úpravě sušením ($5,73 \pm 0,25$ g/100 g). Cvrček banánový dosáhl hodnoty $5,42 \pm 0,03$ g/100 g). U všech způsobů kulinární úpravy, kromě vaření, můžeme pozorovat nárůst obsahu popelovin oproti neupravenému hmyzu.

Tabulka 3: Obsah popelovin v obou druzích hmyzu usmrcených zmražením

Druh hmyzu	Potměník moučný (<i>Tenebrio molitor</i>)					
	Kulinární úprava	Neupravený	Vařený	Pražený	Sušený	Mikrovlnka
g/100 g DM		$6,76 \pm 0,26^{ab}$	$3,99 \pm 0,13^c$	$7,45 \pm 0,48^a$	$5,86 \pm 0,25^b$	$6,20 \pm 0,19^b$
g/100 g hmyzu		$2,31 \pm 0,09^d$	$1,00 \pm 0,03^e$	$3,89 \pm 0,25^b$	$5,73 \pm 0,25^a$	$3,25 \pm 0,1^c$
Druh hmyzu	Cvrček banánový (<i>Gryllus assimilis</i>)					
	Kulinární úprava	Neupravený	Vařený	Pražený	Sušený	Mikrovlnka
g/100 g DM		$5,45 \pm 0,04^a$	$3,91 \pm 0,03^c$	$5,15 \pm 0,07^b$	$5,49 \pm 0,03^a$	$5,59 \pm 0,13^a$
g/100 g hmyzu		$1,50 \pm 0,01^d$	$0,98 \pm 0,01^e$	$1,91 \pm 0,02^c$	$5,42 \pm 0,03^a$	$2,20 \pm 0,05^b$

* DM = sušina; hodnoty jsou vyjádřeny jako průměr \pm směrodatná odchylka (n = 3); písmena znázorňují, jak se hodnoty v rámci řádku statisticky liší ($p \leq 0,05$).

Tabulka 4 znázorňuje průměrné hodnoty popelovin obou druhů hmyzu usmrcených spařením. Dle výsledných hodnot přepočtených na sušinu bylo u obou druhů hmyzu nejmenší množství popelovin zaznamenáno u vaření (TM $3,64 \pm 0,07$ g a GA $4,46 \pm 0,05$ g), největší množství se však lišilo. U TM bylo dosaženo nejvyšší hodnoty vlivem mikrovlnného ohřevu ($7,50 \pm 0,53$ g) a u GA vlivem sušení ($5,75 \pm 0,01$ g).

Z hodnot přepočtených na kulinární úpravu lze vyčíst, že nejnižších hodnot bylo dosaženo u kulinární úpravy vařením ($1,02 \pm 0,02$ g pro *Tenebrio molitor* a $1,05 \pm 0,01$ g pro *Gryllus assimilis*) a naopak nejvyšší průměrné hodnoty byly zaznamenány u kulinární úpravy sušením ($6,46 \pm 0,05$ g pro *Tenebrio molitor* a $5,62 \pm 0,01$ g pro *Gryllus assimilis*). U všech způsobů kulinární úpravy, kromě vaření, můžeme pozorovat nárůst obsahu popelovin oproti neupravovanému hmyzu.

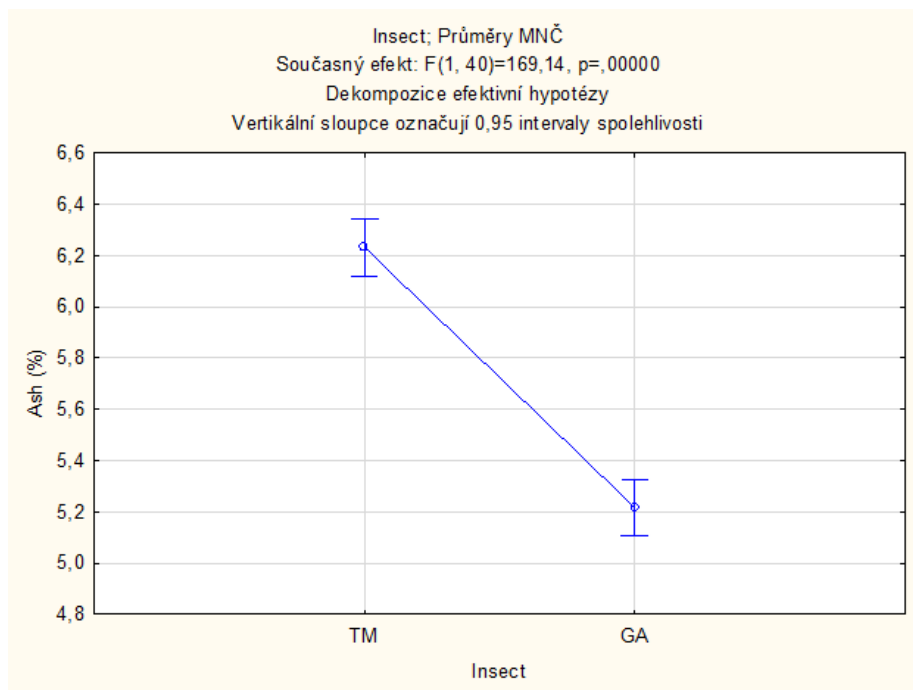
Tabulka 4: Obsah popelovin v obou druzích hmyzu usmrčených spařením

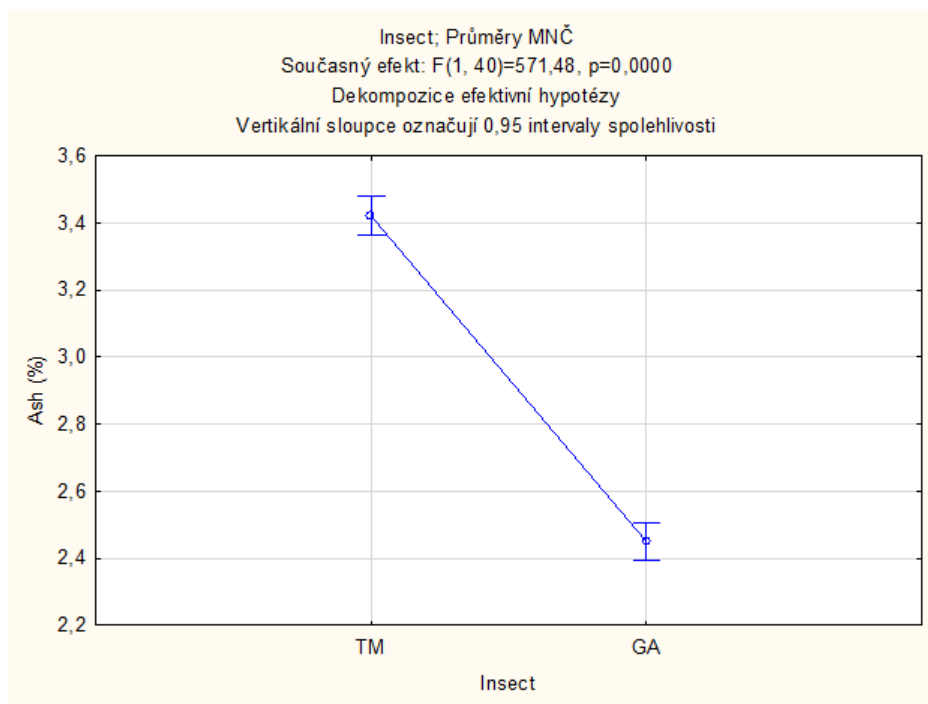
Druh hmyzu		Potemník moučný (<i>Tenebrio molitor</i>)			
Kulinární úprava	Neupravený	Vařený	Pražený	Sušený	Mikrovlnka
g/100 g DM	7,05 ± 0,52 ^a	3,62 ± 0,07 ^b	7,31 ± 0,45 ^a	6,58 ± 0,05 ^a	7,50 ± 0,53 ^a
g/100 g hmyzu	2,34 ± 0,17 ^d	1,02 ± 0,02 ^e	4,82 ± 0,3 ^b	6,46 ± 0,05 ^a	3,38 ± 0,24 ^c
Druh hmyzu		Cvrček banánový (<i>Gryllus assimilis</i>)			
Kulinární úprava	Neupravený	Vařený	Pražený	Sušený	Mikrovlnka
g/100 g DM	5,54 ± 0,04 ^{ab}	4,46 ± 0,05 ^c	5,48 ± 0,02 ^b	5,75 ± 0,01 ^a	5,34 ± 0,13 ^b
g/100 g hmyzu	1,50 ± 0,01 ^d	1,05 ± 0,01 ^e	1,98 ± 0,01 ^c	5,62 ± 0,01 ^a	2,34 ± 0,06 ^b

*DM = sušina; hodnoty jsou vyjádřeny jako průměr ± směrodatná odchylka (n = 3); písmena znázorňují, jak se hodnoty v rámci řádku statisticky liší ($p \leq 0,05$).

Dle statistického zhodnocení množství popelovin přepočtených na sušinu, existují statisticky významné rozdíly mezi všemi působícími faktory. Nejvíce bylo výsledné množství popelovin ovlivněno druhem hmyzu ($p < 0,0001$; $F = 169,1$) a následně kulinárními úpravami ($p < 0,0001$; $F = 125,3$). Usmrcení hmyzu mělo na množství popelovin podstatně menší vliv ($p < 0,001$). *Tenebrio molitor* obsahoval v průměru více popelovin než *Gryllus assimilis* (Graf 2), což se projevilo i při působení všech faktorů dohromady, kdy existuje statisticky významný rozdíl ($p < 0,0001$).

Dle statistického zhodnocení množství popelovin přepočtených na kulinární úpravu, existují statisticky významné rozdíly mezi všemi působícími faktory. Nejvíce bylo množství ovlivněno kulinární úpravou ($p < 0,0001$; $F = 1585$) a následně druhem hmyzu ($p < 0,0001$; $F = 571$), nejmenší vliv na množství popelovin měl způsob usmrcení ($p < 0,0001$; $F = 33$). Na Grafu 3 je znázorněno porovnání množství popelovin přepočtených na kulinární úpravu, *Tenebrio molitor* obsahoval v průměru více popelovin než *Gryllus assimilis*.

**Graf 2** Porovnání množství popelovin v *Tenebrio molitor* a *Gryllus assimilis*, přepočteno na sušinu



Graf 3 Porovnání množství popelovin v *Tenebrio molitor* a *Gryllus assimilis*, přepočteno na kulinární úpravu

5.3 Obsah tuku

V Tabulce 5 jsou zobrazeny průměrné obsahy tuku u obou druhů hmyzu usmrcených zmražením.

Nejnižšího průměrného obsahu tuku na 100 g sušiny bylo dosaženo u cvrčka banánového, který byl vystaven sušení ($18,29 \pm 0,11$ g/100 g DM). U larev potemníka moučného bylo nejmenší množství zaznamenáno u způsobu pražení ($30,03 \pm 0,09$ g/100 g DM). Naopak nejvyššího obsahu tuku dosáhli TM i GA vlivem vaření ($32,47 \pm 0,07$ a $23,77 \pm 0,13$ g/100 g DM). Výsledné hodnoty mezi kulinárními úpravami se však tentokrát příliš nelišily, výrazný rozdíl byl mezi druhy hmyzu.

Nejmenší průměrné množství tuku, přepočteného na kulinární úpravu, bylo zaznamenáno u cvrčka vařeného ($5,92 \pm 0,03$ g/100 g), ale i u larev potemníka byla nejnižší hodnota u tohoto způsobu kulinární úpravy ($8,14 \pm 0,02$ g/100 g). Naopak nejvyšší průměrné množství tuku bylo naměřeno u potemníka moučného po kulinární úpravě sušením ($30,47 \pm 0,18$ g/100 g). Cvrček banánový dosáhl nejvyšší hodnoty $18,03 \pm 0,11$ g/100 g). V tomto případě můžeme u všech způsobů kulinární úpravy, kromě vaření, pozorovat nárůst obsahu tuku oproti neupravovanému hmyzu.

Tabulka 5: Obsah tuku v obou druzích hmyzu usmrcených zmražením

Druh hmyzu		Potemník moučný (<i>Tenebrio molitor</i>)			
Kulinární úprava	Neupravený	Vařený	Pražený	Sušený	Mikrovlnka
g/100 g DM	30,35 ± 0,12 ^c	32,47 ± 0,07 ^a	30,03 ± 0,09 ^c	31,12 ± 0,18 ^b	31,35 ± 0,16 ^b
g/100 g hmyzu	10,36 ± 0,04 ^d	8,14 ± 0,02 ^e	15,70 ± 0,05 ^c	30,47 ± 0,18 ^a	16,44 ± 0,08 ^b
Druh hmyzu		Cvrček banánový (<i>Gryllus assimilis</i>)			
Kulinární úprava	Neupravený	Vařený	Pražený	Sušený	Mikrovlnka
g/100 g DM	21,65 ± 0,1 ^b	23,77 ± 0,13 ^a	21,8 ± 0,03 ^b	18,29 ± 0,11 ^d	19,18 ± 0,04 ^c
g/100 g hmyzu	5,95 ± 0,03 ^d	5,92 ± 0,03 ^d	8,07 ± 0,01 ^b	18,03 ± 0,11 ^a	7,56 ± 0,01 ^c

*DM = sušina; hodnoty jsou vyjádřeny jako průměr ± směrodatná odchylka (n = 3); písmena znázorňují, jak se hodnoty v rámci řádku statisticky liší (p ≤ 0,05).

Tabulka 6 znázorňuje průměrné analyzované množství tuku obou druhů hmyzu usmrcených spařením. Nejnižšího průměrného obsahu tuku na 100 g sušiny bylo dosaženo u cvrčka banánového, který byl vystaven sušení (13,31 ± 0,20 g). U larev potemníka moučného bylo nejmenší množství zaznamenáno u způsobu sušení (24,80 ± 0,21 g). Naopak nejvyššího obsahu tuku dosáhli TM i GA vlivem vaření (35,28 ± 0,29 a 19,94 ± 0,2 g/100 g DM).

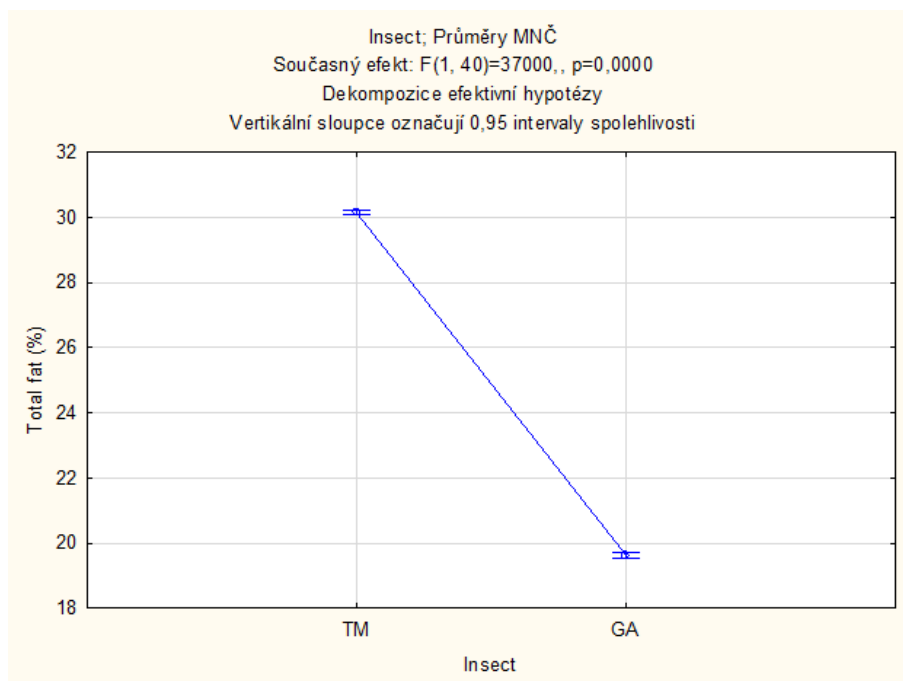
Při přepočtu na kulinární úpravu byla tato zjištění přesně opačná. Vařením bylo dosaženo nejnižšího obsahu tuku u GA i TM (4,68 ± 0,05 a 9,89 ± 0,08 g na 100 g hmyzu). Nejvyšší průměrné hodnoty pak byly opět pro oba druhy hmyzu zaznamenány u kulinární úpravy sušením (24,37 ± 0,21 g pro *Tenebrio molitor* a 13,02 ± 0,19 g pro *Gryllus assimilis*). V tomto případě opět platí, že množství tuku bylo vyšší oproti neupravenému hmyzu pro všechny způsoby kulinární úpravy kromě vaření.

Tabulka 6: Obsah tuku v obou druzích hmyzu usmrcených spařením

Druh hmyzu		Potemník moučný (<i>Tenebrio molitor</i>)			
Kulinární úprava	Neupravený	Vařený	Pražený	Sušený	Mikrovlnka
g/100 g DM	30,92 ± 0,20 ^b	35,28 ± 0,29 ^a	29,48 ± 0,07 ^c	24,8 ± 0,21 ^e	25,65 ± 0,23 ^d
g/100 g hmyzu	10,28 ± 0,07 ^d	9,89 ± 0,08 ^d	19,43 ± 0,04 ^b	24,37 ± 0,21 ^a	11,56 ± 0,1 ^c
Druh hmyzu		Cvrček banánový (<i>Gryllus assimilis</i>)			
Kulinární úprava	Neupravený	Vařený	Pražený	Sušený	Mikrovlnka
g/100 g DM	18,93 ± 0,13 ^b	19,94 ± 0,20 ^a	19,63 ± 0,36 ^{ab}	13,31 ± 0,20 ^c	19,85 ± 0,13 ^a
g/100 g hmyzu	5,13 ± 0,04 ^d	4,68 ± 0,05 ^e	7,11 ± 0,13 ^c	13,02 ± 0,19 ^a	8,71 ± 0,06 ^b

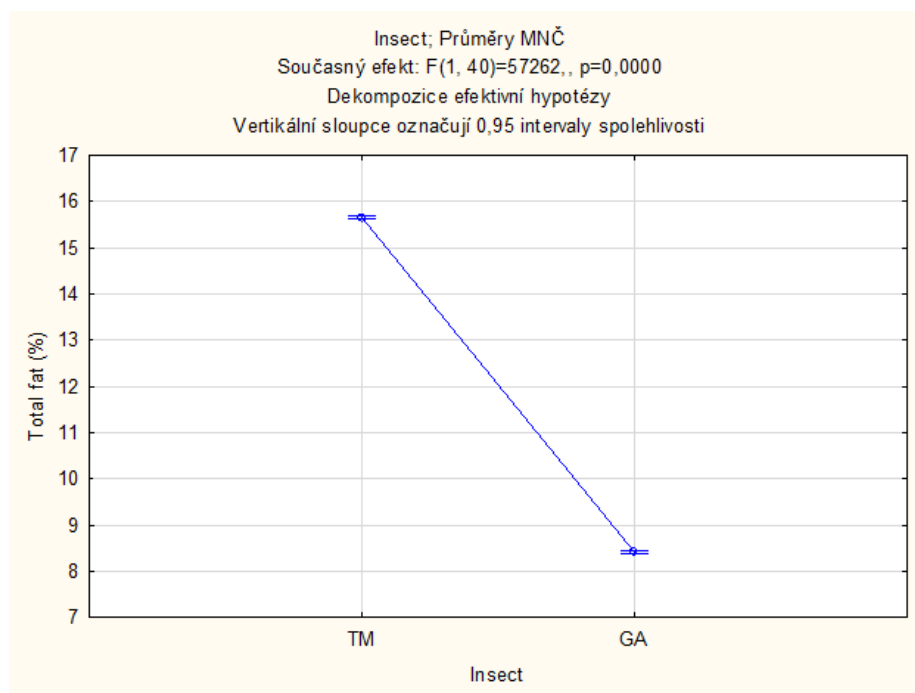
*DM = sušina; hodnoty jsou vyjádřeny jako průměr ± směrodatná odchylka (n = 3); písmena znázorňují, jak se hodnoty v rámci řádku statisticky liší (p ≤ 0,05).

Statistickým vyhodnocením bylo prokázáno, že existují statisticky významné rozdíly v obsahu tuku přepočteného na sušinu mezi všemi působícími faktory. Výsledné množství tuku nejvíce ovlivnil druh hmyzu (p < 0,0001; F = 370 × 10²), následně způsob usmrcení (p < 0,0001; F = 1654) a nejmenší vliv měl tentokrát způsob kulinární úpravy (p < 0,0001; F = 1281). Na Grafu 4 je znázorněno, že *Tenebrio molitor* obsahoval v průměru více tuku než *Gryllus assimilis*.



Graf 4 Porovnání množství tuku v *Tenebrio molitor* a *Gryllus assimilis*, přepočteno na sušinu

Podle statistického vyhodnocení množství tuku přepočteného na kulinární úpravu existují statisticky významné rozdíly mezi všemi působícími faktory. Nejvíce bylo výsledné množství tuku ovlivněno druhem hmyzu ($p < 0,0001$; $F = 573 \times 10^2$) a následně způsobem kulinární úpravy ($p < 0,0001$; $F = 285 \times 10^2$). Usmrcení hmyzu mělo na množství tuku nejmenší vliv ($p < 0,0001$; $F = 1690$). *Tenebrio molitor* obsahoval v průměru více tuku než *Gryllus assimilis* (Graf 5).



Graf 5: Porovnání množství tuku v *Tenebrio molitor* a *Gryllus assimilis*, přepočteno na kulinární úpravu

5.4 Obsah bílkovin

V Tabulce 7 jsou zobrazeny průměrné obsahy bílkovin u obou druhů hmyzu usmrcených zmražením. Lze z ní vyčíst, že oba druhy hmyzu obsahovaly nejméně gramů bílkovin ve 100 g sušiny, pokud byly vystaveny vaření (TM $56,09 \pm 0,1$ g, GA $64,36 \pm 0,6$ g). Nejvyšší zastoupení pak měl sušený cvrček banánový ($68,38 \pm 0,49$ g/100 g DM) a larvy potemníka moučného obsahovaly nejvíce u způsobu pražení ($57,22 \pm 0,22$ g/100 g DM).

Po přepočtení na kulinární úpravu bylo nejmenší průměrné množství bílkovin zaznamenáno u vařených larev potemníka moučného ($14,06 \pm 0,03$ g/100 g), ale i u cvrčka banánového byla nejnižší hodnota u tohoto způsobu kulinární úpravy ($16,04 \pm 0,15$ g/100 g). Naopak nejvyšší průměrné množství bílkovin bylo naměřeno u cvrčka po kulinární úpravě sušením ($67,44 \pm 0,48$ g/100 g). Larvy potemníka dosáhly hodnoty $55,9 \pm 0,2$ g/100 g). V tomto případě můžeme u všech způsobů kulinární úpravy, kromě vaření, pozorovat nárůst obsahu bílkovin.

Tabulka 7: Obsah bílkovin v obou druzích hmyzu usmrcených zmražením, v závislosti na různé kulinární úpravě

Druh hmyzu	Potemník moučný (<i>Tenebrio molitor</i>)					
	Kulinární úprava	Neupravený	Vařený	Pražený	Sušený	Mikrovlnka
g/100 g DM		$56,53 \pm 0,27^{ab}$	$56,09 \pm 0,1^b$	$57,22 \pm 0,22^a$	$57,09 \pm 0,21^a$	$55,83 \pm 0,31^b$
g/100 g hmyzu		$19,3 \pm 0,09^d$	$14,06 \pm 0,03^e$	$29,91 \pm 0,05^b$	$55,9 \pm 0,2^a$	$29,28 \pm 0,16^c$
Druh hmyzu	Cvrček banánový (<i>Gryllus assimilis</i>)					
	Kulinární úprava	Neupravený	Vařený	Pražený	Sušený	Mikrovlnka
g/100 g DM		$66,12 \pm 0,31^{bc}$	$64,36 \pm 0,6^d$	$64,97 \pm 0,17^{cd}$	$68,38 \pm 0,49^a$	$67,58 \pm 0,34^{ab}$
g/100 g hmyzu		$18,16 \pm 0,08^d$	$16,04 \pm 0,15^e$	$24,04 \pm 0,06^c$	$67,44 \pm 0,48^a$	$26,63 \pm 0,13^b$

*DM = sušina; hodnoty jsou vyjádřeny jako průměr \pm směrodatná odchylka (n = 3); písmena znázorňují, jak se hodnoty v rámci řádku statisticky liší ($p \leq 0,05$).

Tabulka 8 znázorňuje průměrné analyzované množství bílkovin obou druhů hmyzu usmrcených spařením. Dle výsledků přepočtených na množství bílkovin v sušině je zřejmé, že nejnižšího obsahu dosáhl vařený TM ($54,76 \pm 0,55$ g/100 g DM) a GA, který byl vystaven mikrovlnnému ohřevu ($67,09 \pm 0,41$ g/100 g DM). Množství bílkovin u vařeného GA se však od mikrovlnkovaného příliš nelišilo.

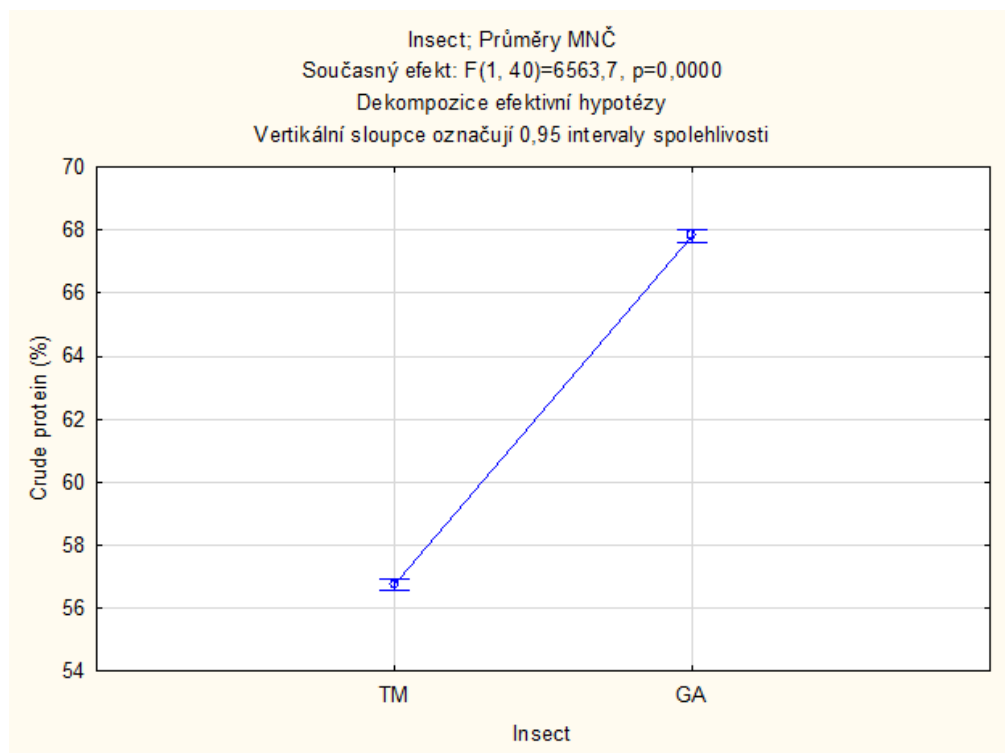
Po přepočtení na kulinární úpravu bylo nejnižších hodnot u obou druhů hmyzu dosaženo vlivem vaření ($15,35 \pm 0,16$ g pro *Tenebrio molitor* a $15,88 \pm 0,05$ g pro *Gryllus assimilis*) a naopak nejvyšší průměrné hodnoty byly zaznamenány u kulinární úpravy sušením ($71,37 \pm 0,36$ g pro *Gryllus assimilis* a $55,49 \pm 0,44$ g pro *Tenebrio molitor*).

Tabulka 8: Obsah bílkovin v obou druzích hmyzu usmrčených spařením, v závislosti na různé kulinární úpravě

Druh hmyzu		Potemník moučný (<i>Tenebrio molitor</i>)			
Kulinární úprava	Neupravený	Vařený	Pražený	Sušený	Mikrovlnka
g/100 g DM	55,62 ± 0,28 ^{cd}	54,76 ± 0,55 ^d	57,83 ± 0,6 ^b	56,48 ± 0,45 ^{bc}	60,01 ± 0,12 ^a
g/100 g hmyzu	18,50 ± 0,09 ^d	15,35 ± 0,16 ^c	38,12 ± 0,39 ^b	55,49 ± 0,44 ^a	27,05 ± 0,05 ^c
Druh hmyzu		Cvrček banánový (<i>Gryllus assimilis</i>)			
Kulinární úprava	Neupravený	Vařený	Pražený	Sušený	Mikrovlnka
g/100 g DM	70,03 ± 0,57 ^b	67,69 ± 0,21 ^c	69,02 ± 1 ^{bc}	72,95 ± 0,37 ^a	67,09 ± 0,41 ^c
g/100 g hmyzu	18,99 ± 0,16 ^d	15,88 ± 0,05 ^e	25,02 ± 0,36 ^c	71,37 ± 0,36 ^a	29,44 ± 0,18 ^b

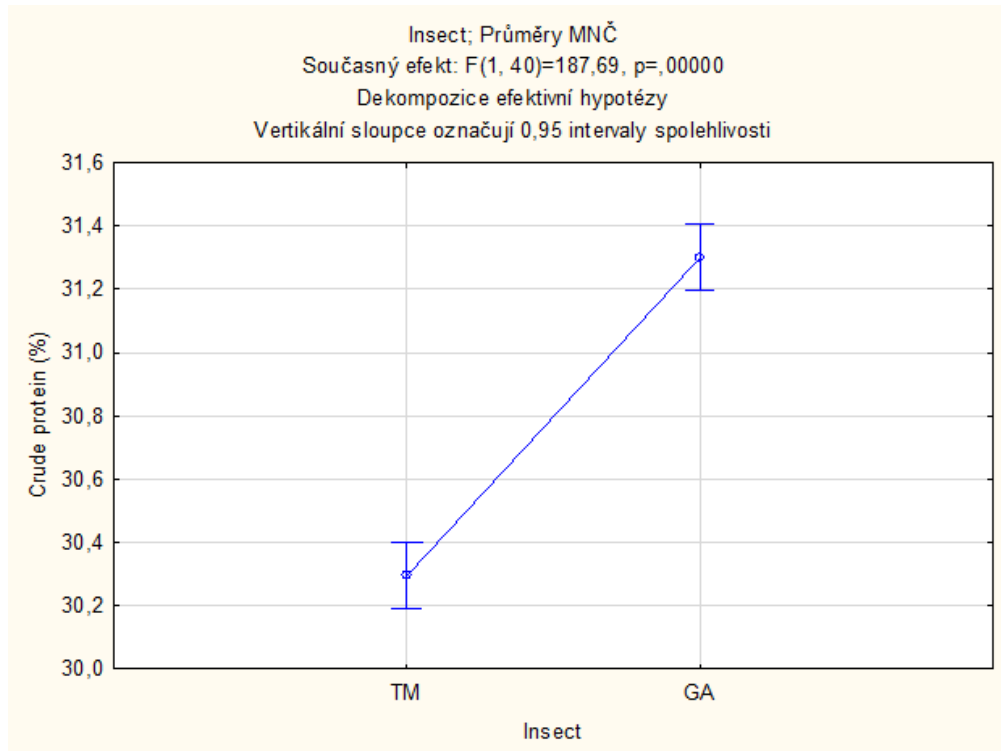
*DM = sušina; hodnoty jsou vyjádřeny jako průměr ± směrodatná odchylka (n = 3); písmena znázorňují, jak se hodnoty v rámci řádku statisticky liší (p ≤ 0,05).

Dle statistického vyhodnocení množství bílkovin existují statisticky významné rozdíly v množství bílkovin přepočtených na sušinu, a to mezi všemi působícími faktory. Nejvíce bylo výsledné množství bílkovin ovlivněno druhem hmyzu (p < 0,0001; F = 6564) a následně způsobem usmrcení (p < 0,0001; F = 160). Na množství bílkovin měl nejmenší vliv způsob kulinární úpravy (p < 0,0001; F = 50). Na Grafu 6 je možné vidět, že *Gryllus assimilis* obsahoval v průměru více bílkovin než *Tenebrio molitor*.



Graf 6: Porovnání množství bílkovin přepočtených na sušinu v *Tenebrio molitor* (TM) a *Gryllus assimilis* (GA)

Dle statistického vyhodnocení množství bílkovin existují statisticky významné rozdíly v množství bílkovin přepočtených na kulinární úpravu, a to mezi všemi působícími faktory. Nejvíce bylo výsledné množství bílkovin ovlivněno způsobem kulinární úpravy ($p < 0,0001$; $F = 521E2$) a poté způsobem usmrcení ($p < 0,0001$; $F = 388$). Na množství bílkovin měl nejmenší vliv druh hmyzu ($p < 0,0001$; $F = 188$). Na Grafu 7 je možné vidět, že *Gryllus assimilis* obsahoval v průměru více bílkovin než *Tenebrio molitor*.



Graf 7: Porovnání množství bílkovin přepočtených na kulinární úpravu v *Tenebrio molitor* (TM) a *Gryllus assimilis* (GA)

5.5 Obsah aminokyselin

V Tabulce 9 jsou zapsány průměrné obsahy všech aminokyselin (AMK) v sušině *Tenebrio molitor*. U všech způsobů kulinární úpravy i způsobů usmrcení byl nejméně zastoupenou AMK ornithin a z EAA byl nejméně obsažen tryptofan, ačkoliv obsah metioninu byl také minimální. Naopak nejvyšších hodnot dosahovala kyselina glutamová a nejvíce obsaženou EAA byl leucin. To samé platí i v případě hodnot AMK přepočtených na kulinární úpravu, které jsou znázorněny v Tabulce 11. Stejně lze interpretovat i Tabulky 10 a 12, které náleží *Gryllus assimilis* a obsahují výsledná množství AMK přepočtená na sušinu a na kulinární úpravu.

Podle statistického vyhodnocení výsledků přepočtených na sušinu neexistuje statisticky významný rozdíl mezi kulinárními úpravami u všech AMK, kromě ornithinu ($p < 0,0001$), u kterého existuje statisticky významný rozdíl i mezi druhy hmyzu a mezi způsoby usmrcení. Mezi druhy hmyzu existuje statisticky významný rozdíl, a to u téměř všech AMK. Statisticky významný rozdíl neexistuje pouze u prolinu ($p < 0,088$), tyrosinu ($p < 0,431$) a valinu ($p < 0,055$). Statisticky významný rozdíl mezi způsoby usmrcení existuje pouze u již výše zmíněného ornithinu a cysteinu+cystinu ($p < 0,029$).

Podle statistického vyhodnocení výsledků přepočtených na kulinární úpravu naopak existuje statisticky významný rozdíl mezi kulinárními úpravami u všech AMK ($p < 0,0001$) a statisticky významný rozdíl mezi druhy hmyzu existuje pouze u některých AMK, mezi které se řadí alanin ($p < 0,009$), arginin ($p < 0,0001$), histidin ($p < 0,0001$), ornithin ($p < 0,0001$), prolin ($p < 0,044$), tyrosin ($p < 0,0001$), methionin ($p < 0,0001$) a tryptofan ($p < 0,001$). U ostatních AMK neexistuje statisticky významný rozdíl mezi druhy. U většiny AMK neexistuje statisticky významný rozdíl mezi způsoby usmrcení. Aminokyseliny, u kterých existuje statisticky významný rozdíl mezi způsoby usmrcení jsou cystein + cystin ($p < 0,007$) a tryptofan ($p < 0,036$).

Tabulka 9 Obsah aminokyselin v sušině v různě kulinárně upravených vzorcích *Tenebrio molitor* usmrcených zmražením či spařením

Způsob usmrcení Aminokyseliny (g/100 g)	Zmražený					Spařený				
	Neupravený	Vařený	Pražený	Sušený	Mikrovltnka	Neupravený	Vařený	Pražený	Sušený	Mikrovltnka
Alanin	4,35 ± 0,50	4,43 ± 0,51	4,42 ± 0,51	4,39 ± 0,50	4,23 ± 0,48	4,21 ± 0,48	4,25 ± 0,49	4,05 ± 0,46	3,93 ± 0,45	4,18 ± 0,48
Arginin	3,02 ± 0,34	3,04 ± 0,35	3,08 ± 0,35	2,94 ± 0,34	3,00 ± 0,34	3,03 ± 0,35	2,92 ± 0,33	3,02 ± 0,35	2,83 ± 0,32	3,03 ± 0,35
Asparagová k.	4,61 ± 0,53	4,76 ± 0,54	4,61 ± 0,53	4,51 ± 0,52	4,51 ± 0,52	4,56 ± 0,52	4,42 ± 0,50	4,74 ± 0,54	4,33 ± 0,49	4,59 ± 0,52
Glutamová k.	6,37 ± 0,73	6,33 ± 0,72	6,46 ± 0,74	6,58 ± 0,75	6,28 ± 0,72	6,22 ± 0,71	5,91 ± 0,68	6,32 ± 0,72	5,95 ± 0,68	6,34 ± 0,72
Glycin	3,02 ± 0,34	3,07 ± 0,35	3,04 ± 0,35	2,97 ± 0,34	2,97 ± 0,34	2,95 ± 0,34	2,96 ± 0,34	2,94 ± 0,34	2,82 ± 0,32	3,01 ± 0,34
Histidin	1,84 ± 0,21	1,71 ± 0,20	1,76 ± 0,20	1,65 ± 0,19	1,73 ± 0,20	1,74 ± 0,20	1,65 ± 0,19	1,70 ± 0,19	1,66 ± 0,19	1,74 ± 0,20
Hydroxyprolin	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Isoleucin	2,43 ± 0,28	2,51 ± 0,29	2,44 ± 0,28	2,42 ± 0,28	2,39 ± 0,27	2,36 ± 0,27	2,38 ± 0,27	2,40 ± 0,27	2,28 ± 0,26	2,39 ± 0,27
Leucin	4,15 ± 0,47	4,33 ± 0,49	4,22 ± 0,48	4,13 ± 0,47	4,10 ± 0,47	4,04 ± 0,46	4,16 ± 0,48	4,14 ± 0,47	3,85 ± 0,44	4,16 ± 0,48
Lysin	3,16 ± 0,36	3,21 ± 0,37	3,20 ± 0,37	2,97 ± 0,34	3,08 ± 0,35	3,04 ± 0,35	3,02 ± 0,35	3,16 ± 0,36	2,99 ± 0,34	3,19 ± 0,36
Ornithin	0,14 ± 0,02 ^a	0,12 ± 0,02 ^a	0,15 ± 0,02 ^a	0,12 ± 0,02 ^a	0,14 ± 0,02 ^a	0,14 ± 0,02 ^a	0,14 ± 0,02 ^a	<0,05 ^b	0,14 ± 0,02 ^a	0,16 ± 0,03 ^a
Fenylalanin	1,95 ± 0,22	2,08 ± 0,24	2,02 ± 0,23	1,97 ± 0,23	2,03 ± 0,23	1,90 ± 0,22	1,99 ± 0,23	1,96 ± 0,22	1,85 ± 0,21	2,01 ± 0,23
Prolin	4,06 ± 0,46	3,79 ± 0,43	4,27 ± 0,49	3,66 ± 0,42	4,03 ± 0,46	4,16 ± 0,48	3,53 ± 0,40	4,04 ± 0,46	4,26 ± 0,49	4,35 ± 0,50
Serin	2,58 ± 0,29	2,71 ± 0,31	2,61 ± 0,30	2,56 ± 0,29	2,55 ± 0,29	2,57 ± 0,29	2,58 ± 0,30	2,61 ± 0,30	2,43 ± 0,28	2,62 ± 0,30
Threonin	2,26 ± 0,26	2,33 ± 0,27	2,30 ± 0,26	2,26 ± 0,26	2,21 ± 0,25	2,24 ± 0,26	2,19 ± 0,25	2,31 ± 0,26	2,13 ± 0,24	2,26 ± 0,26
Tyrosin	3,61 ± 0,41	3,82 ± 0,44	3,63 ± 0,42	3,38 ± 0,39	3,65 ± 0,42	3,55 ± 0,41	3,78 ± 0,43	3,54 ± 0,40	3,40 ± 0,39	3,63 ± 0,41
Valin	3,44 ± 0,39	3,61 ± 0,41	3,47 ± 0,40	3,45 ± 0,39	3,36 ± 0,38	3,35 ± 0,38	3,42 ± 0,39	3,39 ± 0,39	3,24 ± 0,37	3,44 ± 0,39
Cystein + Cystin	0,50 ± 0,06	0,50 ± 0,06	0,55 ± 0,06	0,46 ± 0,05	0,45 ± 0,05	0,53 ± 0,06	0,51 ± 0,06	0,56 ± 0,06	0,52 ± 0,06	0,55 ± 0,06
Metionin	0,66 ± 0,08	0,69 ± 0,08	0,76 ± 0,08	0,68 ± 0,08	0,69 ± 0,08	0,71 ± 0,08	0,77 ± 0,09	0,74 ± 0,08	0,73 ± 0,08	0,75 ± 0,09
Tryptofan	0,70 ± 0,06	0,66 ± 0,05	0,68 ± 0,06	0,65 ± 0,05	0,67 ± 0,05	0,69 ± 0,06	0,69 ± 0,06	0,71 ± 0,06	0,66 ± 0,05	0,72 ± 0,06

*Hodnoty jsou vyjádřeny jako průměr ± směrodatná odchylka (n = 3); hodnoty v rámci řádku se statisticky neliší (p ≤ 0,05) s výjimkou ornithinu, u kterého jsou statistické rozdíly vyjádřeny pomocí písmenek.

Tabulka 10 Obsah aminokyselin v sušině v různě kulinárně upravených vzorcích *Gryllus assimilis* usmrcených zmražením a spařením

Způsob usmrcení Aminokyseliny (g/100 g)	Zmražený					Spařený				
	Neupravený	Vařený	Pražený	Sušený	Mikrovlnka	Neupravený	Vařený	Pražený	Sušený	Mikrovlnka
Alanin	5,31 ± 0,61	5,52 ± 0,63	5,32 ± 0,61	5,55 ± 0,63	5,52 ± 0,63	5,39 ± 0,62	5,48 ± 0,63	5,43 ± 0,62	5,82 ± 0,67	5,20 ± 0,59
Arginin	4,18 ± 0,48	4,07 ± 0,47	4,18 ± 0,48	4,41 ± 0,50	4,36 ± 0,50	4,58 ± 0,52	4,41 ± 0,50	4,64 ± 0,53	4,96 ± 0,57	4,47 ± 0,51
Asparagová k.	5,31 ± 0,61	5,10 ± 0,58	5,10 ± 0,58	5,20 ± 0,59	5,23 ± 0,60	5,58 ± 0,64	5,63 ± 0,64	5,53 ± 0,63	5,99 ± 0,68	5,56 ± 0,64
Glutamová k.	6,85 ± 0,78	6,57 ± 0,75	6,78 ± 0,77	7,04 ± 0,81	6,83 ± 0,78	7,18 ± 0,82	6,98 ± 0,80	7,03 ± 0,80	7,53 ± 0,86	7,11 ± 0,81
Glycin	3,37 ± 0,39	3,26 ± 0,37	3,31 ± 0,38	3,38 ± 0,39	3,47 ± 0,40	3,50 ± 0,40	3,35 ± 0,38	3,49 ± 0,40	3,76 ± 0,43	3,39 ± 0,39
Histidin	1,47 ± 0,17	1,45 ± 0,17	1,47 ± 0,17	1,48 ± 0,17	1,51 ± 0,17	1,53 ± 0,17	1,56 ± 0,18	1,59 ± 0,18	1,59 ± 0,18	1,56 ± 0,18
Hydroxyprolin	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Isoleucin	2,48 ± 0,28	2,57 ± 0,29	2,47 ± 0,28	2,56 ± 0,29	2,55 ± 0,29	2,68 ± 0,31	2,78 ± 0,32	2,71 ± 0,31	2,92 ± 0,33	2,62 ± 0,30
Leucin	4,44 ± 0,51	4,65 ± 0,53	4,41 ± 0,50	4,60 ± 0,53	4,56 ± 0,52	4,61 ± 0,53	4,83 ± 0,55	4,73 ± 0,54	4,96 ± 0,57	4,65 ± 0,53
Lysin	3,53 ± 0,40	3,59 ± 0,41	3,52 ± 0,40	3,65 ± 0,42	3,70 ± 0,42	3,84 ± 0,44	3,82 ± 0,44	3,78 ± 0,43	3,89 ± 0,44	3,82 ± 0,44
Ornithin	<0,05 ^b	0,10 ± 0,02 ^a	0,10 ± 0,02 ^a	0,09 ± 0,01 ^a	<0,05 ^b	<0,05 ^b	<0,05 ^b	<0,05 ^b	<0,05 ^b	<0,05 ^b
Fenylalanin	2,15 ± 0,25	2,24 ± 0,26	2,12 ± 0,24	2,25 ± 0,26	2,19 ± 0,25	2,29 ± 0,26	2,33 ± 0,27	2,30 ± 0,26	2,42 ± 0,28	2,27 ± 0,26
Prolin	4,13 ± 0,47	4,28 ± 0,49	4,21 ± 0,48	4,26 ± 0,49	4,32 ± 0,49	4,21 ± 0,48	4,37 ± 0,50	4,20 ± 0,48	4,58 ± 0,52	4,22 ± 0,48
Serin	2,64 ± 0,30	2,81 ± 0,32	2,75 ± 0,32	2,93 ± 0,33	2,87 ± 0,33	3,14 ± 0,36	3,13 ± 0,36	3,06 ± 0,35	3,41 ± 0,39	2,99 ± 0,34
Threonin	2,71 ± 0,31	2,42 ± 0,28	2,37 ± 0,27	2,52 ± 0,29	2,48 ± 0,28	2,58 ± 0,30	2,59 ± 0,30	2,55 ± 0,29	2,79 ± 0,32	2,51 ± 0,29
Tyrosin	3,40 ± 0,39	3,49 ± 0,40	3,39 ± 0,39	3,45 ± 0,39	3,54 ± 0,41	3,50 ± 0,40	3,59 ± 0,41	3,43 ± 0,39	3,63 ± 0,42	3,57 ± 0,41
Valin	3,46 ± 0,40	3,63 ± 0,42	3,44 ± 0,39	3,69 ± 0,42	3,64 ± 0,42	3,70 ± 0,42	3,83 ± 0,44	3,77 ± 0,43	3,87 ± 0,44	3,67 ± 0,42
Cystein + Cystin	0,61 ± 0,07	0,58 ± 0,07	0,58 ± 0,07	0,54 ± 0,06	0,58 ± 0,07	0,61 ± 0,07	0,63 ± 0,07	0,67 ± 0,08	0,61 ± 0,07	0,62 ± 0,07
Metionin	0,92 ± 0,11	1,00 ± 0,11	0,98 ± 0,11	1,04 ± 0,12	0,91 ± 0,10	0,98 ± 0,11	1,03 ± 0,12	1,03 ± 0,12	1,02 ± 0,12	1,00 ± 0,11
Tryptofan	0,68 ± 0,06	0,69 ± 0,06	0,66 ± 0,06	0,70 ± 0,06	0,70 ± 0,06	0,73 ± 0,06	0,74 ± 0,06	0,71 ± 0,06	0,71 ± 0,06	0,70 ± 0,06

*Hodnoty jsou vyjádřeny jako průměr ± směrodatná odchylka (n = 3); hodnoty v rámci řádku se statisticky neliší (p ≤ 0,05) s výjimkou ornithinu, u kterého jsou statistické rozdíly vyjádřeny pomocí písmenek.

Tabulka 11 Obsah aminokyselin v v různě kulinárně upravených vzorcích *Tenebrio molitor* usmrcených zmrazením a spařením, hodnoty jsou vypočteny na 100 g porci

Způsob usmrcení Aminokyseliny (g/100 g)	Zmražený					Spařený				
	Neupravený	Vařený	Pražený	Sušený	Mikrovlnka	Neupravený	Vařený	Pražený	Sušený	Mikrovlnka
Alanin	1,48 ± 0,17 ^{cd}	1,11 ± 0,13 ^d	2,31 ± 0,26 ^{cd}	4,30 ± 0,49 ^a	2,22 ± 0,25 ^{cd}	1,40 ± 0,16 ^{cd}	1,19 ± 0,14 ^d	2,67 ± 0,30 ^{bc}	3,86 ± 0,44 ^{ab}	1,88 ± 0,22 ^{cd}
Arginin	1,03 ± 0,12 ^c	0,76 ± 0,09 ^c	1,61 ± 0,18 ^{bc}	2,88 ± 0,33 ^a	1,57 ± 0,18 ^{bc}	1,01 ± 0,12 ^c	0,82 ± 0,09 ^c	1,99 ± 0,23 ^{ab}	2,78 ± 0,32 ^a	1,37 ± 0,16 ^{bc}
k. Asparagová	1,57 ± 0,18 ^c	1,19 ± 0,14 ^c	2,41 ± 0,28 ^{bc}	4,41 ± 0,50 ^a	2,36 ± 0,27 ^{bc}	1,52 ± 0,17 ^c	1,24 ± 0,14 ^c	3,13 ± 0,36 ^{ab}	4,25 ± 0,49 ^a	2,07 ± 0,24 ^{bc}
k. Glutamová	2,18 ± 0,25 ^d	1,59 ± 0,18 ^d	3,38 ± 0,39 ^{cd}	6,44 ± 0,74 ^a	3,29 ± 0,38 ^{cd}	2,07 ± 0,24 ^d	1,66 ± 0,19 ^d	4,17 ± 0,48 ^{bc}	5,85 ± 0,67 ^{ab}	2,86 ± 0,33 ^{cd}
Glycin	1,03 ± 0,12 ^{cd}	0,77 ± 0,09 ^d	1,59 ± 0,18 ^{cd}	2,91 ± 0,33 ^a	1,56 ± 0,18 ^{cd}	0,98 ± 0,11 ^d	0,83 ± 0,09 ^d	1,94 ± 0,22 ^{bc}	2,77 ± 0,21 ^{ab}	1,36 ± 0,16 ^{cd}
Histidin	0,63 ± 0,07 ^{bc}	0,43 ± 0,05 ^c	0,92 ± 0,11 ^{bc}	1,61 ± 0,18 ^a	0,91 ± 0,10 ^{bc}	0,58 ± 0,07 ^c	0,46 ± 0,05 ^c	1,12 ± 0,13 ^{ab}	1,63 ± 0,19 ^a	0,78 ± 0,09 ^{bc}
Hydroxyprolin	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Isoleucin	0,83 ± 0,09 ^d	0,63 ± 0,07 ^d	1,28 ± 0,15 ^{cd}	2,37 ± 0,27 ^a	1,25 ± 0,14 ^{cd}	0,79 ± 0,09 ^d	0,67 ± 0,08 ^d	1,58 ± 0,18 ^{bc}	2,24 ± 0,26 ^{ab}	1,08 ± 0,12 ^{cd}
Leucin	1,42 ± 0,16 ^d	1,09 ± 0,12 ^d	2,20 ± 0,25 ^{cd}	4,05 ± 0,46 ^a	2,15 ± 0,25 ^{cd}	1,34 ± 0,15 ^d	1,17 ± 0,13 ^d	2,73 ± 0,31 ^{bc}	3,79 ± 0,43 ^{ab}	1,87 ± 0,21 ^{cd}
Lysin	1,08 ± 0,12 ^c	0,81 ± 0,09 ^c	1,67 ± 0,19 ^{bc}	2,91 ± 0,33 ^a	1,62 ± 0,18 ^{bc}	1,01 ± 0,12 ^c	0,85 ± 0,10 ^c	2,08 ± 0,24 ^{ab}	2,94 ± 0,34 ^a	1,44 ± 0,16 ^{bc}
Ornithine	0,05 ± 0,01 ^c	0,03 ± 0,01 ^c	0,08 ± 0,01 ^{bc}	0,12 ± 0,02 ^{ab}	0,07 ± 0,01 ^{bc}	0,05 ± 0,01 ^c	0,04 ± 0,01 ^c	<0,05	0,14 ± 0,02 ^a	0,07 ± 0,01 ^{bc}
Fenylalanin	0,67 ± 0,08 ^d	0,52 ± 0,06 ^d	1,06 ± 0,12 ^{cd}	1,93 ± 0,22 ^a	1,06 ± 0,12 ^{cd}	0,63 ± 0,07 ^d	0,56 ± 0,06 ^d	1,29 ± 0,15 ^{bc}	1,82 ± 0,21 ^{ab}	0,91 ± 0,10 ^{cd}
Prolin	1,39 ± 0,16 ^{de}	0,95 ± 0,11 ^e	2,23 ± 0,25 ^{cd}	3,58 ± 0,41 ^{ab}	2,11 ± 0,24 ^{cde}	1,38 ± 0,16 ^{de}	0,99 ± 0,11 ^{de}	2,67 ± 0,31 ^{bc}	4,18 ± 0,48 ^a	1,96 ± 0,22 ^{cde}
Serin	0,88 ± 0,10 ^c	0,68 ± 0,08 ^c	1,37 ± 0,16 ^{bc}	2,50 ± 0,29 ^a	1,34 ± 0,15 ^{bc}	0,86 ± 0,10 ^c	0,72 ± 0,08 ^c	1,72 ± 0,20 ^{ab}	2,39 ± 0,27 ^a	1,18 ± 0,13 ^{bc}
Threonin	0,77 ± 0,09 ^c	0,58 ± 0,07 ^c	1,20 ± 0,14 ^{bc}	2,22 ± 0,25 ^a	1,16 ± 0,13 ^{bc}	0,75 ± 0,09 ^c	0,61 ± 0,07 ^c	1,52 ± 0,17 ^{bc}	2,10 ± 0,24 ^a	1,02 ± 0,12 ^{bc}
Tyrosin	1,23 ± 0,14 ^c	0,96 ± 0,11 ^c	1,90 ± 0,22 ^{bc}	3,31 ± 0,38 ^a	1,92 ± 0,22 ^{bc}	1,18 ± 0,14 ^c	1,06 ± 0,12 ^c	2,33 ± 0,27 ^{ab}	3,34 ± 0,38 ^a	1,64 ± 0,19 ^{bc}
Valin	1,17 ± 0,13 ^d	0,91 ± 0,10 ^d	1,81 ± 0,21 ^{cd}	3,37 ± 0,39 ^a	1,76 ± 0,20 ^{cd}	1,11 ± 0,13 ^d	0,96 ± 0,11 ^d	2,23 ± 0,26 ^{bc}	3,18 ± 0,36 ^{ab}	1,55 ± 0,18 ^{cd}
Cystein + Cystin	0,17 ± 0,02 ^{de}	0,13 ± 0,01 ^e	0,29 ± 0,03 ^{bcd}	0,45 ± 0,05 ^{ab}	0,24 ± 0,03 ^{cde}	0,18 ± 0,02 ^{de}	0,14 ± 0,02 ^{de}	0,37 ± 0,04 ^{abc}	0,51 ± 0,06 ^a	0,25 ± 0,03 ^{cde}
Metionin	0,23 ± 0,03 ^{de}	0,17 ± 0,02 ^e	0,40 ± 0,05 ^{cd}	0,67 ± 0,08 ^{ab}	0,36 ± 0,04 ^{cde}	0,23 ± 0,03 ^{de}	0,22 ± 0,02 ^{de}	0,49 ± 0,06 ^{bc}	0,72 ± 0,08 ^a	0,34 ± 0,04 ^{cde}
Tryptofan	0,24 ± 0,02 ^{cde}	0,17 ± 0,01 ^e	0,36 ± 0,03 ^{bc}	0,64 ± 0,05 ^a	0,35 ± 0,03 ^{bc}	0,23 ± 0,02 ^{cde}	0,19 ± 0,02 ^{de}	0,47 ± 0,04 ^b	0,65 ± 0,05 ^a	0,32 ± 0,03 ^{bcd}

* Hodnoty jsou vyjádřeny jako průměr ± směrodatná odchylka (n = 3); písmena znázorňují, jak se hodnoty v rámci řádku statisticky liší (p ≤ 0,05).

Tabulka 12 Obsah aminokyselin v v různých kulinárně upravených vzorcích *Gryllus assimilis* usmrcených zmražením a spařením, hodnoty jsou vypočteny na 100 g porci

Způsob usmrcení Aminokyseliny (g/100 g)	Zmražený					Spařený				
	Neupravený	Vařený	Pražený	Sušený	Mikrovlnka	Neupravený	Vařený	Pražený	Sušený	Mikrovlnka
Alanin	1,46 ± 0,17 ^b	1,38 ± 0,16 ^b	1,97 ± 0,22 ^b	5,47 ± 0,63 ^a	2,17 ± 0,25 ^b	1,46 ± 0,17 ^b	1,28 ± 0,15 ^b	1,97 ± 0,23 ^b	5,69 ± 0,65 ^a	2,28 ± 0,26 ^b
Arginin	1,15 ± 0,13 ^b	1,02 ± 0,12 ^b	1,55 ± 0,18 ^b	4,35 ± 0,50 ^a	1,72 ± 0,20 ^b	1,24 ± 0,14 ^b	1,03 ± 0,12 ^b	1,68 ± 0,19 ^b	4,85 ± 0,55 ^a	1,96 ± 0,22 ^b
k. Asparagová	1,46 ± 0,17 ^b	1,27 ± 0,15 ^b	1,89 ± 0,22 ^b	5,13 ± 0,59 ^a	2,06 ± 0,24 ^b	1,51 ± 0,17 ^b	1,32 ± 0,15 ^b	2,00 ± 0,23 ^b	5,86 ± 0,67 ^a	2,44 ± 0,28 ^b
k. Glutamová	1,88 ± 0,22 ^b	1,64 ± 0,19 ^b	2,51 ± 0,29 ^b	6,94 ± 0,79 ^a	2,69 ± 0,31 ^b	1,95 ± 0,22 ^b	1,64 ± 0,19 ^b	2,55 ± 0,29 ^b	7,37 ± 0,84 ^a	3,12 ± 0,36 ^b
Glycin	0,93 ± 0,11 ^b	0,81 ± 0,09 ^b	1,23 ± 0,14 ^b	3,34 ± 0,38 ^a	1,37 ± 0,16 ^b	0,95 ± 0,11 ^b	0,79 ± 0,09 ^b	1,26 ± 0,14 ^b	3,68 ± 0,42 ^a	1,49 ± 0,17 ^b
Histidin	0,40 ± 0,05 ^b	0,36 ± 0,04 ^b	0,54 ± 0,06 ^b	1,45 ± 0,17 ^a	0,60 ± 0,07 ^b	0,41 ± 0,05 ^b	0,37 ± 0,04 ^b	0,57 ± 0,07 ^b	1,55 ± 0,18 ^a	0,68 ± 0,08 ^b
Hydroxyprolin	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Isoleucin	0,68 ± 0,08 ^b	0,64 ± 0,07 ^b	0,91 ± 0,10 ^b	2,52 ± 0,29 ^a	1,00 ± 0,11 ^b	0,73 ± 0,08 ^b	0,65 ± 0,07 ^b	0,98 ± 0,11 ^b	2,86 ± 0,33 ^a	1,15 ± 0,13 ^b
Leucin	1,22 ± 0,14 ^b	1,16 ± 0,13 ^b	1,63 ± 0,19 ^b	4,53 ± 0,52 ^a	1,80 ± 0,21 ^b	1,25 ± 0,14 ^b	1,13 ± 0,13 ^b	1,71 ± 0,20 ^b	4,85 ± 0,55 ^a	2,04 ± 0,23 ^b
Lysin	0,97 ± 0,11 ^b	0,89 ± 0,10 ^b	1,30 ± 0,15 ^b	3,60 ± 0,41 ^a	1,46 ± 0,17 ^b	1,04 ± 0,12 ^b	0,90 ± 0,10 ^b	1,37 ± 0,16 ^b	3,81 ± 0,44 ^a	1,68 ± 0,19 ^b
Ornithin	0,03 ± 0,01 ^a	0,02 ± 0,01 ^a	0,03 ± 0,01 ^a	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Fenylalanin	0,59 ± 0,07 ^b	0,56 ± 0,06 ^b	0,78 ± 0,09 ^b	2,22 ± 0,25 ^a	0,86 ± 0,10 ^b	0,62 ± 0,07 ^b	0,55 ± 0,06 ^b	0,83 ± 0,10 ^b	2,36 ± 0,27 ^a	0,99 ± 0,11 ^b
Prolin	1,13 ± 0,13 ^b	1,07 ± 0,12 ^b	1,56 ± 0,18 ^b	4,20 ± 0,48 ^a	1,70 ± 0,19 ^b	1,14 ± 0,13 ^b	1,03 ± 0,12 ^b	1,52 ± 0,17 ^b	4,48 ± 0,51 ^a	1,85 ± 0,21 ^b
Serin	0,72 ± 0,08 ^b	0,70 ± 0,08 ^b	1,02 ± 0,12 ^b	2,89 ± 0,33 ^a	1,13 ± 0,13 ^b	0,85 ± 0,10 ^b	0,73 ± 0,08 ^b	1,11 ± 0,13 ^b	3,33 ± 0,38 ^a	1,31 ± 0,15 ^b
Threonin	0,74 ± 0,09 ^b	0,60 ± 0,07 ^b	0,88 ± 0,10 ^b	2,48 ± 0,28 ^a	0,98 ± 0,11 ^b	0,70 ± 0,08 ^b	0,61 ± 0,07 ^b	0,93 ± 0,11 ^b	2,73 ± 0,31 ^a	1,10 ± 0,13 ^b
Tyrosin	0,93 ± 0,11 ^b	0,87 ± 0,10 ^b	1,26 ± 0,14 ^b	3,40 ± 0,39 ^a	1,40 ± 0,16 ^b	0,95 ± 0,11 ^b	0,84 ± 0,10 ^b	1,24 ± 0,14 ^b	3,55 ± 0,41 ^a	1,57 ± 0,18 ^b
Valin	0,95 ± 0,11 ^b	0,90 ± 0,10 ^b	1,27 ± 0,15 ^b	3,64 ± 0,42 ^a	1,44 ± 0,16 ^b	1,00 ± 0,11 ^b	0,90 ± 0,10 ^b	1,37 ± 0,16 ^b	3,79 ± 0,43 ^a	1,61 ± 0,18 ^b
Cystein + Cystin	0,17 ± 0,02 ^b	0,14 ± 0,02 ^b	0,21 ± 0,02 ^b	0,54 ± 0,06 ^a	0,23 ± 0,03 ^b	0,16 ± 0,02 ^b	0,15 ± 0,02 ^b	0,24 ± 0,03 ^b	0,60 ± 0,07 ^a	0,27 ± 0,03 ^b
Metionin	0,25 ± 0,03 ^b	0,25 ± 0,03 ^b	0,36 ± 0,04 ^b	1,03 ± 0,12 ^a	0,36 ± 0,04 ^b	0,27 ± 0,03 ^b	0,24 ± 0,03 ^b	0,37 ± 0,04 ^b	1,00 ± 0,11 ^a	0,44 ± 0,05 ^b
Tryptofan	0,19 ± 0,02 ^b	0,17 ± 0,01 ^b	0,24 ± 0,02 ^b	0,69 ± 0,06 ^a	0,28 ± 0,02 ^b	0,20 ± 0,02 ^b	0,17 ± 0,01 ^b	0,26 ± 0,02 ^b	0,74 ± 0,06 ^a	0,31 ± 0,02 ^b

* Hodnoty jsou vyjádřeny jako průměr ± směrodatná odchylka (n = 3); písmena znázorňují, jak se hodnoty v rámci řádku statisticky liší (p ≤ 0,05).

Obsah esenciálních aminokyselin byl přepočten na množství ve 100 g vysušeného vzorku a následně převeden na mg/g proteinu. Výsledná množství jsou zaznamenána v Tabulkách 13 a 14.

Dále byl proveden výpočet aminokyselinového skóre (AAS) a tyto hodnoty byly porovnány s AAS celovaječné bílkoviny, která byla zvolena jako standardní protein (viz Tabulky 15 a 16). Nejnižší AAS bylo u obou druhů hmyzu zjištěno pro EAA methionin, který je tedy u potměníka moučného i cvrčka banánového limitující aminokyselinou. Při porovnání hmyzího a celovaječného proteinu dosahoval protein z hmyzu ve většině případů vyšších hodnot než celovaječný. Nižší AAS měl pouze v případě isoleucinu, leucinu a vlivem některých kulinárních úprav i fenylalaninu či valinu. Z AAS byly následně vypočítány indexy esenciálních aminokyselin (EAAI). Oproti celovaječné bílkovině, která má EAAI 100, dosáhli *Tenebrio molitor* i *Gryllus assimilis* výrazně nižších hodnot.

Tabulka 13 Obsah esenciálních aminokyselin přepočtený na mg/g proteinu larev potměníka moučného

Usmrcení AMK (mg/g proteinu)	zmražením			zmražením				
	Ile	Leu	Lys	Phe	Thr	Val	Met	Trp
Kulinární úprava								
Neupravený	42,94	73,43	55,93	34,46	40,06	60,80	11,75	12,36
Vařený	44,70	77,19	57,26	37,16	41,47	64,44	12,33	11,81
Pražený	42,69	73,73	55,91	35,28	40,22	60,68	13,35	11,96
Sušený	42,32	72,42	52,06	34,53	39,66	60,38	11,90	11,37
Mikrovlnka	42,84	73,59	55,24	36,28	39,56	60,16	12,31	11,92
Usmrcení AMK (mg/g proteinu)	Spařením			Spařením				
	Ile	Leu	Lys	Phe	Thr	Val	Met	Trp
Kulinární úprava								
Neupravený	42,47	72,59	54,63	34,12	40,29	60,25	12,70	12,38
Vařený	43,44	75,88	55,17	36,29	39,96	62,50	14,00	12,52
Pražený	41,45	71,54	54,57	33,93	39,88	58,59	12,77	12,24
Sušený	40,43	68,22	52,90	32,77	37,76	57,35	12,95	11,65
Mikrovlnka	39,76	69,25	53,08	33,53	37,74	57,29	12,57	12,01

*Ile = isoleucin, Leu = leucin, Lys = lysin, Phe = fenylalanin, Thr = threonin, Val = valin, Met = methionin, Trp = tryptofan

Tabulka 14 Obsah esenciálních aminokyselin přepočtený na mg/g proteinu cvrčka banánového

Usmrcení AMK (mg/g proteinu)	zmražením							
	Ile	Leu	Lys	Phe	Thr	Val	Met	Trp
Kulinární úprava								
Neupravený	39,56	67,18	53,46	32,58	40,99	52,37	13,97	10,27
Vařený	39,89	72,25	55,76	34,87	37,54	56,39	15,55	10,74
Pražený	38,03	67,80	54,24	32,58	36,47	52,99	15,12	10,15
Sušený	37,38	67,23	53,34	32,95	36,79	53,93	15,22	10,19
Mikrovlnka	37,68	67,41	54,79	32,43	36,63	53,89	13,41	10,37

Usmrcení AMK (mg/g proteinu)	spařením							
	Ile	Leu	Lys	Phe	Thr	Val	Met	Trp
Kulinární úprava								
Neupravený	38,20	65,80	54,76	32,68	36,90	52,88	14,03	10,36
Vařený	41,06	71,41	56,39	34,37	38,24	56,54	15,18	10,88
Pražený	39,33	68,50	54,80	33,29	36,97	54,65	14,88	10,22
Sušený	40,03	68,02	53,33	33,11	38,23	53,06	13,99	10,39
Mikrovlnka	39,04	69,34	56,98	33,76	37,38	54,72	14,91	10,37

Tabulka 15 Aminokyselinové skóre EAA, srovnání s celovaječným proteinem a vypočtený EAAI proteinu potměníka moučného

Usmrcení AAS (%)	zmražením							Trp	EAAI (%)
	Ile	Leu	Lys	Phe	Thr	Val	Met		
Úprava									
Neupravený	65,06	83,45	87,40	59,42	78,54	83,29	36,71	77,25	69,15
Vařený	67,73	87,72	89,48	64,07	81,31	88,28	38,54	73,82	71,66
Pražený	64,67	83,78	87,37	60,82	78,85	83,12	41,73	74,74	70,18
Sušený	64,12	82,29	81,34	59,53	77,77	81,71	37,18	71,05	67,56
Mikrovlnka	64,91	83,49	86,31	62,55	77,57	82,41	38,46	74,52	69,37

Usmrcení AAS (%)	spařením							Trp	EAAI (%)
	Ile	Leu	Lys	Phe	Thr	Val	Met		
Úprava									
Neupravený	64,34	82,49	85,35	58,82	79,00	82,54	39,70	77,36	69,33
Vařený	65,82	86,23	86,20	62,57	78,35	85,62	43,76	78,24	71,76
Pražený	62,81	81,29	85,27	58,50	78,19	80,26	39,90	76,52	68,56
Sušený	61,26	77,52	82,65	56,50	74,04	78,56	40,46	72,80	66,45
Mikrovlnka	60,25	78,69	82,93	57,81	74,00	78,48	39,28	75,08	66,65
Celovaječný protein	66	88	64	58	51	73	32	16	100

Tabulka 16 Aminokyselinové skóre EAA, srovnání s celovaječným proteinem a vypočtený EAAI proteinu cvrčka banánového

Usmrcení				Zmražením					EAAI (%)
AAS (%)	Ile	Leu	Lys	Phe	Thr	Val	Met	Trp	
Úprava									
Neupravený	56,91	76,34	83,53	56,17	80,38	71,74	43,64	64,20	65,27
Vařený	60,45	82,10	87,12	60,12	73,61	77,24	48,59	67,15	68,45
Pražený	57,62	77,05	84,75	56,16	71,51	72,59	47,25	63,42	65,25
Sušený	56,64	76,39	83,34	56,81	72,14	73,88	47,56	63,72	65,31
Mikrovlínka	57,09	76,60	85,62	55,91	71,82	73,83	41,89	64,83	64,55
Usmrcení				Spařením					EAAI (%)
AAS (%)	Ile	Leu	Lys	Phe	Thr	Val	Met	Trp	
Úprava									
Neupravený	57,89	74,78	85,57	56,35	72,35	72,43	43,85	64,73	64,79
Vařený	62,22	81,15	88,10	59,25	74,97	77,45	47,42	67,97	68,65
Pražený	59,59	77,84	85,62	57,40	72,50	74,86	46,49	63,89	66,17
Sušený	60,66	77,29	83,33	57,08	74,97	72,68	43,72	64,94	65,65
Mikrovlínka	59,15	78,79	89,03	58,21	73,30	74,95	46,59	64,82	66,89
Celovaječný protein	66	88	64	58	51	73	32	16	100

6 Diskuze

6.1 Sušina

V larvách *Tenebrio molitor*, které nebyly podrobeny žádné kulinární úpravě, bylo naměřeno průměrně $33,7 \pm 0,15$ g sušiny ve 100 g. Tento výsledek odpovídá hodnotě $32,9 \pm 0,1$ g/100 g DM u larev usmrčených zmražením, kterou uvádějí Sabolová et al. (2023). K podobnému zjištění ($37,45$ g/100 g) došli také Bednářová et al. (2013) a o něco větší množství stanovil Finke (2002) - 39 g/100 g sušiny. Dle Mancini et al. (2021), kteří pozorovali vliv pražení a mikrovlnného ohřevu na nutriční hodnoty larev potěmnicka moučného, je obsah sušiny úzce spjat s kulinární úpravou a odpovídajícími ztrátami vody. Autoři popisují, že během těchto způsobů kulinární úpravy došlo k odpaření vody z larev, čímž se zvýšil podíl sušiny. Tomuto tvrzení odpovídají i naše naměřené hodnoty pro sušinu v upravovaných larvách. Pražením došlo ke zvýšení množství sušiny na průměrně $59,09 \pm 0,26$ g/100 g. Vlivem mikrovlnného ohřevu došlo také k navýšení na $48,76 \pm 0,51$ g sušiny na 100 g hmyzu a nejvyššího množství bylo dosaženo sušením - $98,09 \pm 0,06$ g/100 g, jelikož sušení způsobilo odpaření největšího množství vody z larev. Naopak vlivem vaření ve vodě došlo ke snížení obsahu sušiny na $26,56 \pm 0,26$ g/100 g larev, což odpovídá měřením Sabolové et al. (2023), kteří popisují pokles z důvodu 30minutového vaření z $32,9 \pm 0,1$ na $23,1 \pm 0,1$ g/100 g DM. Toto snížení Mancini et al. (2021) vysvětlují tak, že voda tvoří prostředí, které chrání larvy před odpařováním přirozeně obsažené vody a navíc se do nich ještě absorbuje.

V dospělých *Gryllus assimilis*, kteří nebyli kulinárně upraveni, bylo naměřeno průměrně $27,29 \pm 0,38$ g sušiny ve 100 g neupraveného hmyzu, což odpovídá hodnotě, kterou uvádějí Soares Araujo et al. (2018). Ti dosáhli $26,21$ g sušiny ve 100 g hmyzu. Nižší množství ($22,6 \pm 1,0$ g/100 g) naměřili u dospělců *Gryllus assimilis* Mlček et al. (2018) a naopak vyšší množství sušiny uvádějí Sabolová et al. (2023) - $30,8 \pm 0,4$ g/100 g. Bednářová et al. (2013), kteří však prováděli hodnocení na nymfách, uvedli dokonce $33,28$ g/100 g. Nutriční složení hmyzu se může mezi různými stádii vývoje významně odlišovat (Ramos-elorduy et al. 2002; Mendoza et al. 2009). Stejně jako u larev *Tenebrio molitor*, i v případě *Gryllus assimilis* došlo vlivem všech kulinárních úprav, mimo vaření, k nárůstu podílu sušiny oproti neupravovanému hmyzu. To potvrzují Sabolová et al. (2023), kteří místo sušení a mikrovlnného ohřevu prováděli pečení a sušení v troubě.

6.2 Popeloviny

Kulinárně neupravené larvy *Tenebrio molitor* obsahovaly průměrně $6,09 \pm 0,39$ g popelovin na 100 g sušiny, což je více, než je běžně uváděno. Bednářová et al. (2013) naměřili 3,84 g/100 g DM, Zielinská et al. (2015) $3,62 \pm 0,6$ g/100 g a Ramos-Elorduy et al. (2012) 2,36 g/100 g. Taktéž u *Gryllus assimilis* bylo analyzováno vyšší množství popelovin, průměrně $5,45 \pm 0,04$ g/100 g DM, což je méně než v případě *Tenebrio molitor*, ačkoliv dle studií by měl být obsah u *Gryllus assimilis* vyšší. Soares Araujo et al. (2018) uvádějí obsah popelovin $4,08 \pm 0,43$ g/100 g DM a Bednářová et al. (2013) naměřili u nymf 4,26 g/100 g. Pro porovnání s jinými zástupci čeledi *Gryllidae* byl zvolen *Acheta domesticus*, který obsahoval 5,1 g/100 g a nejvíce se tedy blížil našemu výsledku (Rumpold & Schlüter 2013). Naopak *Gryllus bimaculatus* obsahoval jen $2,8 \pm 0,06$ g/100 g (Udomsil et al. 2019).

Kulinární úpravy způsobily různé drobné změny, nebylo však zaznamenáno více souvislostí, než že vlivem vaření bylo ve všech případech dosaženo nižšího obsahu popelovin, oproti neupraveným vzorkům a u *Tenebrio molitor* byl v obou případech usmrcení zjištěn nárůst množství popelovin v sušině po pražení. Podobné výsledky zjistili u TM Baek et al. (2019), kteří taktéž popisují navýšení vlivem pražení a snížení vlivem ostatních způsobů kulinární úpravy. Při přepočtení výsledků na množství popelovin ve 100g porci hmyzu však byly pozorovány jiné změny. U obou druhů hmyzu i způsobů usmrcení došlo k poklesu množství popelovin po vaření a naopak k nárůstu po ostatních kulinárních úpravách.

6.3 Celkový tuk

Larvy *Tenebrio molitor*, které nebyly podrobeny žádné kulinární úpravě, obsahovaly průměrně $30,64 \pm 0,16$ g tuku na 100 g sušiny. Tento výsledek odpovídá zjištění Ghosh et al. (2017), kteří udávají obsah tuku 31,93 g/100 g DM i výsledkům Bednářové et al. (2013) - 36,10 g/100 g a Ramos-Elorduy et al. (2012) - 35,17 g/100 g DM, které jsou však mírně vyšší. Po přepočtení výsledné hodnoty na množství tuku v čerstvých larvách TM bylo zjištěno průměrně $10,32 \pm 0,05$ g tuku na 100 g hmyzu, což odpovídá obsahu 12,91 g/100 g porci hmyzu (Orkus 2021).

Kulinárně neupravený *Gryllus assimilis* obsahoval průměrně $20,29 \pm 0,12$ g tuku na 100 g sušiny, což odpovídá výsledku Soares Araujo et al. (2018) - $21,80 \pm 0,65$ g/100 g DM. Mlček et al. (2018) ale naměřili pouze $11,9 \pm 0,5$ g/100 g a naopak Bednářová et al. (2013), kteří hodnotili množství tuku u nymf GA, naměřili více - $33,3 \pm 6,3$ g/100 g. Tento rozptyl odpovídá obsahu v *Acheta domesticus*, kteří obsahují od 9,8 % do 22,8 % tuku v sušině (Rumpold & Schlüter 2013). Larvy *Tenebrio molitor* jsou tedy oproti *Gryllus assimilis* podstatně tučnější, během svého larválního stádia totiž ukládají větší množství lipidů (Finke 2002; Rumpold & Schlüter 2013). Podle Mlček et al. (2018) je obsah tuku v GA srovnatelný s kuřecím a krůtím masem. Po přepočtu na kulinární úpravu bylo dosaženo $5,54 \pm 0,04$ g tuku ve 100 g porci hmyzu, což odpovídá množství v *Gryllus bimaculatus* 5,75 g/100 g hmyzu (Orkus 2021).

Vlivem kulinární úpravy došlo ke změnám v nutričních hodnotách. Avšak jediná změna, která platila pro oba druhy hmyzu i způsoby usmrcení, byl nárůst obsahu tuku v sušině po vaření.

Mancini et al. (2021) pozorovali snížení množství tuku v sušině larev TM vlivem mikrovlnného ohřevu, což by odpovídalo zjištění u TM usmrcených spařením, ale u ostatních způsobů nezaznamenali žádné změny. Podle Baek et al. (2019) vaření naopak způsobilo ztrátu lipidů, stejně tak sušení a k navýšení došlo pouze vlivem smažení, což předpokládají, že bylo způsobeno absorpcí oleje do larev. Nebyla tedy nalezena žádná jasná spojitost mezi kulinárními úpravami a množstvím tuku v sušině. Nicméně po přepočtení výsledků na množství ve 100 g porci hmyzu bylo zjištěno, že vlivem vaření došlo ve všech případech k poklesu obsahu tuku a ostatní kulinární úpravy způsobily naopak nárůst. Pro tento výsledek bohužel nebyly nalezeny žádné studie k porovnání.

6.4 Hrubý protein

Bílkoviny jsou v hmyzu zastoupeny v množství 25-75 g/100 g sušiny (Bukkens 1997; Finke 2002; Van Huis 2013; Oonincx & Finke 2021). Dle Ramos-Elorduy et al. (2002) jich obsahuje *Tenebrio molitor* 47,7-60,2 g/100 g DM, v závislosti na vývojovém stádiu. Na rozdíl od tuku, na který jsou nejvíce bohaté larvy, jsou bílkoviny v největším množství v dospělých TM. Kulinárně nezpracované larvy potměníka moučného obsahovaly průměrně $56,08 \pm 0,28$ g bílkovin na 100 g sušiny, což nejvíce odpovídá hodnotám uváděným Sabolovou et al. (2023) – $51,3 \pm 1,2$ g/100 g DM a Zielinskou et al. (2015) – $52,35 \pm 1,1$ g/100 g DM. Nižší výsledek publikovali Ramos-Elurdoy et al. (2002, 2012), kteří uvádějí 47,7 a 49,08 g/100 g DM. Po přepočtu na množství bílkovin v čerstvých larvách potměníka moučného bylo zjištěno, že 100g porce hmyzu by obsahovala průměrně $18,9 \pm 0,09$ g. Tento výsledek se shoduje s obsahem uváděným v publikaci Payne et al. (2016) – $18,1-22,1$ g/100 g porci, Sabolová et al. (2023) stanovili nižší množství, a to $17,2 \pm 0,4$ g/100 g čerstvého hmyzu. Vlivem kulinárních úprav došlo k mírnému navýšení či snížení obsahu bílkovin v sušině. Zatímco u obou způsobů usmrcení bylo příčinou poklesu vaření, pražení a sušení způsobilo nárůst množství bílkovin. Vliv mikrovlnného ohřevu se výrazně lišil v závislosti na způsobu usmrcení (snížení u larev zmrazených, zvýšení u larev spařených). Baek et al. (2019), kteří hodnotili obsah bílkovin v sušině u spařených larev, popisují snížení v případě všech prováděných způsobů kulinární úpravy (včetně vaření, pražení, sušení a mikrovlnného ohřevu). Mancini et al. (2021) na druhou stranu zjistili nárůst bílkovin v sušině po smažení (bez i s olejem), pečení v troubě a mikrovlnném ohřevu. Hodnocení však prováděli na larvách usmrcených zmražením. Ani Sabolová et al. (2023) nenalezli žádný jasný trend a souvislosti v hodnotách bílkovin v sušině po různých kulinárních úpravách. Avšak po přepočtení na množství v čerstvém stavu zjistili stejnou spojitost jako v našem případě, tedy pokles bílkovin po vaření a nárůst vlivem ostatních způsobů kulinární úpravy.

Gryllus assimilis, který nebyl vystaven žádné kulinární úpravě, obsahoval průměrně $68,01 \pm 0,44$ g bílkovin ve 100 g sušiny. Tato hodnota se přibližně shoduje s tvrzením Soares Araujo et al. (2018), kteří ve své publikaci uvádějí $65,52 \pm 1,39$ g/100 g DM a s výsledkem Sabolové et al. (2023), kteří dosáhli $67,1 \pm 0,2$ g/100 g DM.

Nižší množství pak zjistili Mlček et al. (2018) - $55,6 \pm 1,1$ g/100 g a taktéž Bednářová et al. (2013) u nymf GA - $59,23$ g/100 g. Ve srovnání s larvami TM jsou tedy GA bohatším zdrojem bílkovin, jejichž obsah lze přirovnat k hovězímu masu a masu z lososa (Mlček et al. 2018). Po přepočtu bílkovin na množství, které by obsahovala 100 g porce neupraveného cvrčka banánového byl zjištěn obsah $18,58 \pm 0,24$ g/100 g. Sabolová et al. (2023) uvádějí $21,1 \pm 0,1$ g/100 g a u *Gryllus bimaculatus* bylo naměřeno 15,75 g na 100 g porci (Orkus 2021). Stejně jako v případě TM, nebyl nalezen žádný signifikantní rozdíl při srovnání bílkovin v sušině v kulinárně upraveném GA a kontrolním vzorku. Opět však platilo, že při přepočtení na kulinární úpravu bylo vaření jediným způsobem, při kterém došlo ke snížení obsahu bílkovin ve 100 g porci GA.

6.5 Aminokyseliny

Pokud je hmyz používán jako potravina nebo krmivo, je ve většině případů první limitující aminokyselinou methionin a to i pokud je kulinárně upravován (Ghosh et al. 2017; Poelaert et al. 2018; Zielińska et al. 2018; Khatun et al. 2021; Oonincx & Finke 2021). Tomuto tvrzení odpovídá i náš výsledek, a to pro oba druhy hmyzu, způsoby usmrcení i všechny kulinární úpravy. Některé studie jako limitující AMK uvádějí tryptofan, jehož nepřítomnost však může souviset s použitou metodou analýzy, při níž byl hydrolyzován (Kulma et al. 2019; Weru et al. 2021). Nejvíce obsaženou esenciální aminokyselinou u TM i GA byl leucin, což odpovídá výsledkům několika publikací (Kulma et al. 2019; Oonincx & Finke 2021; Weru et al. 2021). Kulma et al. (2019) dále uvádějí vysoký obsah lysinu, valinu a argininu.

Ačkoliv hmyzí bílkoviny nedosahují výsledků kaseinu (Oibiokpa et al. 2018; Poelaert et al. 2018), či v našem případě celovaječného proteinu, jsou skvělým zdrojem esenciálních aminokyselin, které jsou limitující v obilovinách (Ghosh et al. 2017; Zielińska et al. 2018).

7 Závěr

Bylo zjištěno, že vlivem kulinárních úprav došlo k různým změnám v nutričních hodnotách obou druhů jedlého hmyzu. Výsledky přepočítané na množství v sušině vykazovaly nejednotné změny, jejichž příčina nebyla objasněna. Přepočítáním na obsah v porci hmyzu však bylo dosaženo konstantních rozdílů oproti kulinárně neupravenému vzorku. Ztráty byly zaznamenány pouze po vaření, což mohlo být způsobeno vyplavením nutrientů. Vlivem ostatních kulinárních úprav došlo ke zvýšení obsahu stanovených nutričních látek. Sušení se ukázalo jako nejlepší způsob pro získání nutričně bohaté porce jedlého hmyzu. Signifikantní rozdíly v nutričním složení byly zaznamenány i mezi jednotlivými druhy. Zatímco larvy *Tenebrio molitor* obsahovaly v průměru více sušiny, popelovin a tuku, *Gryllus assimilis* vynikal větším množstvím bílkovin a esenciálních aminokyselin. Způsob usmrcení oproti ostatním působícím faktorům nutriční složení ovlivňoval nejméně.

Zatím je jen málo publikovaných studií zaměřených na změny nutričních hodnot způsobené zpracováním a kulinární úpravou. Navíc se často liší ve vybraném hmyzu, v podmínkách chovu, ve zvolených způsobech kulinární úpravy a jejich provedení i v použitých analytických metodách. Tyto odlišnosti tak značně komplikují následné srovnávání a hodnocení. Jsou proto potřeba další výzkumy, které by se zaměřily na změny vlivem kulinárního zpracování. Zároveň by bylo vhodné zařadit do studií také hodnoty skutečného obsahu nutrientů v kulinárně upraveném hmyzu a nikoli pouze množství v sušině. Tento údaj je srozumitelný pro spotřebitele a mohl by být zařazen do potravinových databází. Kromě toho je dle výsledků této práce přepočet na množství v porci jedlého hmyzu lepším ukazatelem změn, ke kterým dochází vlivem různých kulinárních úprav. Je však potřeba provést další výzkumy, které by toto tvrzení potvrdily.

8 Seznam literatury

- Adámek M, Mlček J, Adámková A, Suchánková J, Janalíková M, Borkovcová M, Bednářová M. 2018. Effect of different storage conditions on the microbiological characteristics of insect. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences* **12**:248–253.
- Adámková A, Adámek M, Mlček J, Borkovcová M, Bednářová M, Kouřimská L, Skácel J, Vítová E. 2017. Welfare of the mealworm (*Tenebrio molitor*) breeding with regard to nutrition value and food safety. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences* **11**:460–465.
- Adeyeye EI, Olaleye AA. 2016. Nutrient content of five species of edible insects consumed in South-West Nigeria. *EC Nutr* **56**.
- Akhtar Y, Isman MB. 2018. Insects as an Alternative Protein Source. Page Proteins in Food Processing: Second Edition Second Edi. Elsevier Ltd. Available from <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100722-8.00011-5>.
- Akindale Y, Collard T, Goodwin L, Wiliamson S. 2020. Protein conversion efficiency of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) using low-cost, locally sourced diets. *Journal of Insects as Food and Feed* **6**:147–155.
- Baek M, Kim MA, Kwon YS, Hwang JS, Goo TW, Jun M, Yun EY. 2019. Effects of processing methods on nutritional composition and antioxidant activity of mealworm (*Tenebrio molitor*) larvae. *Entomological Research* **49**:284–293.
- Baek M, Yoon Y-I, Kim MA, Hwang J-S, Goo T-W, Yun E-Y. 2015. Physical and Sensory Evaluation of *Tenebrio molitor* Larvae Cooked by Various Cooking Methods. *Korean journal of food and cookery science* **31**:534–543.
- Baiano A. 2020. Edible insects: An overview on nutritional characteristics, safety, farming, production technologies, regulatory framework, and socio-economic and ethical implications. *Trends in Food Science and Technology* **100**:35–50. Elsevier. Available from <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.03.040>.
- Barbosa H, Benton T, IPCC. 2019. Climate Change and Land. An IPCC Special Report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems.
- Bauserman M, Lokangaka A, Gado J, Close K. 2015. A cluster-randomized trial determining the efficacy of caterpillar cereal as a locally available and sustainable complementary food to prevent stunting and anaemia. *Public Health Nutrition* **18**.
- Bednářová M, Borkovcová M, Fišer V. 2012. Basic nutrition profile of Waxmoth larvae (*Galleria mellonella*). MendelNet 2012.

- Bednářová M, Borkovcová M, Mlček J, Rop O. 2013. Edible insects - Species suitable for entomophagy under condition of Czech Republic. *Acta universitatis agriculturae et silviculturae mendelianae brunensis* **61**:8.
- Bednářová M, Borkovcová M, Zorníková G, Zeman L. 2010. Insect As Food in Czech Republic. MendelNet 2010 Proceedings of International Ph.D. Students Conference:674–682.
- Bordiean A, Krzyżaniak M, Aljewicz M, Stolarski MJ. 2022. Influence of Different Diets on Growth and Nutritional Composition of Yellow Mealworm. *Foods* **11**.
- Borkovcová M, Bednářová M, Fišer V, Ocknecht P. 2009. *Kuchyně hmyzem zpestřená* 1. vydání. Nakladatelství Lynx, Brno.
- Bosch G, Zhang S, Oonincx DGAB, Hendriks WH. 2014. Protein quality of insects as potential ingredients for dog and cat foods. *Journal of Nutritional Science* **3**:1–4.
- British Nutrition Foundation. 2018. Protein. Available from <https://www.nutrition.org.uk/nutritionscience/nutrients-food-and-ingredients/protein.html?limitstart=0>.
- Broekman H, Verhoeckx KC, Den Hartog Jager CF, Kruizinga AG, Pronk-Kleinjan M, Remington BC, Bruijnzeel-Koomen CA, Houben GF, Knulst AC. 2016. Majority of shrimp-allergic patients are allergic to mealworm. *Journal of Allergy and Clinical Immunology* **137**:1261–1263.
- Bukkens SG., Paoletti M. 2005. Insects in the human diet: nutritional aspects. Pages 545–577 *Ecological implications of minilivestock; role of rodents, frogs, snails, and insects for sustainable development*. Science Publishers, New Hampshire.
- Bukkens SGF. 1997. The nutritional value of edible insects. *Ecology of Food Nutrition* **36**:287–319.
- Capinera JL (Ed.). 2008. *Encyclopedia of Entomology*, second edi. Springer Science, Florida, USA.
- Committee ES. 2015. Risk profile related to production and consumption of insects as food and feed. *EFSA Journal* **13**.
- Costa-Neto EM, Dunkel FV. 2016. Insects as Food: History, Culture, and Modern Use around the World. Page Insects as Sustainable Food Ingredients. Elsevier Inc. Available from <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-802856-8/00002-8>.
- Derrien C, Boccuni A. 2018. Edible Insects in Sustainable Food Systems. *Edible Insects in Sustainable Food Systems*:1–479.

- Dunkel F V, Payne C. 2016. Chapter 1 - Introduction to Edible Insects A2 - Dossey, Aaron T. Page Insects as Sustainable Food Ingredients. Elsevier Inc. Available from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128028568000016>
- EFSA. 2021. Novel food. Available from <https://www.efsa.europa.eu/en/topics/topic/novel-food>.
- Eilenberg J, Vlcek JM, Nielsen-LeRoux C, Cappellozza S, Jensen AB. 2015. Diseases in insects produced for food and feed. *Journal of Insects as Food and Feed* **1**:87–102.
- Encyclopedia Britannica. 2013. Vývojový cyklus potměníka moučného. Available from: <https://www.alamy.com/stock-photo-life-cycle-of-the-darkling-beetle-84972621.html?imageid=A77F2571-E6D0-49BA-B7C8-4DC2950CAB27&p=262501&pn=1&searchId=86489e5d6cc01928d13e9cb4968074f0&searchtype=0>.
- Evropská komise. 2021a. Prováděcí nařízení Komise (EU) 2021/1975 ze dne 12. listopadu 2021, kterým se povoluje uvedení zmrazených, sušených a práškových forem *Locusta migratoria* na trh jako nové potraviny podle nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2015/2283. Úřední věstník Evropské unie.
- Evropská komise. 2021b. PROVÁDĚCÍ NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) 2021/882 ze dne 1. června 2021, kterým se povoluje uvedení sušených larev potměníka moučného *Tenebrio molitor* na trh jako nové potraviny podle nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2015/2283. Úřední věstník Evropské unie.
- Evropská komise. 2022. Prováděcí nařízení Komise (EU) 2022/188 ze dne 10. února 2022, kterým se povoluje uvedení zmrazených, sušených a práškových forem *Acheta domestica* na trh jako nové potraviny podle nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2015/2283. Page 108—113. Úřední věstník Evropské unie.
- Evropská komise. 2023a. Prováděcí nařízení Komise (EU) 2023/5 ze dne 3. ledna 2023, kterým se povoluje uvedení částečně odtučněného prášku z *Acheta domestica* (cvrčka domácího) na trh jako nové potraviny a kterým se mění prováděcí nařízení (EU) 2017/2470. Pages 9–14. Úřední věstník Evropské unie.

- Evropská komise. 2023b. PROVÁDĚCÍ NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) 2023/58 ze dne 5. ledna 2023, kterým se povoluje uvedení zmrazených, kašovitých, sušených a práškových forem larev *Alphitobius diaperinus* (potemníka stájového) na trh jako nové potraviny a kterým se mění prováděcí nařízení. Úřední věstník Evropské unie.
- Evropská Komise. 2022. Prováděcí nařízení Komise (EU) 2022/169 ze dne 8. února 2022, kterým se povoluje uvedení zmrazených, sušených a práškových forem moučných červů (larev potemníka moučného *Tenebrio molitor*) na trh jako nové potraviny podle nařízení Evropského parlamentu a Rady. Page 10—16. Úřední věstník Evropské unie.
- Evropská Rada. 2015. Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2015/2283 ze dne 25. listopadu 2015 o nových potravinách, o změně nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1169/2011 a o zrušení nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 258/97 a nařízení Komise (ES) č. Úřední věstník Evropské unie **2015**.
- Evropská Rada. 2017. PROVÁDĚCÍ NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) 2017/2469 ze dne 20. prosince 2017, kterým se stanoví administrativní a vědecké požadavky na žádosti uvedené v článku 10 nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2015/2283 o nových potravinách. Úřední věstník Evropské unie.
- Finke MD. 2002. Complete nutrient composition of commercially raised invertebrates used as food for insectivores. *Zoo Biology* **21**:269–285.
- Finke MD. 2007. Estimate of Chitin in Raw Whole Insects. *Zoo Biology* **26**:105–115.
- Ghosh S, Lee S, Jung C. 2017. Nutritional composition of five commercial edible insects in South Korea. *Journal of Asia-Pacific Entomology* **20**:686–694.
- Godfray HCJ, Aveyard P, Garnett T, Hall JW, Key TJ, Lorimer J, Pierrehumbert RT, Scarborough P, Springmann M, Jebb SA. 2018. Meat consumption, health, and the environment. *Science* **361**.
- Grau T, Vilcinskas A, Joop G. 2017. Sustainable farming of the mealworm *Tenebrio molitor* for the production of food and feed. *Zeitschrift für Naturforschung - Section C Journal of Biosciences* **72**:337–349.
- Hahn T, Aileen E, Febel E, Schmitt E, Zibek S. 2018. New methods for high accuracy insect chitin measurement. *Journal of Science of Food and Agriculture*.

- Hardouin J, Mahoux G. 2003. Zootechnie d'insectes – Elevage et utilisation au bénéfice de l'homme et de certains animaux. Bureau pour l'Echange et la Distribution de l'Information sur le Mini-élevage (BEDIM):164.
- Hartmann C, Shi J, Giusto A, Siegrist M. 2015. The psychology of eating insects: A cross-cultural comparison between Germany and China. *Food Quality and Preference* **44**:148–156.
- Hou L, Shi Y, Zhai P, Le G. 2007. Inhibition of foodborne pathogens by Hf-1, a novel antibacterial peptide from the larvae of the housefly (*Musca domestica*) in medium and orange juice. *Food Control* **18**:1350–1357.
- House J. 2018. Insects as food in the Netherlands: Production networks and the geographies of edibility. *Geoforum*, 94. pp. 82-93. ISSN 0016-7185
<https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2018.05.011>
- Institute of Medicine. 2005. Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein, and Amino Acids (Macronutrients). Page Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein, and Amino Acids (Macronutrients). National Academies Press (US), Washington (DC).
- Janssen RH, Vincken JP, Van Den Broek LAM, Fogliano V, Lakemond CMM. 2017. Nitrogen-to-Protein Conversion Factors for Three Edible Insects: *Tenebrio molitor*, *Alphitobius diaperinus*, and *Hermetia illucens*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **65**:2275–2278.
- Jeon YH, Son YJ, Kim SH, Yun EY, Kang HJ, Hwang IK. 2016. Physicochemical properties and oxidative stabilities of mealworm (*Tenebrio molitor*) oils under different roasting conditions. *Food Science and Biotechnology* **25**:105–110.
- Johnson S, Ward A, Murphy M. 2021. Evaluation of protein conversion factors for mealworms (*Tenebrio molitor*) using the isotope dilution method. *Animal Feed Science and Technology*:277.
- Jongema Y. 2017. Worldwide list of recorded edible insects. Department of Entomology of Wageningen University & Research, the Netherlands.**23**:1–100. Available from <https://www.wur.nl/en/Research-Results/Chair-groups/Plant-Sciences/Laboratory-of-Entomology/Edible-insects/Worldwide-species-list.htm>
- Khatun H, Claes J, Smets R, De Winne A, Akhtaruzzaman M, Van Der Borght M. 2021. Characterization of freeze-dried, oven-dried and blanched house crickets (*Acheta domesticus*) and Jamaican field crickets (*Gryllus assimilis*) by means of their physicochemical properties and volatile compounds. *European Food Research and Technology* **247**:1291–1305. Springer Berlin Heidelberg. Available from <https://doi.org/10.1007/s00217-021-03709-x>.

- King A, Adams M, Carstens E, Lefkowitz E. 2012. Virus Taxonomy. Pages 1221–1234 Ninth Report of the International Committee on Taxonomy of Viruses first edit. Elsevier Academic Press.
- Klunder HC, Wolkers-Rooijackers J, Korpela JM, Nout MJR. 2012. Microbiological aspects of processing and storage of edible insects. *Food Control* **26**:628–631. Elsevier Ltd. Available from <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.02.013>.
- Kouřimská L, Kotrbová V, Kulma M, Adámková A, Mlček J, Sabolová M, Homolková D. 2020. Attitude of assessors in the Czech Republic to the consumption of house cricket *Acheta domestica* L. – A preliminary study. *Czech Journal of Food Sciences* **38**:72–76.
- Kröncke N, Grebenteuch S, Keil C, Demtröder S, Kroh L, Thünemann AF, Benning R, Haase H. 2019. Effect of different drying methods on nutrient quality of the yellow mealworm (*Tenebrio molitor* L.). *Insects* **10**:1–13.
- Kulma M, Kouřimská L, Plachý V, Božik M, Adámková A, Vrabec V. 2019. Effect of sex on the nutritional value of house cricket, *Acheta domestica* L. *Food Chemistry* **272**:267–272.
- Kulma M, Petříčková D, Kurečka M, Kotíková Z, Táborský J, Michlová T, Kouřimská L. 2022. Effect of carrot supplementation on nutritional value of insects: a case study with Jamaican field cricket (*Gryllus assimilis*). *Journal of Insects as Food and Feed* **8**:621–629.
- Mancini S, Mattioli S, Paolucci S, Fratini F, Dal Bosco A, Tuccinardi T, Paci G. 2021. Effect of Cooking Techniques on the in vitro Protein Digestibility, Fatty Acid Profile, and Oxidative Status of Mealworms (*Tenebrio molitor*). *Frontiers in Veterinary Science* **8**:1–11.
- Manditsera FA, Luning PA, Fogliano V, Lakemond CMM. 2019. Effect of domestic cooking methods on protein digestibility and mineral bioaccessibility of wild harvested adult edible insects. *Food Research International* **121**:404–411. Elsevier. Available from <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.03.052>.
- Melgar-Lalanne G, Hernández-Álvarez AJ, Salinas-Castro A. 2019. Edible Insects Processing: Traditional and Innovative Technologies. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* **18**:1166–1191.
- Mendoza MN, Quintero LA, Gûemes VN, Soto SS, Lopez HG, Reyes SMI. 2009. Utilización del “xamui” (*Thasus gigas*) en la elaboración y conservación de una salsa tradicional del Valle del Mezquital. *Instituto de Ciencias Argopecuarias de la UAEH* **41**:15–29.
- Meyer-Rochow VB, Gahukar RT, Ghosh S, Jung C. 2021. Chemical composition, nutrient quality and acceptability of edible insects are affected by species, developmental stage, gender, diet, and processing method. *Foods* **10**.

- Millward DJ, Layman DK, Tomé D, Schaafsma G. 2008. Protein quality assessment: Impact of expanding understanding of protein and amino acid needs for optimal health. *American Journal of Clinical Nutrition* **87**:1576–1581.
- Ministerstvo vnitra České republiky. 2019. [online] Zákon č. 368/2019 Sb. Page 80. ČR. [cit. 8.11.2022].
- Mlček J. 2020. Netradiční druhy potravin - jejich význam, vlastnosti a využití první vydání. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Technologická fakulta., Zlín.
- Mlček J, Adámková A, Adámek M, Borkovcová M, Bedná M, Kou L. 2018. Selected nutritional values of field cricket (*Gryllus assimilis*) and its possible use as a human food. *Indian Journal of Traditional Knowledge* **17**:518–524. Available from <http://nopr.niscair.res.in/handle/123456789/44581>.
- Mohamed EHA. 2015. Determination of Nutritive Value of the Edible migratory locust *Locusta migratoria*, Linnaeus, 1758 (Orthoptera: *Acrididae*). *International Journal of Advances in Pharmacy, Biology and Chemistry* **4**:Jan-Mar.
- Mohd Zaini NS, Lim EJ, Ahmad NH, Gengatharan A, Wan-Mohtar WAAQI, Abd Rahim MH. 2023. The Review of Cooking, Drying, and Green Extraction Methods on General Nutritional Properties of Mealworms and Locusts. *Food and Bioprocess Technology*. Springer US.
- Oibiokpa FI, Akanya HO, Jigam AA, Saidu AN, Egwim EC. 2018. Protein quality of four indigenous edible insect species in Nigeria. *Food Science and Human Wellness* **7**:175–183. Beijing Academy of Food Sciences. Available from <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2018.05.003>.
- Ojha S, Bekhit AED, Grune T, Schlüter OK. 2021. Bioavailability of nutrients from edible insects. *Current Opinion in Food Science* **41**:240–248.
- Oonincx DGAB, Bosch G, Van Der Borght M, Smets R. 2019. A cross-laboratory study on analytical variability of amino acid content in three insect species. Pages 327–327 *Book of Abstracts of the 70th Annual Meeting of the European Federation of Animal Science*. Wageningen Academic Publishers, Belgium.
- Oonincx DGAB, Finke MD. 2021. Nutritional value of insects and ways to manipulate their composition. *Journal of Insects as Food and Feed* **7**:639–659.
- Orkusz A. 2021. Edible insects versus meat—nutritional comparison: Knowledge of their composition is the key to good health. *Nutrients* **13**.
- Orsi L, Voegelé LL, Stranieri S. 2019. Eating edible insects as sustainable food? Exploring the determinants of consumer acceptance in Germany. *Food Research International* **125**:108573.
- Paoletti MG, Norberto L, Damini R, Musumeci S. 2007. Human gastric juice contains chitinase that can degrade chitin. *Annals of Nutrition and Metabolism* **51**:244–251.

- Parniakov O, Mikhrovska M, Wiktor A. 2021. Insect processing for food and feed: A review of drying methods. *Drying Technology* **0**:1–14. Taylor & Francis. Available from <https://doi.org/10.1080/07373937.2021.1962905>.
- Patel S, Suleria HAR, Rauf A. 2019. Edible insects as innovative foods: Nutritional and functional assessments. *Trends in Food Science and Technology* **86**:352–359.
- Payne CLR, Scarborough P, Rayner M, Nonaka K. 2016. Are edible insects more or less “healthy” than commonly consumed meats? A comparison using two nutrient profiling models developed to combat over- and undernutrition. *European Journal of Clinical Nutrition* **70**:285–291. Nature Publishing Group. Available from <http://dx.doi.org/10.1038/ejcn.2015.149>.
- Petrášová L. 2017. Stanovení nutričních hodnot moučných červů v závislosti na podmínkách jejich chovu. Česká zemědělská univerzita, Praha.
- Poelaert C, Francis F, Alabi T. 2018. Protein value of two insects, subjected to various heat treatments, using growing rats and the protein digestibility-corrected amino acid score. *Journal of Insects as Food and Feed* **4**:77–87.
- Potravinářská komora. 2018. [online].Potraviny nového typu. [cit. 22.10. 2022]. Available from <https://www.bezpecnostpotravin.cz/>.
- Raheem D, Raposo A, Oluwole OB, Nieuwland M, Saraiva A, Carrascosa C. 2019. Entomophagy: Nutritional, ecological, safety and legislation aspects. *Food Research International* **126**:108672.
- Ramos-elorduy J, Gonza E, Pino J. 2002. Use of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: *Tenebrionidae*) to recycle organic wastes and as feed for broiler chickens. *Journal of Economic Entomology*:214–220.
- Ramos-Elorduy J, Pino JMM, Escamilla EP, Alvarado MP, Lagunez JO, Ladron O de G. 1997. Nutritional value of edible insects from the state of Oaxaca, Mexico. *Journal of Food Composition and Analysis* **10**:142–157.
- Ramos-elorduy J, Pino Moreno J, Martinez Comacho V. 2012. Could grasshoppers be a nutritive meal. *Food Nutrition Science* **3**:164–175.
- Rumpold BA, Schlüter OK. 2013. Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular Nutrition and Food Research* **57**:802–823.

- Sabolová M, Kulma M, Petříčková D, Kletečková K, Kouřimská L. 2023. Changes in purine and uric acid content in edible insects during culinary processing. *Food Chemistry* **403**:8.
- Škrabalová B. 2011. Vytvoření webové stránky zaměřené na chov hmyzu, entomofáгии a přežití v přírodě. Masarykova univerzita, Brno.
- Soares Araujo RR, dos Santos Benfica TAR, Ferraz V., Moreira Santos E. 2018. Nutritional composition of insects *Gryllus assimilis* and *Zophobas morio*: Potential foods harvested in Brazil. *Journal of Food Composition and Analysis*. Elsevier Inc. Available from <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2018.11.005>.
- Soxhlet F. 1879. Die gewichtsanalytische Bestimmung des Milchfettes. *Dingler's Polytechnisches journal* **232**:461–465.
- Sponheimer M, de Ruiter D, Lee-Thorp J, Späth A. 2005. Sr/Ca and early hominin diets revisited: New data from modern and fossil tooth enamel. *Journal of Human Evolution* **48**:147–156.
- Ssepuuya G, Nakimbugwe D, De Winne A, Smets R, Claes J, Van Der Borght M. 2020. Effect of heat processing on the nutrient composition, colour, and volatile odour compounds of the long-horned grasshopper *Ruspolia differens* serville. *Food Research International* **129**:108831.
- Steinfeld H, Greber P, Wassenaar TD. 2006. Livestock's long shadow: environmental issues and options. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Tirapegui J. 2006. Nutrição – fundamentos e aspectos atuais. São Paulo: Atheneu **42**:324.
- Turck D et al. 2016. Guidance on the preparation and presentation of an application for authorisation of a novel food in the context of Regulation (EU) 2015/2283. *EFSA Journal* **14**.
- Udomsil N, Imsoonthornruksa S, Gosalawit C, Ketudat-Cairns M. 2019. Nutritional Values and Functional Properties of House Cricket (*Acheta domesticus*) and Field Cricket (*Gryllus bimaculatus*). *Food Science and Technology Research* **25**:597–605.
- Van Broekhoven S, Bastiaan-Net S, De Jong NW, Wichers HJ. 2016. Influence of processing and in vitro digestion on the allergic cross-reactivity of three mealworm species. *Food Chemistry* **196**:1075–1083. Available from <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.10.033>.

- Van der Fels-Klerx H, Camenzuli L, Belluco S, Meijer N, Ricci A. 2018. Food Safety Issues Related to Uses of Insects for Feeds and Foods. doi: 10.1111/1541-4337.12385
- Van Huis A. 2013. Potential of insects as food and feed in assuring food security. *Annual Review of Entomology* **58**:563–583.
- Van Huis A. 2016. Edible insects are the future? *Proceedings of the Nutrition Society* **75**:294–305.
- van Huis A, Oonincx DGAB. 2017. The environmental sustainability of insects as food and feed. A review. *Agronomy for Sustainable Development* **37**. *Agronomy for Sustainable Development*.
- van Huis A, van Itterbeeck J, Mertens E, Halloran A, Muir G. 2013. Edible Insects: Future Prospects for Food and Feed Security. Page Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO FORESTRY PAPER, Rome. Available from <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/258042>.
- Vega F, Kaya H. 2012. *Insect Pathology*. Second edition. Academic Press, California.
- Verhoeckx K, Broekman H, Knulst A, Houben G. 2016. Allergenicity assessment strategy for novel food proteins and protein sources **79**:118–124.
- Weissman D, Gray B, David A. 2019. Crickets of the genus *Gryllus* in the United States (Orthoptera: *Gryllidae*: *Gryllinae*). *Zootaxa* 4705 **1**.
- Weissman D, Walker T, Gray D. 2009. The Field Cricket *Gryllus assimilis* and Two New Sister Species (Orthoptera: *Gryllidae*). *Annals of the Entomological Society of America* **102**:367–380.
- Weru J, Chege P, Kinyuru J. 2021. Nutritional potential of edible insects: a systematic review of published data. *International Journal of Tropical Insect Science* **41**:2015–2037. Springer International Publishing. Available from <https://doi.org/10.1007/s42690-021-00464-0>.
- WHO/FAO. 2003. Diet nutrition and the prevention of chronic diseases. Geneva.
- Zemědělství M. 2018. Zásady správné zemědělské a výrobní praxe produkce hmyzu určeného pro lidskou spotřebu. Ministerstvo zemědělství ČR. ISBN 978-80-7434-420-6. Available from: <https://eagri.cz/>
- 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.
- Zielińska E, Karaś M, Jakubczyk A, Zieliński D, Baraniak B. 2018. Edible Insects as Source of Proteins. p.1-53. doi:10.1007/978-3-319-54528-8_67-1

9 Seznam použitých zkratek

FAO	Food and Agriculture Organization, Organizace pro výživu a zemědělství
EFSA	Evropský úřad pro bezpečnost potravin
CPM	celkový počet mikroorganismů
DNA	deoxyribonukleová kyselina
MK	mastné kyseliny
DHA	dokosahexaenová kyselina
EPA	eikosapentaenová kyselina
LA	linolová kyselina
SFA	nasycené mastné kyseliny
MUFA	mononenasycené mastné kyseliny
PUFA	polynenasycené mastné kyseliny
FCR	poměr konverze krmiva
ECR	účinnost konverze přijatého krmiva
AMK	aminokyselina
EAA	esenciální aminokyseliny
EAR	odhadovaná průměrná potřeba živin
AAS	aminokyselinové skóre
EAAI	Index esenciálních aminokyselin
TM	<i>Tenebrio molitor</i>
GA	<i>Gryllus assimilis</i>
DM	sušina

10 Seznam tabulek

Seznam tabulek teoretické části

Tabulka 1: Mikrobiologická kritéria pro jedlý hmyz	16
Tabulka 2 Energetická hodnota u vybraných druhů hmyzu	22
Tabulka 3 Obsah tuku vybraných druhů hmyzu	23
Tabulka 4 Srovnání obsahu bílkovin v jednotlivých řádech jedlého hmyzu	25
Tabulka 5 Porovnání obsahu bílkovin u vybraných druhů hmyzu	26
Tabulka 7 Obsah neutrálně-detergentní vlákniny u vybraných druhů hmyzu	28
Tabulka 8 Porovnání obsahu minerálních látek v mg/100 g sušeného hmyzího a živočišného zdroje	29
Tabulka 9 Energetická hodnota a obsah nutrientů v sušině larev potemníka moučného v závislosti na místě chovu	30
Tabulka 10 Vliv teploty chovu na nutriční hodnoty larev potemníka moučného	31
Tabulka 11 Vliv vývojového stadia na nutriční hodnoty potemníka moučného	32
Tabulka 12 Nutriční složení larev potemníka moučného (<i>Tenebrio molitor</i>) po různém kulinárním zpracování	34
Tabulka 13 Porovnání nutričních hodnot nezpracovaných larev a larev kulinárně upravených	35

Seznam tabulek praktické části

Tabulka 1 Obsah sušiny (v g na 100 g hmyzu) v obou druzích hmyzu usmrcených zmražením v závislosti na různé kulinární úpravě	43
Tabulka 2 Obsah sušiny (v g na 100 g hmyzu) v obou druzích hmyzu usmrcených spařením, v závislosti na různé kulinární úpravě	44
Tabulka 3 Obsah popelovin v obou druzích hmyzu usmrcených zmražením	45
Tabulka 4 Obsah popelovin v obou druzích hmyzu usmrcených spařením	46
Tabulka 5 Obsah tuku v obou druzích hmyzu usmrcených zmražením	48
Tabulka 6 Obsah tuku v obou druzích hmyzu usmrcených spařením	48
Tabulka 7 Obsah bílkovin v obou druzích hmyzu usmrcených zmražením, v závislosti na různé kulinární úpravě	50
Tabulka 8 Obsah bílkovin v obou druzích hmyzu usmrcených spařením, v závislosti na různé kulinární úpravě	51
Tabulka 9 Obsah aminokyselin v sušině v různě kulinárně upravených vzorcích <i>Tenebrio molitor</i> usmrcených zmražením či spařením	54

Tabulka 10 Obsah aminokyselin v sušině v různě kulinárně upravených vzorcích <i>Gryllus assimilis</i> usmrcených zmražením a spařením	55
Tabulka 11 Obsah aminokyselin v různě kulinárně upravených vzorcích <i>Tenebrio molitor</i> usmrcených zmražením a spařením	56
Tabulka 12 Obsah aminokyselin v různě kulinárně upravených vzorcích <i>Gryllus assimilis</i> usmrcených zmražením a spařením	57
Tabulka 13 Obsah esenciálních aminokyselin přepočtený na mg/g proteinu larev potměníka moučného	58
Tabulka 14 Obsah esenciálních aminokyselin přepočtený na mg/g proteinu cvrčka banánového	59
Tabulka 15 Aminokyselinové skóre EAA, srovnání s celovaječným proteinem a vypočtený EAAI proteinu potměníka moučného	59
Tabulka 16 Aminokyselinové skóre EAA, srovnání s celovaječným proteinem a vypočtený EAAI proteinu cvrčka banánového	60

11 Seznam obrázků a grafů

Seznam obrázků teoretické části

Obrázek 1 Geografické znázornění zaznamenaných druhů jedlého hmyzu	11
Obrázek 2 Porovnání vlivu vybraných zvířat na životní prostředí.	14
Obrázek 3 Vývojový cyklus potemníka moučného	20
Obrázek 4 Barevné variace u <i>Gryllus assimilis</i>	21

Seznam obrázků praktické části

Obrázek 1 Sušárna	39
Obrázek 2 Exsikátor.....	39
Obrázek 3 Soxhletův extraktor	40
Obrázek 4 Kjeltec TM 2400 analyzátor	41

Seznam grafů teoretické části

Graf 1 Počty zaznamenaných druhů jedlého hmyzu (Jongema 2017).....	11
--	----

Seznam grafů praktické části

Graf 1 Porovnání množství sušiny v <i>Tenebrio molitor</i> (TM) a <i>Gryllus assimilis</i> (GA).44	
Graf 2 Porovnání množství popelovin v <i>Tenebrio molitor</i> a <i>Gryllus assimilis</i> , přepočteno na sušinu	46
Graf 3 Porovnání množství popelovin v <i>Tenebrio molitor</i> a <i>Gryllus assimilis</i> , přepočteno na kulinární úpravu	47
Graf 4 Porovnání množství tuku v <i>Tenebrio molitor</i> a <i>Gryllus assimilis</i> , přepočteno na sušinu	49
Graf 5 Porovnání množství tuku v <i>Tenebrio molitor</i> a <i>Gryllus assimilis</i> , přepočteno na kulinární úpravu	49
Graf 6 Porovnání množství bílkovin přepočtených na sušinu v <i>Tenebrio molitor</i> (TM) a <i>Gryllus assimilis</i> (GA)	51
Graf 7 Porovnání množství bílkovin přepočtených na kulinární úpravu v <i>Tenebrio molitor</i> (TM) a <i>Gryllus assimilis</i> (GA).....	52