

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky**



**Fakulta agrobiologie,  
potravinových a přírodních zdrojů**

**Vliv technologického zpracování na nutriční hodnoty jedlého  
hmyzu**

**Bakalářská práce**

**Autor práce: Ivana Soukupová**

**Výživa a potraviny**

**Vedoucí práce: Ing. Petra Škvorová**

**© 2023 ČZU v Praze**

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Vliv technologického zpracování na nutriční hodnoty jedlého hmyzu" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské 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 bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 7.4.2023

---

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala paní Ing. Petře Škvorové za odborné vedení bakalářské práce. Děkuji také své rodině za cenné rady, připomínky, neskonalou ochotu a psychickou podporu během celého studia.

# Vliv technologického zpracování na nutriční hodnoty jedlého hmyzu

## Souhrn

Bakalářská práce představuje jedlý hmyz jako potravinu. Zaměřuje se jak na jeho konzumaci v oblastech, kde je hmyz konzumován tradičně, tak na konzumaci hmyzu jakožto „nové potraviny“ v pojetí Evropské unie. V první části jsou popsány vybrané druhy jedlého hmyzu. Jedná se o druhy, které lze uvádět v podobě určené pro lidskou spotřebu na trh Evropské unie, tedy i České republiky. Práce se dále zaměřila na konzumování jedlého hmyzu po celém světě. V práci je hmyz porovnán s živočišnou produkcí a popsána jsou i případná rizika spojené s jeho konzumací.

Další část práce je pak věnována nutriční hodnotě a nutričnímu složení technologicky nezpracovaného jedlého hmyzu. Pozornost byla věnována jak makronutrientům, tak o minerálním látkám či vitaminům nezbytných pro správnou funkci lidského organismu.

Podstatná část práce je také zaměřena na různé druhy kulinárních úprav jedlého hmyzu po celém světě. Důraz je kladen především na tradiční, tedy nejznámější a zároveň nejhojněji využívané metody zpracování. Zmíněny jsou však i metody netradiční, nové či příliš často nevyužívané. Kromě samotných druhů úpravy se práce zaměřila také na jejich vliv na nutriční složení jedlého hmyzu. Tato část se pak zabývá jak mikronutrienty (minerální látky a vitaminy), tak makronutrienty (bílkoviny, cukry, tuky). Prostor je kromě jiného věnován též antinutričním látkám.

Poslední část práce se pak zabývá vlivem technologického zpracování jedlého hmyzu na sensorické vlastnosti. Jedná se především o hodnocení chuti, textury a vůně. Zde je také poukázáno na změny sensorických vlastností při přidavku či úplném nahrazení hmyzu v tradičních či úplně nových výrobcích v masném, uzenářském nebo pekařském průmyslu.

**Klíčová slova:** kulinární úpravy, vitaminy, tuky, bílkoviny, nová potravina

# **Influence of technological processing on nutritional values of edible insects**

## **Summary**

The bachelor thesis presents edible insects as food. It focuses both on its consumption in areas where insects are traditionally eaten and on the consumption of insects as a "new food" in the European Union's concept. The first part describes selected edible insects. These are species that can be placed on the market of the European Union, including the Czech Republic, in a form intended for human consumption. The work also focuses on the consumption of edible insects worldwide. The work compares insects with animal production and describes possible risks associated with their consumption.

Another part of the thesis is devoted to the nutritional value and nutritional composition of non-processed edible insects. Attention was paid to macronutrients as well as minerals or vitamins necessary for the proper functioning of the human organism.

A substantial part of the work also focuses on the different types of culinary treatments of edible insects around the world. The emphasis is mainly on the traditional, i.e. the best known and most widely used processing methods. However, non-traditional, new or not often used methods are also mentioned. In addition to the types of treatment themselves, the work also focuses on their influence on the nutritional composition of edible insects. This section then deals with both micronutrients (minerals and vitamins) and macronutrients (proteins, sugars, fats). Space is also devoted to antinutrients, among other things.

The last part of the thesis deals with the influence of technological processing of edible insects on sensory properties. It is mainly concerned with the evaluation of taste, texture and aroma. It also highlights the changes in sensory properties when insects are added or completely replaced in traditional or completely new products in the meat, sausage or bakery industry.

**Keywords:** culinary preparations, vitamins, fats, proteins, novel food

# Obsah

<b>1 Úvod</b> .....	<b>7</b>
<b>2 Cíl práce</b> .....	<b>8</b>
<b>3 Literární rešerše</b> .....	<b>9</b>
<b>3.1 Jedlý hmyz</b> .....	<b>9</b>
3.1.1 Jedlý hmyz jako nová potravina .....	9
3.1.2 Vybrané druhy jedlého hmyzu .....	10
3.1.2.1 Cvrček domácí ( <i>Acheta domestica</i> ) .....	11
3.1.2.2 Potemník moučný ( <i>Tenebrio molitor</i> ) .....	12
3.1.2.3 Potemník stájový ( <i>Alphitobius diaperinus</i> ) .....	13
3.1.2.4 Saranče stěhovavá ( <i>Locusta migratoria</i> ) .....	14
3.1.3 Konzumace jedlého hmyzu .....	15
3.1.3.1 Hmyz versus živočišná produkce .....	15
3.1.3.2 Rizika spojená s konzumací jedlého hmyzu .....	16
<b>3.2 Nutriční hodnoty jedlého hmyzu</b> .....	<b>17</b>
3.2.1 Bílkoviny .....	17
3.2.2 Cukry .....	19
3.2.3 Tuky .....	20
3.2.4 Minerální látky .....	21
3.2.5 Vitaminy .....	22
<b>3.3 Kulinární úprava jedlého hmyzu</b> .....	<b>23</b>
3.3.1 Druhy technologické úpravy jedlého hmyzu .....	23
3.3.2 Vliv technologického zpracování na nutriční hodnoty .....	25
3.3.2.1 Vliv technologického zpracování na stravitelnost bílkovin .....	25
3.3.2.2 Vliv technologického zpracování na vlákninu .....	25
3.3.2.3 Vliv technologického zpracování na tuky .....	26
3.3.2.4 Vliv technologického zpracování na minerální látky .....	26
3.3.2.5 Vliv technologického zpracování na antinutriční látky .....	27
3.3.3 Vliv technologického zpracování na sensorické vlastnosti .....	27
3.3.3.1 Vliv technologického zpracování na chuť .....	27
3.3.3.2 Vliv technologického zpracování na texturu .....	28
3.3.3.3 Vliv technologického zpracování na vůni .....	28
3.3.3.4 Sensorické vlastnosti hmyzu jako náhrady masa .....	29
3.3.3.5 Sensorické vlastnosti hmyzu v pekárenském průmyslu .....	30
<b>4 Závěr</b> .....	<b>31</b>
<b>5 Literatura</b> .....	<b>32</b>
<b>6 Seznam tabulek, obrázků a grafů</b> .....	<b>49</b>

# 1 Úvod

Entomofágie, tedy požívání hmyzu, je součástí lidské historie již od pravěku a v mnoha částech světa se běžně praktikuje dodnes (Meyer-Rochow 2010). Uvádí se, že více než dvě miliardy lidí na celém světě pravidelně konzumují hmyz jako součást své tradiční stravy. S neustále rostoucí lidskou populací se pojí rostoucí poptávka po živočišných produktech. Ta se má podle vědců mezi lety 2000 a 2050 více než ztrojnásobit (z 229 milionů tun na 465 milionů tun). Jedlý hmyz se tak nabízí jako zajímavý, udržitelný a díky své vysoké nutriční hodnotě velice kvalitní zdroj jak lidské, tak zvířecí potravy (van Huis 2013).

Nutriční složení jedlého hmyzu je ovlivněno mnoha faktory, mezi ty nejdůležitější patří pohlaví, vývojové stádium či složení stravy (Borges et al. 2022). Obecně je však hmyz považován za vysoce kvalitní zdroj živin. Svou energetickou hodnotou je nejčastěji srovnáván s kuřecím nebo rybím masem (Rumpold & Schlüter 2013). Obsahuje totiž vysoké množství bílkovin, tuků, vlákniny, vitaminů a minerálních látek (Van Huis 2020). Potenciálně tak jeho konzumace zlepšuje funkci gastrointestinálního traktu i imunitního systému a zároveň má protizánětlivé účinky, což působí jako prevence kardiovaskulárních a rakovinotvorných onemocnění (Nowakowski et al. 2022). Jedlý hmyz je také označován za vysoce udržitelný zdroj potravy (Smetana et al. 2021). Jeho chov může probíhat na různých technologických i ekonomických úrovních (FAO 2021). V porovnání s ostatními hospodářskými zvířaty je méně náročný na využití přírodních zdrojů jako je půda či voda (Madau et al. 2020). Jako zdroj potravy pak hmyz může využívat různé organické zbytky a přispět tak k recyklaci živin (Gold et al. 2020). To v důsledku snižuje koncentraci potenciálně znečišťujících látek v substrátu, na kterém je zároveň chován (Parodi et al. 2021).

I přes veškeré výhody se však konzumace jedlého hmyzu stále potýká s mnoha problémy. Potravinová neofobie, tedy strach z konzumace nových a neznámých potravin je zejména v západních zemích tou nejčastější překážkou (Megido et al. 2016). Těla hmyzu je tedy žádoucí různě technologicky zpracovávat a upravovat. Do potravin se tak často přidávají v podobě prášků nebo past, díky čemuž je pak přítomnost hmyzu ve výrobcích méně nápadná (Florença et al. 2021).

Jako každý zdroj potravy, má i hmyz svá negativa. V úvahu je tedy nutné vzít i obsah antinutričních látek snižujících jeho nutriční hodnotu a další potenciálně nežádoucí látky které mohou mít alergenní či jiné účinky na konzumenta (Rumpold & Schlüter 2013). Dalším často zmiňovaným rizikem bývá mikrobiologická kontaminace hmyzu. Té však velice snadno předcházet správnou výrobní a hygienickou praxí, a to jak ve výrobním, tak chovném řetězci (Nowakowski et al. 2022).

Na základě zmíněných faktů tak autorka považuje téma za velmi aktuální. Jedlý hmyz podle ní může sloužit jako jedno z kvalitních řešení potravinové bezpečnosti i environmentálních problémů spojených s využitím přírodních zdrojů v celosvětovém měřítku.

## **2 Cíl práce**

Cílem práce bylo poukázat jaký vliv mají různé druhy technologické úpravy na nutriční složení jedlého hmyzu a tím ho definovat jako vysoce nutričně kvalitní zdroj potravy.



## 3 Literární rešerše

### 3.1 Jedlý hmyz

Po celém světě je konzumováno na 2000 druhů jedlého hmyzu. Obecně se má za to, že nejvíce konzumován je především v tropických oblastech. Toto tvrzení však není tak úplně pravdivé. Jedlý hmyz je kromě tropických oblastí konzumován ve velké míře také v oblastech mírného pásu. Jedná se především o Čínu, Japonsko a Mexiko. V zemích západních je pak hmyz jako potravina vnímán spíše negativně. Tradičním zdrojem proteinu je zde především živočišná produkce. Hmyz je pak často vnímán pouze jako obtěžující a kousavý přenašeč chorob. Mezi hlavní představitele se řadí hlavně komáři a mouchy (Van Huis et al. 2013). To však nemění nic na tom, jaké výhody konzumace jedlého hmyzu přináší. Kvůli neustále rostoucí lidské populaci a zhoršujícího se klimatického stavu naší planety představuje konzumace jedlého hmyzu velice výhodný zdroj proteinu. Zájem o hmyz se tak v posledních letech velice zvyšuje. (Van Huis et al. 2015). V západních zemích může být využit také jako zdroj proteinu v potravě větších hospodářských zvířat, drůbeže, ryb a domácích mazlíčků (van Huis 2013). Nejen tím si tak hmyz zasloužil zařazení mezi takzvané „nové potraviny“ (EFSA 2021).

#### 3.1.1 Jedlý hmyz jako nová potravina

Označení „nová potravina“, anglicky novel food (dále jen „NP“) smí v České republice nést pouze potravina, která nebyla ve větší míře konzumována před 15. květnem roku 1997. Konzumenty jsou tyto potraviny vnímány jako nové, netradiční a neobvyklé. Tento pojem byl však využíván už v minulosti a to například, když se do Evropy začaly dostávat nové druhy potravin ze všech částí světa – kukuřice, brambory a rajčata ze severní a jižní Ameriky, rýže a nudle z Asie, káva z východní Afriky nebo koření z Indie. Novými potravinami nazýváme nejen potraviny z nových zdrojů, ale také látky nově používané v potravinářství, či nové technologie výroby potravin (EFSA 2021). Mezi NP byly v posledních letech zařazeny také chia, drobná semínka byliny šalvěje hispánské (*Salvia hispanica* Linnaeus, 1753) z čeledi Hluchavkovitých (Lamiaceae Martynov, 1820). Jako další pak dužnina plodů baobabu prstnatého (*Adansonia digitata* Linnaeus, 1759), olej z krunýřatky krillové (*Eiphasia superba* Dana, 1850) a zastudena lisovaný olej ze švestkových jader, nebo šťáva z plodů morindy barvířské (*Morinda citrifolia* Linnaeus, 1753) zvaných „noni“ (SZPI 2019).

Jedlý hmyz je mezi nové potraviny zařazen od 1.1.2018 ve všech zemích Evropské unie, a to díky novele o nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2015/2283 o nových potravinách. Toto nařízení bylo později zrušeno a nahradilo jej nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 258/97, které se pak vztahuje na celá těla živočichů, včetně jedlého hmyzu. V České republice byla 11. března 2019 (s účinností od 14. prosince 2019) vládou 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. Hmyz se tímto tedy řadí na úroveň běžných hospodářských zvířat (skot, tuři, ovce, kozy, koně, osli a jejich kříženci, prasata, drůbež, ryby, běžci, včely a zvířata farmová) (ČMSCH 2023). Některé

druhy hmyzu se dostaly na vnitřní trh EU na základě národních výjimek a čl. 35 nařízení č. 2015/2283 O povolení nové potraviny pak mohlo být žádáno nejpozději do 1.1.2019. Od 2.1.2020 mohou být na trh uváděny pouze druhy hmyzu, které jsou autorizované – tedy zapsané do Seznamu Unie (Mlček 2020). V rámci přechodných opatření nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2015/2283 je možné uvádět na trh ČR celá či mletá těla jako potravinu u následujících druhů hmyzu: cvrček domácí (*Acheta domestica* Linnaeus, 1758) – ve vývojovém stádiu imago a larvy, potěmník moučný (*Tenebrio molitor* Linnaeus, 1758) – ve vývojovém stádiu larvy, potěmník stájový (*Alphitobius diaperinus* Panzer, 1797) – ve vývojovém stádiu larvy a Saranče stěhovavá (*Locusta migratoria* Linnaeus, 1758) – ve vývojovém stádiu imaga a larvy (Bezpečnost potravin 2022). Podle nejnovějšího nařízení Komise (EU) 2023/5 vstupujícího v platnost dne 24.1.2023 může být nově na trh uváděn částečně odtučněný prášek z cvrčka domácího (*Acheta domestica*) a s platností od 26.1.2023 pak prováděcí nařízení Komise (EU) 2023/58 ze dne 5. ledna 2023, povoluje uvedení zmrazených, kašovitých, sušených a práškových forem larev potěmníka stájového (*Alphitobius diaperinus*).

Na vyjádření EFSA a případné zařazení na seznam nových potravin čekají ještě další dva druhy hmyzu. Jedná se o larvy trubců včely medonosné (*Apis mellifera* Linné, 1758) a larvy bráněnky (*Hermetica illucens* Linnaeus, 1758). Obě žádosti byly podány v roce 2018. V případě larev trubců by se měla EFSA vyjádřit nejpozději do 13.3.2023. U larev bráněnky pak nejpozději do 27.9.2023 (European Commission 2022; Dongo & Adelmo Della Penna 2022).

### 3.1.2 Vybrané druhy jedlého hmyzu

Bourec morušový (*Bombyx mori* Linnaeus, 1758), byl za účelem výroby hedvábí domestikován v Číně přibližně před 5000 lety (Sun et al. 2012). V dnešní době je chov bource na ústupu. Hlavním důvodem je vývoj textilního průmyslu především ve směru nových syntetických vláken. Předpokládá se, že bourec morušový se vyvinul z blízkého příbuzného divokého druhu (*Bombyx mandarina* Moore, 1872) (Xiang et al., 2018). Mezi další významné a uměle chované druhy patří také včela medonosná (*Apis mellifera*) a ovocná muška (*Drosophila melanogaster* Meigen, 1830). Včely medonosné jsou využívány pro výrobu medu a ovocné mušky ve výzkumu. Cvrčci byli chováni jako potrava pro domácí zvířata. (Pal & Roy 2014). Na celém světě není příliš mnoho druhů hmyzu, které považujeme za jedlé. V jednotlivých částech světa se zároveň jejich druhy a počty významně liší. Na Jongemově seznamu světového jedlého hmyzu je uvedeno 2111 druhů hmyzu. Mezi ty patří i několik druhů pavouků a další hmyz používaný primárně k léčebným účelům. Nejpočetnějšími řády z nich jsou brouci (Coleoptera) s 659 druhy, následují motýli (Lepidoptera), blanokřídlí (Hymenoptera) (mravenci a včely), rovnokřídlí (Orthoptera) (kobylinky a sarančata) a polokřídlí (Hemiptera) (ploštice). Tyto řády společně tvoří přibližně 88 % z celého seznamu (Jongema 2017).

Umělé hospodaření s hmyzem a šlechtění druhů bude v budoucnu nezbytné pro uspokojení poptávky po potravinách v celosvětovém měřítku. I proto je nutné shromáždit poznatky o morfologických a životních vlastnostech hmyzu a určit míru potenciálního přínosu nebo rizika plynoucího ze selekce těchto šlechtitelských znaků. V případě, že lze vybrat jedince

s určitým znakem, je třeba provést populační genomickou analýzu, aby se zjistilo, zda je znak genetický a jak je gen přenášen. Úplná domestikace, jaká byla provedena u bource morušového, je však náročný proces. Navíc je zde potenciální riziko dopadu na ekosystém (Nakajima & Ogura 2022).

### 3.1.2.1 Cvrček domácí (*Acheta domestica*)

Prvním vybraným druhem, který prošel prováděcím nařízením Komise (EU) 2022/188 ze dne 10. února 2022 (s žádostí o ochranu dat) je cvrček domácí (*Acheta domestica*). Ochrana dat dle nařízení Evropského parlamentu a rady (EU) 2015/2283 stanoví, že veškeré nově vypracované vědecké důkazy nebo údaje nesmějí být po dobu pěti let nebo bez předchozího souhlasu původního žadatele použity k nové žádosti jiným žadatelem. Na trh může být potravinu uvedena ve třech různých formách. Celá tepelně zpracovaná a následně zmrazená těla, celá tepelně zpracovaná a mrazem vysušená těla a mletá těla *Acheta domestica*. V těchto formách lze cvrčka přidávat do sušenek a čokoládových výrobků, chleba a pečiva nebo do náhražek masa (Bezpečnost potravin 2022). S platností od 26.1.2023 může být na trh uváděn také v podobě částečně odtučněného prášku, a to dle nařízení Komise (EU) 2023/5. ze dne 3. ledna 2023.

**Tabulka 1** Přehled základních údajů o cvrčkovi domácím (*Acheta domestica*)  
(Fernandez-Cassi et al. 2019)

Třída:	hmyz (Insecta Linnaeus, 1758)
Řád:	rovnokřídílí (Orthoptera Latreille, 1793)
Čeleď:	cvrčkovití (Gryllidae, Laicharting, 1781)
Druh:	cvrček domácí ( <i>Acheta domestica</i> Linnaeus, 1758)
Rozšíření:	celosvětově
Potrava:	všežravec
Rozměry:	délka 16-21 mm, samice je větších rozměrů než samec
Rozmnožování:	počet vajíček 200-300, inkubace 1-2 týdny



**Obrázek 1** Sušený cvrček domácí (*Acheta domestica*) (JR Unique 2021)

### 3.1.2.2 Potemník moučný (*Tenebrio molitor*)

Následujícím druhem je potemník moučný (tzv. moučný červ – výrazem se rozumí larvální stadium potemníka moučného) (*Tenebrio molitor*), jež se stal prvním druhem, který byl schválen prováděcím nařízením Komise (EU) 2021/882 ze dne 1. června 2021. Společnosti, které tuto žádost podali, žádali o ochranu dat. Ochrana dat dle nařízení Evropského parlamentu a rady (EU) 2015/2283 stanoví, že veškeré nově vypracované vědecké důkazy nebo údaje nesmějí být po dobu pěti let nebo bez předchozího souhlasu původního žadatele použity k nové žádosti jiným žadatelem. Larvy potemníka moučného na trh České republiky tak mohou uvádět pouze dvě společnosti. Další provozovatelé potravinářských podniků však mohou od těchto firem produkty kupovat a dále je využívat při výrobě. Pro lidskou spotřebu se žádné části červa neodstraňují. Používány jsou tak celé larvy v sušené, mražené a práškové. Přidávány pak mohou být do proteinových výrobků, sušenek, cereálních tyčinek, čokoládových cukrovinek, pokrmů na bázi luštěnin, výrobků na bázi těstovin, vícezrnného chleba a pečiva nebo do náhražek masa (Bezpečnost potravin 2022).

**Tabulka 2** Přehled základních údajů o potemníku moučném (*Tenebrio molitor*)  
(Macalester Collage 2022)

Třída:	hmyz (Insecta Linnaeus, 1758)
Řád:	brouci (Coleoptera Linnaeus, 1758)
Čeleď:	potemníkovití (Tenebrioidae Latreille, 1802)
Druh:	potemník moučný ( <i>Tenebrio molitor</i> Linnaeus, 1758)
Rozšíření:	téměř celosvětově
Potrava:	rostlinné materiály, rýže, kroupy, chléb
Rozměry:	larvy mají délku 23-30 mm, dospělci 13-18 mm
Rozmnožování:	počet vajíček 500, inkubace 1-2 týdny



**Obrázek 2** Živé larvy potemníka moučného (*Tenebrio molitor*) (Kettle Moraine 2022)

### 3.1.2.3 Potemník stájový (*Alphitobius diaperinus*)

Potemník stájový (*Alphitobius diaperinus*) je třetím vybraným druhem schváleným prováděcím nařízením Komise (EU) 2017/2470 ze dne 20. prosince 2017. Po nejnovější úpravě prováděcím nařízením Komise (EU) 2023/58 ze dne 5. ledna 2023, je povoleno uvedení zmrazených, kašovitých, sušených a práškových forem larev potemníka stájového (*Alphitobius diaperinus*). Žadatel byl pouze jeden a žádal o ochranu dat. Ochrana dat dle nařízení Evropského parlamentu a rady (EU) 2015/2283 stanoví, že veškeré nově vypracované vědecké důkazy nebo údaje nesmějí být po dobu pěti let nebo bez předchozího souhlasu původního žadatele použity k nové žádosti jiným žadatelem. Potemník může být přidáván do potravin jako jsou chléb a pečivo, cereální tyčinky, zpracované snídaňové cereálie, ovesné kaše, polévky, výrobky na bázi sušených nebo plněných těstovin, chipsy, bramborové lupínky náhražky masa a masné polotovary, čokoládové cukrovinky a další (Potravinařská komora České republiky 2023).

**Tabulka 3** Přehled základních údajů o potemníku stájovém (*Alphitobius diaperinus*) (Dunford & Kaufman 2021)

Třída:	hmyz (Insecta Linnaeus, 1758)
Řád:	brouci (Coleoptera Linnaeus, 1758)
Čeleď:	potemníkovití (Tenebrionidae Latreille, 1802)
Druh:	potemník stájový ( <i>Alphitobius diaperinus</i> Panzer, 1797)
Rozšíření:	téměř celosvětově
Potrava:	plísňe, peří, zbytky živočichů
Rozměry:	délka dospělého 6 mm, délka larvy 11 mm
Rozmnožování:	počet vajíček 200–400, inkubace 1 týden



**Obrázek 3** Larvy potemníka stájového (*Alphitobius diaperinus*) (Jesmond 2023)

### 3.1.2.4 Saranče stěhovavá (*Locusta migratoria*)

Dalším druhem je saranče stěhovavá (*Locusta migratoria*) schválený prováděcím nařízením Komise (EU) 2021/1975 ze dne 12. listopadu 2021. V žádosti bylo žádáno o ochranu dat. Ochrana dat dle nařízení Evropského parlamentu a rady (EU) 2015/2283 stanoví, že veškeré nově vypracované vědecké důkazy nebo údaje nesmějí být po dobu pěti let nebo bez předchozího souhlasu původního žadatele použity k nové žádosti jiným žadatelem. Tento druh tak pod označením nová potravina může uvádět pouze jediná firma, která žádost podala. Na trh má být pak potravina uvedena ve formě tepelně zpracované, mrazem vysušené nebo mleté. U zmrazené a sušené *Locusta migratoria* musí být odstraněny nohy a křídla. Kategorie potravin, do nichž mohou být přidávány, jsou zpracované výrobky z brambor, pokrmy na bázi luštěnin a výrobky na bázi těstovin, náhražky masa, polévky a koncentrované polévky, konzervované luštěniny a zelenina, saláty, čokoládové cukrovinky a další (Bezpečnost potravin 2022).

**Tabulka 4** Přehled základních údajů o sarančeti stěhovavé (*Locusta migratoria*) (DAFF 2019; Lecoq & Long 2019)

Třída:	hmyz (Insecta Linnaeus, 1758)
Řád:	rovnokřídlí (Orthoptera Latreille, 1793)
Čeleď:	sarančoví (Acrididae MacLeay, 1819)
Druh:	saranče stěhovavé ( <i>Locusta migratoria</i> Linnaeus, 1758)
Rozšíření:	Afrika, Asie, Austrálie, Evropa
Biotop:	pouště, polopouště a travnaté oblasti
Potrava:	části rostlin, v malé míře živočišná potrava
Rozměry:	délka 3,5–8 cm, váha až 1,5 g, stěhovavá fáze je menší než soliterní
Rozmnožování:	počet vajíček 40–60, inkubace 2 týdny



**Obrázek 4** Lyofilizované saranče stěhované (*Locusta migratoria*) (Alibaba 1999-2022)

### 3.1.3 Konzumace jedlého hmyzu

Podle Costa-Neto & Dunkel (2016) má konzumace jedlého hmyzu příznivý vliv na naše zdraví, a to hlavně díky cennému obsahu nutričních látek. Jedlý hmyz by tak mohl být cennou funkční potravinou. V tělech hmyzu byla totiž prokázána existence imunologických, analgetických, antibakteriálních, diuretických, anestetických a antirevmatických látek jejichž vlastnosti by mohly mít příznivý účinek na naše zdraví a v boji proti onemocnění. Z výzkumu Murefu et al. (2019) vyplývá, že největší počet publikací o bezpečnosti jedlého hmyzu má Evropa (50,0 %), následuje Afrika s 28,7 %. Dalším zajímavým zjištěním bylo, že publikace z Evropy se obecně týkaly bezpečnosti chovaného jedlého hmyzu, zatímco publikace z afrického kontinentu se zabývaly především bezpečností volně sbíraného jedlého hmyzu. Mezi běžně konzumovaný hmyz patří Coleoptera (brouci) 31 %, Lepidoptera (housesky) 18 %, Hymenoptera (mravenci, včely a vosy) 14 %, Orthoptera (kobyly, sarančata a cvrčci) 13 %, Hemiptera (cikády, plošnice, šupinovky) 10 %, Isoptera (termity) 3 %, Odonata (vážky) 3 % a Diptera (mouchy) 2 % (Jongema 2017).

#### 3.1.3.1 Hmyz versus živočišná produkce

Očekává se, že poptávka po živočišných produktech se mezi lety 2000 a 2050 více než ztrojnásobí, zejména v důsledku rostoucí poptávky obyvatel rozvojových zemí po masných výrobcích. Chov hospodářských zvířat je zodpovědný za 14 % celosvětových emisí skleníkových plynů a vyžaduje znatelné využití půdy (Gerber et al. 2013). Podle Oonincxe & de Boera (2012) je k produkci 1 kg jedlých bílkovin moučných červů zapotřebí pouze 10 % půdy potřebné pro produkci stejného množství bílkovin hovězího masa. Jedlý hmyz má navíc tu výhodu, že se dá chovat vertikálně (van Huis et al. 2013). Základní myšlenkou vertikálního chovu je přeměnit původně jednovrstvé plochy chovu na vícevrstvé, a tím tak zvýšit efektivitu využití půdy (Shao et al. 2022). Chov hospodářských zvířat také vyžaduje velké množství vody, což je dramatický problém, protože podle FAO (2013) budou do roku 2025 dvě třetiny světa trpět nedostatkem vody. Virtuální obsah vody (vody spotřebované na výrobu komodity) v živočišných produktech je velmi vysoký. V případě hovězího masa činí 22 000–43 000 l na 1 kg vyrobené produkce, a to z důvodu vysoké potřeby vody pro výrobu krmiva a píce (Chapagain & Hoekstra 2003). Očekává se, že virtuální obsah vody pro chov jedlého hmyzu bude mnohem nižší, protože bylo prokázáno, že některé druhy hmyzu, jako jsou mouční červi, jsou odolné vůči suchu (Ramos-Elorduy et al. 2002).

Dalším zajímavým ukazatelem je koeficient konverze krmiva (FCR, vyjádřený jako spotřebovaný kilogram krmiva na kilogram živé hmotnosti). Collavo et al. (2005) naměřili hodnoty 1,7 u cvrčků. Hodnoty 2,5 pro kuřata, 5 pro vepřové maso a 10 pro hovězí maso pak zaznamenal (Smil 2002). Vzhledem k tomu, že procento potravinářsky využitelných částí se u konvenčních hospodářských zvířat značně liší (55 % u kuřat a vepřového masa, 40 % u hovězího masa) a u hmyzu (80 %), ukazuje FCR korigované na stejnou hmotnost, že cvrčci (poměr 1,7) jsou ve využití krmiva dvakrát účinnější než kuřata, čtyřikrát účinnější než prasata a dvanáctkrát účinnější než skot (van Huis 2013). Hmyz navíc rychle roste a dokáže v krátké době vyprodukovat velké množství biomasy určené pro lidskou výživu. Všechny tyto poznatky

posilují myšlenku, že hmyz v budoucnu může lidstvu pomoci vyřešit problémy spojené s nedostatkem potravin (Premalatha et al. 2011).

Navzdory tomu, že studie týkající se hodnocení životního cyklu (LCA) jedlého hmyzu jsou stále nedostatečné. Oonincx & de Boer (2012) zjistili, že spotřeba energie při produkci moučných červů je vyšší než u běžných živočišných produktů, protože růst a rozmnožování hmyzu vyžaduje teploty 20-30 °C. Využití půdy i potenciální dopad na globální oteplování jsou však při produkci moučných červů znatelně nižší. Hmyz se navíc chová mnohem snadněji než velká zvířata. Podle Smetany et al. (2019) je produkce čerstvé biomasy hmyzu ekologicky udržitelnější než produkce čerstvého kuřecího masa. Stejní autoři zdůraznili, že při výrobě v pilotním měřítku jsou proteinové koncentráty z hmyzu konkurenceschopné vůči živočišným produktům (syrovátka, vaječné bílkoviny, rybí moučka) a mikro řasám. Na životní prostředí však mají stále vyšší dopady než pokrmy rostlinného původu. Pokud tedy shrneme environmentální výhody produkce jedlého hmyzu, můžeme konstatovat, že emise skleníkových plynů a amoniaku jsou zanedbatelné, přinejmenším při pokusech v malém měřítku (Oonincx et al. 2010) a až na výjimky (metanogenní bakterie byly zjištěny v zadních střevech tropických druhů švábů, termitů a brouků skarabeů) není jedlý hmyz schopen produkovat metan. Dopad na životní prostředí je v průběhu celého životního cyklu velmi nízký, produkce hmyzu nemusí nutně probíhat na pevnině. Objem vody potřebný k produkci jedlého hmyzu v porovnání se stejnou produkcí konvenčně konzumovaného masa je také nízký. Cvrčci jsou pak v porovnání s kuřaty dvakrát, s prasaty čtyřikrát a se skotem dokonce dvanáctkrát rychlejší v růstu, tedy přeměně krmiva na svalovou hmotu. To je způsobeno především studenokrevností hmyzu, který nemusí vynakládat takové množství energie na udržení stálé tělesné teploty. (FAO 2013).

### 3.1.3.2 Rizika spojená s konzumací jedlého hmyzu

Zvýšený důraz na bezpečnost hmyzu je dán především rostoucím podílem hmyzu v lidské stravě. V hodnocení bezpečnosti jedlého hmyzu je zahrnuto sledování nebezpečných zárodků, parazitů, toxinů, těžkých kovů, veterinárních léčiv, hormonů a reziduí pesticidů (Zhao 2009; van der Fels-Klerx et al. 2018). Kouřimská & Adámková (2016) uvádí, že mezi hlavní rizika spojená s konzumací jedlého hmyzu patří konzumace v nesprávném stádiu růstu, nesprávná manipulace nebo příprava. Podle Bouviera (1945) konzumace kobylek a sarančat bez předchozího odstranění nohou může vést k ucpaní střev, které může být až smrtelné. Velmi rizikovým faktorem jsou také alergické reakce. Některý hmyz má tuhý vnější obal těla na bázi chitinu. Ten člověku s velkou až úplnou deficiencí enzymu chitinázy, který chitin štěpí může vyvolat alergickou reakci (EFSA 2015). Zvláště ohrožení jsou především lidé alergičtí na mořské plody, jako jsou krevety (Bednářová 2013). Hmyz může být zdrojem alergenů při kontaktu, vdechování i orálním požití. U druhů hmyzu, jako jsou kobyly a bourec morušový (*Bombyx mori*) je prokázáno, že dlouhodobá expozice prostředí s vysokým obsahem antigenů (to je případ profesionálních chovatelů hmyzu), může způsobit respirační senzibilizaci až u 50-60 % jedinců (Uragoda & Wijekoon 1991; Pener 2014). Ji et al. (2009) vypracovali zprávu o alergiích způsobených konzumací potravin v Číně v letech 1980-2007. Podle této zprávy byl hmyz čtvrtou nejčastější příčinou alergií hned po ananasu, kožnatkách (Trionychidaea Fitzinger, 1826) a krabech. Nejčastěji dochází k alergické reakci v důsledku konzumace kobylek, sarančat nebo také kukel bource morušového. Podle Broekmana et al. (2017) může



dojít k primární senzibilizaci při konzumaci moučných červů. Stejná studie zdůraznila, že alergická reakce na jeden druh hmyzu nemusí nutně znamenat alergickou reakci na druhy další. Střevní mikrobiom hmyzu může poskytovat příznivé prostředí pro rozvoj škodlivých patogenů. V úvahu je tedy třeba vzít i možnost přenosu infekčních onemocnění z některých druhů hmyzu (Klunder et al. 2012).

Z hlediska mikrobiální kontaminace může hmyz sloužit jako mechanický nebo biologický přenašeč škodlivých mikroorganismů. Při dodržování hygienických standardů chovu, technologického zpracování a vhodnému skladování jej lze považovat za bezpečný (van Huis et al. 2013). Wynants et al. (2018) se zabývali prevalencí přenosu *Salmonella* sp. při krmení moučných červů (*Tenebrio molitor*) zkaženými pšeničnými otrubami jako substrátem. Zjistili, že *Salmonella* sp. přežívá v závislosti na míře kontaminace otrub. Zatímco v otrubách, které byly zpočátku kontaminovány 7 log KTJ/g byla *Salmonella* sp. nalezena, ve vzorcích s počáteční úrovní kontaminace 2 log KTJ/g zjištěna nebyla. Autoři předpokládali, že toto chování může být způsobeno konkurenčním vyloučením endogenní mikrobioty larev a/nebo antibakteriální aktivitou larev.

V oblastech Jihovýchodní Asie, kde je konzumace hmyzu tradiční, byl prokázán přenos parazitů z hmyzu na člověka orální cestou. Jednalo se konkrétně o *Trematody* patřící do čeledi Lecithodendridae a Plagiorchidae (Chai et al. 2009). Dále bylo také prokázáno, že druhy hmyzu, jako jsou rus domácí (*Blattella germanica* Linnaeus, 1767) a šváb americký (*Periplaneta americana* Linnaeus, 1767), jsou nositeli patogenních prvoků, jako jsou měňavka úplavčitá (*Entamoeba histolytica* Schaudinn, 1903), lamblie střevní (*Giardia lamblia* Christiansen, 1915) *Toxoplasma* spp. a *Sarcocystis* spp. (Belluco et al. 2018).

Jedlý hmyz může být kontaminován mykotoxiny, pokud se s ním manipuluje nebo je skladován za neoptimálních podmínek. Nízké hladiny aflatoxinu B1 byly zjištěny u jedlého „smradlocha“ (*Encosternum delegorguei* Spinola, 1850) skladovaného v recyklovaných nádobách na obilí (Musundire et al. 2016). Zjištěn byl také přenos deoxynivalenolu z pšenice jako substrátu pro larvy moučných červů v důsledku jeho obohacení o vysoké koncentrace mykotoxinu (van Broekhoven et al. 2014). Obecně platí, že nemoci hmyzu se týkají výhradně bezobratlých a nepostihují obratlovce (mezi hmyzem, člověkem a ostatními živočichy je velký evoluční odstup) (van Huis et al. 2013; Eilenberg et al. 2015).

## 3.2 Nutriční hodnoty jedlého hmyzu

Pojídání hmyzu se v poslední době těší širokému zájmu veřejnosti (van Huis 2013; Sun-Waterhouse et al. 2016; Caparros Megido et al. 2018). A to nejen díky obsahu vysoce kvalitní bílkoviny, vitaminů a minerálních látek (Rumpold & Schlüter 2013), ale má také pozitivní vliv na ekonomiku a životní prostředí (Dobermann et al. 2017; van Huis & Oonincx 2017). Jedlý hmyz má tedy velký potenciál z hlediska nutriční hodnoty, potravinové bezpečnosti i environmentální udržitelnosti (van Huis 2015).

### 3.2.1 Bílkoviny

Bílkoviny neboli proteiny jsou organické makromolekulární látky, jejich základní stavební jednotkou jsou aminokyseliny. V lidském těle jsou proteiny nejdůležitější komponenty

pro tvorbu svalů a tkání. Jejich funkce jsou stavební, transportní, katalytické, obranné a ochranné (Berg et al. 2015). Kvalita bílkovin je závislá na přítomnosti a poměru esenciálních aminokyselin, tedy kyselin, které si organismus nedokáže syntetizovat sám. Jejich zdrojem je pak potrava. V lidské výživě mezi hlavní esenciální aminokyseliny řadíme valin, isoleucin, leucin, lysin, methionin, fenylalanin, threonin, tryptofan, a histidin. Pro člověka jsou nejčastěji limitujícími aminokyselinami lysin a tryptofan (Bukkens 1997). Mezi neesenciální aminokyseliny, které si je lidské tělo schopno syntetizovat samo řadíme alanin, arginin, asparagin, asparagovou kyselinu, cystein, glutamin, glutamovou kyselinu, glycin, prolin, serin a tyrosin (van Huis et al. 2013).

Podle Organizace spojených národů pro výživu a zemědělství (FAO) je obecně hmyzí bílkovina hodnotná alternativa k masu (Bednářová 2014). Svým vysokým obsahem bílkovin hmyz často převyšuje i pro lidskou výživu tradičnější zdroje jakými jsou drůbež, ryby nebo sója. Například cvrček domácí (*Acheta domestica*) má v sušeném stavu průměrný obsah bílkovin 65%. V porovnání s průměrným obsahem bílkovin v sušině hovězího masa 50%, vejce 52% nebo mléku 30% se jedná o významně vyšší podíl. Obsah i poměr esenciálních aminokyselin je u hmyzu příznivý. V Tabulce 5 je pro srovnání uveden obsah proteinu jednotlivých řádů hmyzu (Van Huis et al. 2013).

**Tabulka 5** Srovnání procentuálního zastoupení proteinu v jednotlivých řádech jedlého hmyzu (Van Huis et al. 2013)

Řád	Stádium vývoje	Obsah proteinu [%]
lomenokřídli (Coleoptera)	dospělec, larva	23 - 66
motýli (Lepidoptera)	kukla, larva	14 - 68
polokřídli (Hemiptera)	dospělec, larva	42 - 74
stejnokřídli (Homoptera)	dospělec, larva, vajíčko	45 - 57
blanokřídli (Hymenoptera)	dospělec, kukla, larva, vajíčko	13 - 77
vážky (Odonata)	dospělec, nymfa	46 - 65
rovnokřídli (Orthoptera)	dospělec, nymfa	23 - 65

Ravzanaadii et al. (2012) uvádí, že složení profilu aminokyselin v larvách potměníka moučného (*Tenebrio molitor*) odpovídá výživovým potřebám člověka (Tabulka 6). Napřích vzorky stejných i různých druhů se však liší (Rumpold & Schluter 2015; Churchward-Venne et al. 2017). Kulma et al. (2019) stanovili, že samice cvrčka domácího (*Acheta domestica*) mají v sušině nižší obsah bílkovin (61,2 - 64,9 g/100 g), než samci (66,3 - 69,6 g/100 g). Xiaoming et al. (2010) vyhodnotil, že obsah bílkovin se pohyboval v rozmezí 13-77 % sušiny a že existovaly statisticky průkazné rozdíly mezi jednotlivými řády hmyzu i v rámci řádů samotných. Obsah bílkovin hmyzu závisí také na stádiu metamorfózy. Ademolu et al. (2010) došel k závěru, že dospělci mají obvykle vyšší obsah bílkovin než instary (vývojové stádium vážky). V Mexiku se obsah bílkovin u 78 hodnocených druhů pohyboval od 15 % do 81 % sušiny a stravitelnost bílkovin se pohybovala od 76 % do 98 %. (Ramos Elorduy et al. 1997). Srovnatelné studie byly provedeny na jednotlivých druzích, jako je housenka mopanová (*Gonimbrasia belina* westwood, 1849) (Headings & Rahnama 2002) a cvrček polní (*Gryllus campestris* Linnaeus, 1758) (Wang et al. 2004). Bukkens (2005) analyzoval obsah bílkovin

u 17 druhů housenek čeledi Saturniidae (meziněž patří housenka mopanová) a zjistil obsah bílkovin, který byl v rozmezí 52-80 % v sušině.

**Tabulka 6** Množství aminokyselin (g/100g proteinu) u larev, dospělých brouků a svleček potěmnicka moučného (*Tenebrio molitor*) (Ravzanaadii et al. 2012)

Aminokyseliny (g/kg) vzorku	Larva	Dospělý brouk	Svlečky
<b>ESENCIÁLNÍ AMINOKYSELINY</b>			
Arginine	2.434	2.632	1.05
fenylalanin	1.759	1.538	0.98
Histidin	1.527	1.71	1.236
Isoleucin	3.556	3.918	1.9
Leucin	3.405	5.165	1.981
Lysin	2.906	2.227	1.009
Methionin	0.672	0.547	0.11
Threonin	1.807	2.153	1.124
Valin	2.439	3.368	2.423
<b>LIMITUJÍCÍ AMINOKYSELINY</b>			
Cystein	0.517	0.587	0.316
Tyrozín	3.46	1.635	2.036
<b>NEESENCIÁLNÍ AMINOKYSELINY</b>			
Alanin	3.685	4.786	2.815
Glycin	2.41	5.443	3.901
Kyselina asparagová	3.591	3.95	1.886
Kyselina glutamová	5.676	5.236	3.129
Prolin	3.019	3.433	2.659
Serin	2.091	2.204	2.055

Kvalita bílkovin je dána nejen sestaveným profilem aminokyselin, ale také jejich biologickou dostupností. Stravitelnost bílkovin ve střevě a tenkém střevě je považována za zásadní faktor určující kvalitu bílkovin. Longvah et al. (2011) a Manditsera et al. (2019) naznačují, že stravitelnost bílkovin jedlého hmyzu in vitro (mimo lidské tělo) byla pouze o 5 % nižší než u vysoce stravitelné syrovátky. S ohledem na celkově vysoký obsah bílkovin můžeme jedlý hmyz považovat za velice dobrý zdroj bílkovin.

### 3.2.2 Cukry

Organické látky zvané sacharidy můžeme najít především v rostlinách, kde mají významnou strukturální funkci. V těle živočichů tvoří pouze 1 % celkové hmotnosti a mají především funkci metabolickou. Slouží také jako okamžitý zdroj energie. Podle počtu jednotek v řetězci se sacharidy dělí na monosacharidy, disacharidy, tetrasacharidy nebo polysacharidy (Berg et al. 2015).

Chitin má širokou škálu využití a obvykle je získáván z mořských korýšů. V těle hmyzu je nejhodněji zastoupen v exoskeletu. Z chemického hlediska patří chitin do třídy nerozpustných polysacharidů, které se skládají ze dvou složek. N-acetylglukosaminových monomerů vázaných ve vazbách s  $\beta$ -(1-4)-N-acetyld-glukosaminem a obsahují 6-7 % dusíku (Khoushab & Yamabhai 2010). Svazky chitinových vláken obvykle interagují s proteiny, které ho mohou vázat a vytvářejí struktury vyššího řádu. (Moussian 2019). Co se týče stravitelnosti, je obecně považován za nestravitelný. Zjištění produkce chitinolytických enzymů bakteriemi v lidském trávicím traktu ovšem naznačuje, že chitin dokáže trávit i člověk. (Rumpold & Schlüter 2013). Chitinolytickým enzymům je také přisuzována schopnost odolávání při invazi plísní (Vicencio et al. 2008; Khoushab & Yamabhai 2010). Přestože je chitin silným alergenem, pro lidský organismus může být velice přínosný díky svým antimikrobiálním a antimykotickým účinkům (Hahn 2018). Chitin tedy lze navrhnout jako potenciální prebiotikum. Pro ověření je však třeba další systematický výzkum (Borrelli et al. 2017; Stull et al. 2018; Kar et al. 2021).

Jeho obsah stejně jako u ostatních živin je ovlivněn mnoha faktory. Mezi ty nejdůležitější řadíme věk a složení krmné dávky (Schlüter et al. 2017). Kulma et al. (2019) uvádějí, že množství chitinu v sušině cvrčka domácího (*Acheta domesticus*) je ovlivněno také pohlavím. Konkrétně u samců je značně vyšší (6,0 - 6,2 mg/100 g), než u samic (5,4 - 5,5 mg/100 g). S chitinem souvisí také obrana organismů proti některým parazitárním onemocněním a alergickým stavům (Finke 2007). Při fermentaci nestrávených polysacharidů pak většinou vznikají mastné kyseliny s krátkým řetězcem (SCFA), které jsou velmi důležitými biomarkery zdraví střev (Flint 2012; Macfarlane & Macfarlane 2012; De Filippis et al. 2016; Singh et al. 2017). SCFA jsou totiž spojovány se snížením střevních zánětů a zlepšením slizniční střevní bariéry (Singh et al. 2017; Zmora et al. 2019; Wolter et al. 2021). Kromě toho je konzumace vlákniny spojena se zvýšenou produkcí butyrátu a propionátu a stále více se uznává její význam pro lidské zdraví (Zmora et al. 2019; Waddell & Orfila 2022). Dalším důležitým polysacharidem hmyzu je glykogen. Ten slouží především jako zásobní zdroj energie a je uchován ve svalech a tukových buňkách (Schlüter et al. 2017).

### 3.2.3 Tuky

Svým obsahem jsou tuky druhým nejvýznamnějším nutriem zastoupeným v jedlém hmyzu. V lidském organismu plní především funkci energetické zásoby, obsaženy jsou také v buněčných membránách. Základní stavební jednotkou molekuly tuku je triacylglycerol. Ten se skládá z glycerolu a tří mastných kyselin. Podle počtu dvojných vazeb v řetězci pak mastné kyseliny dělíme na nasycené a nenasycené. Mastné kyseliny, které si organismus není schopen sám vytvářet nazýváme esenciální a patří sem arachidonová, linolenová nebo linolová kyselina a musíme je přijímat stravou. Neesenciálními pak nazýváme ty, které si je organismus schopen tvořit sám. Nasycené mastné kyseliny (SFA) najdeme hlavně v živočišných nebo tropických olejích (palmový, kokosový) (van Huis 2013). Podle počtu uhlíků mezi jejich zástupce patří máselá (C4), kapronová (C6), kaprylová (C8), laurová (C12), myristová (C14), palmitová (C16), stearová (C18), arachová (C20), behenová (C22), lignocerová (C24) a cerotová kyselina (C26). Mastné kyseliny obsažené primárně v mořských plodech a rostlinných olejích nazýváme nenasycené. Ty jsou pro lidské zdraví obecně považovány za užitečnější než nasycené mastné kyseliny. Pokud obsahují právě jednu dvojnou vazbu v řetězci označujeme je jako

mononenasyčené (MUFA). Mají-li dvojně vazby dvě a více jsou označovány jako polynenasycené (PUFA). Podle počtu uhlíků a dvojných vazeb mezi jejich zástupce patří palmitolejová (C16:1), olejová (C18:1), elaidová (C18:1), nervonová (C24:1), linolová (C18:2), linolenová (C18:3) a arachidonová kyselina (C20:4). (Voet et al. 2012; van Huis 2013).

Komerčně chovaný hmyz obsahuje vysoké množství linolové kyseliny, ale mnohem nižší množství linolenové kyseliny než hmyz ulovený ve volné přírodě. Hlavním důvodem je složení stravy (komerčně chovaného hmyzu), která často obsahuje velké množství obilovin (Jones et al. 1972; Finke 200; Oonincx et al. 2015; Dreassi et al. 2017; Oonincx et al. 2020). Kulma et al. (2019) udává, že u obou pohlaví cvrčka domácího (*Acheta domestica*) mají hlavní zastoupení palmitová, stearová, olejová a linoleová kyseliny. V sušině byl pak u samic zaznamenán vyšší obsah tuku (18,3 - 21,7 g/100 g) než u samců (12,9 - 16,1 g/100 g). U různých druhů se pak množství obsaženého tuku pohybuje v rozmezí mezi 4,6 – 73,9 g tuku na 100g sušiny larev (Bessa et al. 2020). Obecně je larvální stádium považováno za stádium s největším obsahem tuku (Rumpold & Schlüter 2013). Velký vliv na množství a složení tuku má také druhová příslušnost nebo složení krmných směsí. V těle hmyzu slouží tuk jako důležitý rezervoár energie a nalezneme ho nejvíce v blízkosti střeva (Schlüter et al. 2017). Podle Bessa et al. (2020) z analýz vyplývá, že hmyz obsahuje značné množství nenasycených mastných kyselin, srovnatelným s drůbežím masem. Zároveň je v něm vysoké zastoupení esenciálních omega-6 a omega-3 mastných kyselin. Rumpold & Schlüter (2013) popisují studii prováděnou na hmyzu shromážděném v Thajsku. Nejvyšší obsah cholesterolu se nacházel ve cvrčku domácím (*Acheta domestica*) a to 105 mg na 100 g vzorku (čerstvé hmotnosti) dále Kobylce bombajské (*Patangas succincta* Johannson, 1763) 66 mg na 100 g vzorku (čerstvé hmotnosti) a brouku z čeledi vrubounovití (*Scarabaeidae*) 56 mg na 100 g vzorku (čerstvé hmotnosti). To je v porovnání s 372 mg na 100 g čerstvého vejce více než třikrát méně.

### 3.2.4 Minerální látky

Minerální látky hrají velmi důležitou roli v biologických procesech. Jejich zastoupení v lidském organismu je sice v poměru se základními nutrienty malé, jejich počet však nikoliv. Organismem jsou přijímány prostřednictvím potravin, vody, vzduchu a dalších zdrojů životního prostředí (WHO 2007, 2009). V úvahu však musíme vzít jejich biologickou dostupnost. Ne všechny minerální látky, které přijmeme, je náš organismus schopen vstřebat a využít. Z tohoto důvodu se v posledních letech mnoho studií zaměřuje nejen na celkový obsah minerálních látek v potravinách, ale také na jejich biologickou dostupnost (Khouzam et al. 2011). Regulace množství přijímaných prvků je důležitá zejména z preventivních důvodů. Toxicita vzniká primárně nadbytečným, ale také nedostatečným příjmem a způsobuje rozsáhlé zdravotní potíže (Mir-Marques 2016). Mezi minerální látky potřebné pro člověka řadíme vápník, zinek, mangan, železo, sodík, draslík, hořčík a fosfor (da Silva Lucas et al. 2020).

Jednotlivé druhy hmyzu se svým obsahem minerálních látek výrazně liší (Van Huis 2016). Obecně může být jedlý hmyz z hlediska obsahu minerálních látek nutričně zajímavý obsahem železa, zinku, draslíku, sodíku, vápníku, fosforu, hořčíku manganu a mědi (FAO 2014). Bylo prokázáno, že hmyz obsahuje více vápníku, zinku a železa než kuřecí, vepřové nebo hovězí maso (Imathiu 2020). Průměrný obsah železa v kobyilkách je 8–20 mg/100 g

sušiny, kdežto hovězí maso železa obsahuje v sušině pouze 6 mg/100 g (van Huis et al. 2013). Larvy nosatce lískového (*Curculio nucum* Linnaeus, 1758) pak obsahují 26,5 mg Zn/100 g sušiny, přičemž hovězí maso pouze 12,5 mg Zn/100 g sušiny (Sun-Waterhouse et al. 2016). da Silva Lucas et al. (2020) v sušině (kdy sušina tvoří přibližně 30 % těla hmyzu) cvrčka domácího (*Acheta domesticus*) naměřili hodnoty vápníku v množství 132,2 - 210,0 mg/100 g, draslíku 1126,6 mg/100 g, hořčíku 80,0 - 1094,4 mg/100 g, fosforu 708,0 - 957,8 mg/100 g, sodíku 435,1 mg/100 g a železa 3,6 - 11,2 mg/100 g.

### 3.2.5 Vitaminy

Vitaminy jsou nízkomolekulární organické látky potřebné v malém množství, které fungují v lidském organismu jako biokatalyzátory biochemických reakcí, podílejí se na metabolických procesech organismu a pomáhají posilovat imunitní systém. Dělí se na vitaminy rozpustné v tucích (hydrofobní) ke kterým se řadí vitamin A, D, E, K a rozpustné ve vodě (hydrofilní), kam se řadí vitaminy skupiny B a C (Berg et al. 2015). V případě hmyzu, se obsah vitaminů u volně žijícího hmyzu může během sezony měnit (van Huis 2013).

Jedlý hmyz obsahuje množství jak hydrofilních, tak lipofilních vitaminů. Vysoké hladiny karotenoidů, včetně těch, které mohou být přeměněny na retinal, se vyskytují u různých druhů volně žijícího hmyzu (Seki et al. 1998; Cerda et al. 2001; Arnold et al. 2010; Eeva et al. 2010; Newbrey et al. 2013; Ssepuuya et al. 2017). Také se mělo dlouhou dobu za to, že hmyz obsahuje pouze nízké množství vitaminu D (obvykle <400 IU/kg sušiny) (Finke 2002, Oonincx et al. 2010; Finke 2013). Údaje ze tří druhů ulovených ve volné přírodě však ukázaly vysokou variabilitu jeho koncentrací s hodnotami od 100 IU vitaminu D<sub>3</sub>/kg sušiny až po 1288 IU vitaminu D<sub>3</sub>/kg sušiny (Finke 2015). Nedávno bylo zjištěno, že některé druhy hmyzu mohou syntetizovat vitamin D<sub>3</sub> de novo, pokud jsou vystaveny UV-B záření (Oonincx et al. 2018). Ačkoli se obsah vitaminu E u jednotlivých druhů liší ve většině komerčně chovaného hmyzu je nižší než 37 IU/kg sušiny (Barker et al., 1998; Finke, 2002; Oonincx & Dierenfeld, 2011). Volně žijící hmyz obsahuje vyšší množství vitaminu E než komerčně chovaný hmyz, kterému je často poskytována strava s nízkým obsahem vitaminu E (Pennino et al. 1991; Punzo 2003).

U několika druhů hmyzu byl prokázán obsah relativně vysokého množství vitaminů B-komplexu (riboflavinu, pantotenová kyselina a biotinu) (Rumpold & Schlüter 2013). Koncentrace vitaminu C je poměrně nízká (Finke et al. 2014). de Silva Lucas et al. (2020) stanovili v sušině cvrčka domácího (*Acheta domesticus*) vitamin C (askorbová kyselina) 9,5 mg/100 g, vitamin B<sub>9</sub> (listová kyselina) 0,5 mg/100 g, vitamin B<sub>1</sub> (tiamin) 0,1 mg/100 g, vitamin B<sub>2</sub> (riboflavin) 11,1 mg/100 g a vitamin B<sub>3</sub> (niacin) 12,6 mg/100 g. Podle Van Huise (2013) cvrček domácí (*Acheta domesticus*) obsahuje vitamin B<sub>12</sub> u nymf v množství 8,7 µg/100 g a u dospělců 5,4 µg/100 g. Zde je však nutné zmínit, že dle nejnovějších výzkumů je podstatná část vitaminu B<sub>12</sub> tvořena tzv. pseudovitaminem, který je pro lidský organismus nevyužitelný (Schmidt et al. 2019). Zamudio-Flores et al. (2019) uvádí, že hladiny vitaminů A, C, D a E se v průběhu vývoje zvyšují. Zielinska et al. (2015) dospěli k závěru, že konzumace jedlého hmyzu je díky jejich složení prospěšná.

### 3.3 Kulinární úprava jedlého hmyzu

Zatímco u některých druhů jedlého hmyzu, jako jsou kobylky a sarančata, je nutné před konzumací odstranit nohy a křídla, mnoho druhů jedlého hmyzu lze konzumovat vcelku, ale lze je také zpracovat na prášek nebo pastu (Takeda & Sato 1993; Vantomme et al. 2004).

Například v Zambii se housenky sbírají, třídí a poté se vaří nad žhavým uhlím, dokud se nespálí krovky a housenky neztvrdnou. Poté se suší na slunci, aby byly křupavé, a pak se zabalí do pytlů nebo jiných materiálů (Mbata et al. 2002). Keňští výrobci zpracovávají termity a jezerní mušky na běžně konzumované potraviny, jako jsou krekry, muffiny, klobásy a sekaná (Ayieko et al. 2010). Pro nizozemský potravinářský trh byl vytvořen teplý mexický výrobek z cizrny a moučných červů (van Huis et al. 2012). V Evropě vznikla horká pochutina z moučných červů a tapioky (van Huis et al. 2013). Dalším zajímavým produktem z jedlého hmyzu je čiroková kaše s vysokým obsahem bílkovin, známá jako SOR-Mite, která získala nejvyšší ocenění v soutěži Institutu potravinářských technologií za „řešení pro rozvojové země“. (Shockley et al. 2018).

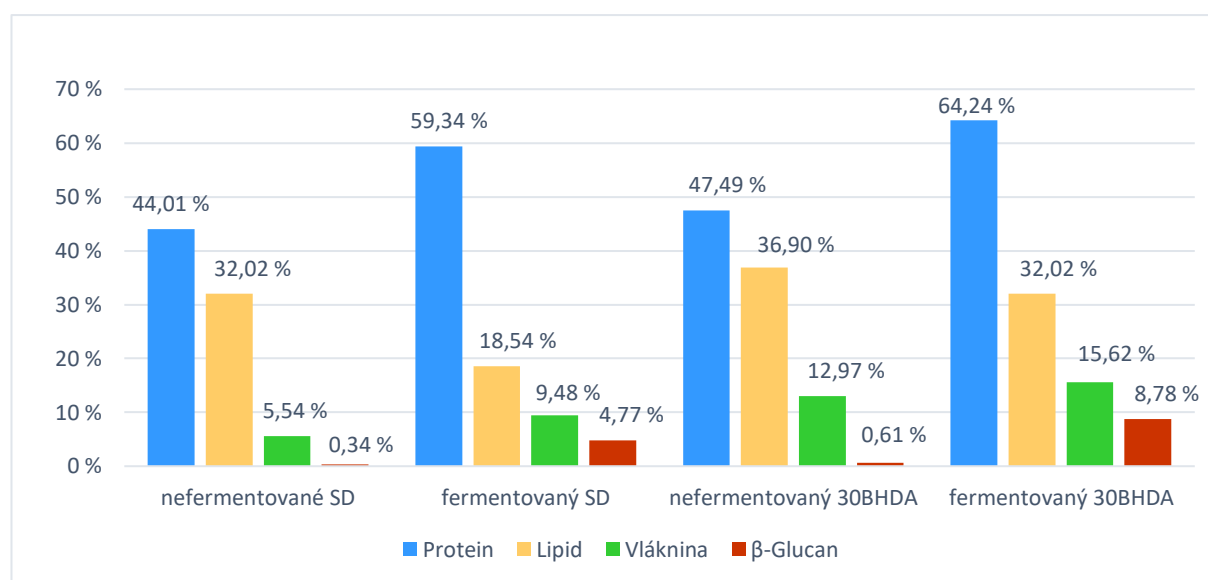
#### 3.3.1 Druhy technologické úpravy jedlého hmyzu

Stejně jako u jiných tradičních pokrmů je i v tomto případě zásadní příprava a skladování. Aby spotřebitelé hmyz a výrobky z hmyzu lépe přijímali a aby se prodloužila jejich trvanlivost, byly zkoumány různé techniky zpracování a způsoby skladování. Tyto technologie zahrnují několik tradičních technik vaření (vaření v páře, pečení, uzení, smažení a dušení), blanširování (Marshall et al. 2016), sušení (sušení na slunci, lyofilizaci, sušení v sušárně nebo sušení ve fluidních sušárnách) (Zhao et al. 2016). Každá technologie vytváří produkty s různými sensorickými vlastnostmi, nutričními atributy a zlepšuje jejich trvanlivost (Kouřimská & Adámková 2016). Dále se při zpracování hmyzu uplatňují nové metody zpracování včetně extrakce za pomoci ultrazvuku (Panja 2018; Sun 2018; Mishyna et al. 2019), plazmy, atmosférického tlaku (Bußler 2016), superkritická fluidní extrakce CO<sub>2</sub> (Purschke et al. 2017) nebo enzymatická hydrolýza (Purschke et al. 2018).

Murefu et al. (2019) udává, že nejoblíbenější technikou zpracování jedlého hmyzu je sušení v kombinaci s vařením a blanširováním. Dalšími technikami zpracování jedlého hmyzu jsou fermentace a uzení, tyto techniky jsou však podle průzkumů velmi málo využívány. Mezi další techniky patří mletí sušeného hmyzu, pražení a smažení. Obecně lze konstatovat, že techniky zpracování jsou často kombinovány a jejich oblíbenost se celosvětově liší. To lze porovnat s průzkumem Adeoye et al. (2014) zaměřeným na metody používané k úpravě jedlého hmyzu ve státě Lagos. Zde je nejoblíbenější technikou úpravy pražení 62 %, následuje smažení 28 % a vaření 7 %.

V současné době jsou také prováděny výzkumy s využitím biotechnologie. Cílem je vývoj nových produktů na bázi hmyzu (Kewuyemi et al. 2020). Výsledky v Grafu 1 Ha et al. (2022) ukázaly, že larvy *Tenebrio molitor* byly (sušené na slunci nebo 30 minut vařené a sušené horkým vzduchem) biotechnologicky zpracované za pomoci mikroskopické houby *Cordyceps militaris*. Následně měly zvýšený celkový obsah bílkovin, hrubé vlákniny a  $\beta$ -glukanů. V případě sušení na slunci (shade dried, SD) také došlo k výraznému snížení obsahu tuků. Vzorky 30 minut vařené a sušené horkým vzduchem (30 minits boild then hot air dried, 30BHAD) měly výrazně vyšší obsah  $\beta$ -glukanů.

**Graf 1** Srovnání obsahu nutričních složek mezi biotechnologicky zpracovanými a nezpracovanými vzorky (Ha et al. 2022)



Aby hmyz přesvědčil i ty nejskeptičtější spotřebitele, je nutné jej zpracovat do nepoznatelné podoby. Z tohoto pohledu je nejlepší hmyz rozmačkat a vyrobit z něj pastu. Z té následně (po sušení a mletí) vyrobit moučku. S přidavkem hmyzí moučky se dále vyrábí potraviny jako chipsy, chléb, těstoviny a další. Možná je také výroba olejů, nápojů a cukrovinek. Řada podniků v současné době pracuje na extrakci a restrukturalizaci hmyzích bílkovin do podoby tradičních potravinářských složek. Jedná se především o rozpustné bílkovinné prášky sloužící k výrobě nápoje nebo hmyzí náhražky masa (Shockley et al. 2018).

Můžeme tak zaznamenat dva hlavní směry výzkumů. První z nich chce přispět výsledky v oblasti obohacování výrobků jako jsou koláče, chléb, těstoviny a sušenky (Akande et al. 2020; Cappelli & Cini 2021; Kowalski et al. 2022). Druhý směr zabývající se reformulací masných výrobků za použití jedlého hmyzu se zaměřuje především na náhradu masných bílkovin hmyzími bílkovinami, a to buď ve formě celých nebo odtučněných těl, moučky nebo bílkovinných koncentrátů. Larvální stadium moučného červa (*Tenebrio molitor*) bylo pro tento účel podrobně studováno a je velmi vhodné pro průmyslovou výrobu. Díky vysoké nutriční hodnotě (53,10 % bílkovin, 36,7 % lipidů a 5,1 % vlákniny) a nenáročnosti (EFSA 2021).



### 3.3.2 Vliv technologického zpracování na nutriční hodnoty

Hmyz používaný pro potravinářské účely lze zpracovat tak, aby se snížila jeho mikrobiální zátěž i chemická rizika. Žádoucí je také zlepšení nutričních vlastností (Nyangena et al. 2020).

#### 3.3.2.1 Vliv technologického zpracování na stravitelnost bílkovin

Nyangena et al. (2020) provedli výzkum na *Hermetia illucens*, *Acheta domesticus*, (*Ruspolia differens* Serville, 1786 a *Spodoptera littoralis* Biosduval, 1833). Z výsledků vyplývá, že vaření zvýšilo obsah bílkovin o 8,9-11 %, opékání o 13-22 %, sušení v peci o 1,2-7,1 %. Nejmenší vliv mělo sušení na slunci, kde došlo k navýšení bílkovin pouze o 1,5-3,5 %. Podle Vandeweyer et al. (2018) je zvýšení obsahu bílkovin závislé na obsahu vody. Na ten má pak největší vliv vaření, kde se obsah vody zvyšuje průměrně o (10-18 %). Důležitým faktorem je také stravitelnost. Ta je v případě bílkovin jedlého hmyzu ovlivněna způsobem a technikou dané úpravy (Nyangena et al. 2020). Kinyuru et al. (2010) zaznamenali významně sníženou stravitelnost bílkovin opékaných a sušených kobylek. U opékaných a sušených termitů však k významným změnám ve stravitelnosti bílkovin nedošlo. Zielińska et al (2015) zase zaznamenali vyšší stupeň hydrolýzy u pečených dospělců cvrčka krátkokřídlého (*Grylloides sigillatus* Wallker, 1869) než u vařených a syrových úprav. Megido et al. (2018) pak zjistili, že pečení moučných červů v troubě nebo vaření ve vroucí vodě výrazně zvyšuje stravitelnost jejich bílkovin.

Manditsera et al. (2019) zkoumali vliv domácího zpracování (vaření, pražení nebo jejich kombinaci) na stravitelnost bílkovin volně žijícího hmyzu – brouka *Eulepida mashona* Arrow, 1902 a cvrčka *Henicus whellani* Chopard, 1950. Vaření a pražení snížilo stravitelnost bílkovin *Henicus whellani*, zatímco samotné pražení nebo 30minutové vaření nemělo na stravitelnost bílkovin žádný vliv. Při hodnocení na potkanech pomocí trávení in vivo Longvah et al. (2011) zjistili, že kukly bource morušového (*Samia ricini*) sušené horkým vzduchem mají velmi vysokou stravitelnost bílkovin (87 %).

Zpracování za vysokých tlaků a teplot snižuje dostupnost aminokyselin a kvalitu bílkovin (Batterham et al. 1986). Stejně tak sušené housenky mopanové (*Gonimbrasia belina*) vystavené vysokým teplotám během konzervování mají mírně sníženou stravitelnost bílkovin ve srovnání s těmi, které nebyly konzervovány (83,9 a 85,8 %) (Dreyer & Wehmeyer 1982). Jensen et al. (2019) provedli pokusy na potkanech a uvádějí, že sušení mrazem, sušení ve vakuu při nízkých (40 °C) nebo vyšších (120-160 °C) teplotách, průmyslové sušení, odtučňování, extruze nebo přidání směsi enzymů do krmiva se stravitelnost bílkovin ani biologická hodnota larev moučných červů nemění.

#### 3.3.2.2 Vliv technologického zpracování na vlákninu

Hrubá vláknina se zvyšuje nebo snižuje v závislosti na způsobu zpracování a druhu hmyzu. U *Spodoptera littoralis* vaření obsah vlákniny snižuje (7,6-8,7 %), zatímco opékání jej zvyšuje (1,2-22 %). Podobné výsledky byly zaznamenány i u vařených a pražených červů mopanových (Nyangena et al. 2020). Zahříváním se také mění poměr rozpustné a nerozpustné

vlákniny (Dhingra et al. 2012). Snížení obsahu vlákniny při vaření bylo pravděpodobně způsobeno tím, že se část komplexních sacharidů rozpustila (Kutoš et al. 2003). Naproti tomu opékání tyto polysacharidy koncentrovalo (zejména při současném úbytku tuku). Sušení pak na rozdíl od vaření a opékání nemá vliv na obsah hrubé vlákniny (Dhingra et al. 2012).

### 3.3.2.3 Vliv technologického zpracování na tuky

Vzhledem k tomu, že se tuk při tepelné úpravě odpařuje společně s vodní párou nebo oxiduje, má pečený, vařený nebo sušený hmyz méně tuku než syrový. Při porovnávání standardních metod zpracování byly použity prepupa (larvální stádium před zakuklením) *Hermetica illucens*, *Acheta domesticus*, *Ruspolia differens* a *Spodoptera littoralis*. Výsledky odhalily snížený obsah tuku o 2-51 % a následně vyšší obsah hrubých bílkovin o 1,2-22 %. Nejvyšší úbytek tuku byl zaznamenán u *Hermetica illucens* za použití pečení a nejnižší pak u *Spodoptera littoralis* za použití sušení na slunci (Nyangena et al. 2020). U smaženého hmyzu se obsah tuku zvyšuje, protože hmyz absorbuje tuk z oleje na vaření. Tím se mění i profily mastných kyselin (Santos Oliveira et al. 1976). Ssepuuya et al. (2020) při samostatném zkoumání hlavních účinků různých druhů technologického zpracování hmyzu zjistili, že se obsah tuku snížil o 42,0 %, 15,0 %, 6,1 % a 2,7 % při opékání, vaření, sušení v troubě a sušení na slunci. Úbytek tuku pozitivně koreloval s obsahem tuku v syrovém hmyzu. Snížení obsahu PUFA (alfa linolenové kyseliny, alfa linolové kyseliny, eikosahaxaenové kyseliny a dokosahexaenové kyseliny) a MUFA (olejové kyseliny) během tepelného opracování je pak důsledkem oxidace tuků.

### 3.3.2.4 Vliv technologického zpracování na minerální látky

Dle výzkumu Manditsera et al. (2019) se procento biologické dostupnosti různých minerálních látek lišilo v závislosti na úpravě a druhu hmyzu. Tato zjištění naznačují, že biologická dostupnost minerálních látek v jedlém hmyzu může být ovlivněna morfologickou strukturou hmyzu, typem minerální látky a způsobem přípravy. Larvy bource morušového (*Bombyx mori*) sušené v rotační sušárně (120 °C po dobu 1 hodiny), ve vakuové sušárně (60 °C po dobu 24 hodin) a v lyofilizátoru byly testovány na biologickou přístupnost zinku. Výsledky uvádějí, že vzorky sušené ve vakuu nebo v lyofilizátoru stejně jako v sušárně, ztratily během trávení in vitro až 60 %, resp. 80 % celkového zinku (Kröncke et al. 2019). Minerální látky jsou sice méně citlivé na podmínky, způsob vaření však jejich obsah ovlivňuje, protože zde dochází k jejich vyluhování. Z výsledků výzkumu Manditsera et al. (2019) vyplývá, že vaření významně snižuje obsah biologicky přístupného Fe, Mg, P, S a Zn v broucích (*Eulepida mashona*). Na obsah Ca, Cu, Mn a Na nemá žádný vliv. Pražení má vliv pouze na obsah síry. Na obsah biologicky přístupného železa u cvrčků (*Henicus whellani*) pak nemá významný vliv vaření ani pražení. Začlenění jedlého hmyzu do potravin může nutričně zlepšit složení potravinářských výrobků. Se zvyšujícím se podílem termitů (*Macrotermes bellisicosus*) moučky bylo zjištěno významné zvýšení obsahu minerálních látek (Ca, Fe, Mn, Cu, K, Na, Zn, P a Mg) a všech esenciálních aminokyselin. Přídavek termitů moučky v množství 5, 10 a 15 % zvýšil in vitro stravitelnost sušenek o 8,95, 17,9 a 23,8 % (Awobusuyi et al. 2020). U syrových brouků (*Eulepida mashona*) byl obsah biologicky přístupného železa (7,41 mg/100 g sušiny) ve

vzorcích cvrčků (*Henicus whellani*) byl obsah železa (4,21 mg/100 mg sušiny) (Manditsera et al. 2019). Jedlý hmyz je bohatý na minerální látky včetně mědi, železa, selenu, zinku, hořčíku, manganu, fosforu, ale také vitaminů, jako je biotin, roboflavin, kyselina pantetonová a kyselina listová (Rumpold & Schlüter 2013).

### 3.3.2.5 Vliv technologického zpracování na antinutriční látky

V úvahu musíme vzít také existenci několika antinutričních složek (jako jsou oxaláty, třísloviny, alkaloidy, fytáty a saponiny), které mohou ovlivnit trávení bílkovin a vstřebávání minerálních látek, a tím snížit jejich biologickou dostupnost. Kunatsa et al. (2020) uvedli obsah oxalátů, tříslovin, alkaloidů a saponinů v jedlém hmyzu (*Henicu whellani* a *Macrotermes facilger* Holmgren, 1910). Autoři uváděli extrémně vysoké až nereálné hodnoty (například *Henicu whellani* měl 15,5, 52,3, 53,3 a 9,3 na g/100 g flavonoidů, alkaloidů, saponinů a oxalátů). Reálnější hodnoty uvedli Musundire et al (2014) pro *Henicu whellani*, kteří uvádějí 9,3, 1,7, 5,3 a 5,2 mg/100 g oxalátů, tříslovin, saponinů a alkaloidů. Nižší obsah oxalátů (0,5-2,3 mg/100 g) pak mají termití moučky (Ntukuyoh et al. 2012). Podle Sailo et al. (2020) patří mezi nejčastěji obsažené antinutriční látky v jedlém hmyzu taniny, fytáty, oxaláty a fenoly. Různé formy zpracování hmyzu mohou vést k tvorbě různých antinutričních a toxických látek (Friedman 1996). Většina studií uvádějících biologickou dostupnost a stravitelnost jedlého hmyzu nezohledňovala antinutriční sloučeniny, a tak celkový obraz vzájemného působení živin a antinutrientů není jasný a budoucí výzkum by se měl zaměřit na poskytnutí vyvážených údajů pro lepší hodnocení nutriční kvality jedlého hmyzu.

### 3.3.3 Vliv technologického zpracování na senzorické vlastnosti

Senzorické faktory (vůně, chuť a texturní vlastnosti) jsou neodmyslitelnou součástí vnímání a ochoty vyzkoušet konzumaci hmyzu (Wilkinson et al. 2018). Chuť, vůně i struktura je pak do značné míry ovlivněna druhem hmyzu, jeho vývojovým stádiem a v neposlední řadě také způsobem zpracování (Mishyna et al. 2020). Obecně je chuť hmyzu popisována jako jemná a oříšková (Ruby et al. 2015).

#### 3.3.3.1 Vliv technologického zpracování na chuť

Larvy a kukly pestřenek (*Syrphidae* Latreille, 1802) se v mnoha oblastech Číny konzumují připravené vařením, smažením nebo pečením (Jensen et al. 2016). Jejich chuť může výrazně ovlivnit nejen způsobem vaření, ale také přidavek dalších látek, jako je sůl, cukr nebo sójová omáčka (Ruby et al. 2015). Úprava včelích larev (vařením v páře, dušením nebo pošírováním), má tendenci zvýraznit bylinné, rostlinné a ořechové tóny, čímž dokresluje jinak celkově jemnou chuť. Ohřev na sucho (v důsledku Maillardovy reakce) zase zvýrazňuje "masovou", "slaninovou", "játrovou" a "houbovou" chuť. (Jensen et al. 2016). Termit (*Macrotermes nigeriensis* Holmgren, 1910) se v Nigérii a některých afrických zemích konzumuje jako pochoutka po mírném osmažení nebo opečení, které mu dodá oříškovou chuť (Igwe et al. 2011). Společnost Thailand Unique (Thajsko) vyrábí dehydratované jedlé termití larvy, popisuje je jako jídlo lahodné oříškové chuti a doporučuje je jíst jako svačinu ochucenou

sójovou omáčkou, chilli a pepřem nebo citronovou trávou. V Indii se termity smaží samotní nebo s arašídami, s přísadou cizrny, pufované rýže, soli a kořením, které zvýrazní jejich chuť (Wilsonand 2005). Velcí dospělí brouci z čeledí Scarabaeidae, Lucanidae, Cerambycidae, Buprestidae, Dytiscidae a Chrysomelidae se obvykle konzumují pečenými. Jejich střeva mají hořkou chuť, spolu s nohama a tvrdými částmi těla se před konzumací odstraňují (Durst et al. 2010). Lang (1993) poznamenal, že smažené kořeněné kobyly chutnají jako sardinky a mají dominantní sladkou sójovou chuť.

### 3.3.3.2 Vliv technologického zpracování na texturu

Obecně se textura hmyzu pohybuje od křupavé po měkkou (Ruby et al. 2015). Nejvýraznější vliv na texturu má hmyz s tvrdým exoskeletem (cvrčci, kobyly) (Wang & Shelomi 2017). Proto se doporučuje některé části hmyzu, například nohy a křídla kobylek a sarančat, před konzumací odstranit kvůli riziku střevní zácpy (van Huis et al. 2013). U druhů hmyzu s měkkým exoskeletem nebývá texturní vliv příliš markantní (Wang & Shelomi 2017). Strukturu hmyzu lze upravit způsobem zpracování. Například zahřátí včelího plodu za mokra při vhodné teplotě vede k jemné koagulaci bílkovin, čímž se získá baculatá a měkká, ale pevná struktura plodu, zatímco při rychlém napařování nebo vaření se struktura stane tvrdou a zrnitou. Kukly včely medonosné (*Apis mellifera*) mají žvýkavou texturu, zatímco larvy mají křehčí pokožku, díky které mají texturu jemnější (Jensen et al. 2016). Larvy vos, kobyly z rýžových polí a cikády (konzumované především v Japonsku, zejména v oblasti japonských Alp) byly za potravu považovány již od starověku. Textura cikád je označována jako suchá a křupavá. Kobyly zase jako křupavé a žvýkavé. Larvy bource morušového mají být šřavnaté a poněkud žvýkavé (Pemberton & Yamasaki 1995). Místní obyvatelé na Borneu opékají hnědé a zelené cikády (*Orientopsaltria* spp.) a světle zelené cikády (*Dundubia* spp.) na otevřeném ohni, čímž získají křupavou strukturu. Místním obyvatelům tato úprava velice chutná (Durst et al. 2010). Podle čtyřtýdenní studie Homanna et al (2017) s cílem posoudit přijatelnost a vhodnost sušenek obsahujících jedlý hmyz (z 10 %) pro programy školního stravování v Keni. Důvodem je skutečnost, že keňské děti jsou ohroženy podvýživou a sušené mléko je drahé a nevyrábí se lokálně. Organoleptické vlastnosti obohacených sušenek hodnoceny nadprůměrně, ale ve většině aspektů byly hodnoty stále nižší než u běžně konzumovaných sušenek. Je-li hmyzí bílkovina vystavena teplu, dochází k její denaturaci, což může v důsledku zapříčinit špatnou rozpustnost, rehydratační vlastnosti a texturní vlastnosti finálních výrobků (Kim et al. 2022). Velký vliv na vnímání textury má také očekávání. Například lidé, kteří očekávali křupavou texturu moučných červů, hodnotili tuto texturu pozitivně, zatímco ti, kteří očekávali texturu podobnou masu, hodnotili moučné červy negativně (Tan et al. 2015).

### 3.3.3.3 Vliv technologického zpracování na vůni

V Thajsku používají samce potápníků (*Lethocerus indicus* Lepeletier & Serville, 1825) jako "aromatickou" složku thajské chilli pasty a jako přísadu do některých druhů rybí omáčky. Výrazné aroma je způsobeno obsahem sloučenin síry (3-sulfanylhexyl acetát a 3-sulfanyl-1-hexanol). U zmražených, čerstvých, solených nebo vařených samců potápníka bylo zjištěno 20 a 27 silných odorantů (intenzivně páchnoucí organická chemická látka),

přičemž většinu pachových látek tvořily sloučeniny odvozené od lipidů, které jsou zodpovědné za ananasové, ovocné (zelené jablko, banán) a květinové tóny. Studie vůně prokázaly (E)-2-hexenylacetát jako důležitý odorant ovlivňující charakter vůně (Kiatbenjakul et al. 2015). Ploštice (*Heteroptera Latreille*, 1810) se v Jižní Africe konzumují po odstranění hlavy a pachových žláz, aby se odstranily obranné chemické látky hmyzu. Pokud nedojde k úplnému odstranění páchnoucích látek, ploštice mají chilli příchuť (Dzerefos et al. 2013). Podle Ribeira et al. (2022) má přídavek moučných červů do cereálních tyčinek vliv na vůni která připomíná banán. Další studie pak uvádí, že hmyzí tuk jakož to hlavní nositel chuti a vůně není příliš žádoucí. Způsobuje totiž nepříjemnou pachů a žluklou vůni (Cheseto et al. 2020; Delicato et al. 2020). Za tyto nežádoucí pachové/chuťové vlastnosti může být zodpovědná oxidace lipidů. Na tu mají velký vliv také použité metody sušení. Například mikrovlnné trouby způsobují nižší oxidaci tuků než jiné techniky sušení (sušení v sušárně nebo sušení mrazem) (Lenaerts et al. 2018; Mancini et al. 2021).

### 3.3.3.4 Senzorické vlastnosti hmyzu jako náhrady masa

Bylo prokázáno, že přídavek hmyzích bílkovin zvyšuje stabilitu masových emulzí a snižuje ztráty při vaření. Studie ukazují značné a rozporuplné rozdíly v texturních parametrech těchto výrobků ve srovnání s tradičně vyrobenými produkty. Podle výzkumu Schollierse et al. (2020) přidání většího množství hmyzu do uzenin z vařeného masa způsobuje zhoršení jejich texturních vlastností. Při zjišťování texturního profilu Choi et al (2017) zjistili, že párky s přídavkem moučných červů měli horší pevnost a hůře se žvýkali. Kim et al. (2016, 2017) naopak zjistili, že salámy obsahující hmyzí moučku měly pevnější strukturu a byly lépe žvýkatelné. Pružnost byla mírně snížena a tuhost nebyla ovlivněna. Scholliers et al. (2020) mají hypotézu, která by mohla pomoci vysvětlit rozporuplné výsledky. Složení hybridního masného výrobku a funkčnost hmyzí bílkoviny by mohly být ovlivněny formou začlenění této nové složky ve výše zmíněných studiích (čerstvé, sušené larvy nebo odtučněná a hydrolyzovaná moučka). To může ovlivnit texturní vlastnosti. Kromě toho je třeba vzít v úvahu použitou strategii změny složení. Masné výrobky mohou být buď obohaceny (maso s přídavkem hmyzích bílkovin), nebo může být libové maso nahrazeno úplně. Všechny studie pak prokázaly zhoršení texturních vlastností se zvyšující se koncentrací jedlého hmyzu bez ohledu na použité druhy hmyzu (Smetana et al. 2018; Kiiru et al. 2020; Cho & Ryu 2021; Walkowiak et al. 2021; Kim et al. 2022), což naznačuje, že zařazení jedlého hmyzu vede k oslabení vnitřních vazeb výrobků. Jak Smetana et al (2019), tak Kim et al (2022) se shodli, že nejlepších výsledků (žádoucí texturu pro lidskou spotřebu) bylo dosaženo složením 40 % hmyzích a 60 % rostlinných bílkovin.

Se zvyšujícím se obsahem moučných červů se zvyšovalo kladné hodnocení chuti, vůně a celkové přijatelnosti masa. Naproti tomu u charakteristik barvy a textury byly výsledky horší. Podle výzkumu Choi et al. (2017) se párky s přídavkem do 10 % moučných červů z hlediska celkové přijatelnosti, chuti a textury významně nelišily od kontrolních vzorků. Na závěr lze říci, že převážná většina výzkumů zjistila, že přidání této nové složky do masných výrobků nemůže překročit 10 %, aniž by nedošlo k nepříznivým změnám. Pro zařazení vyššího procenta hmyzu je tedy zapotřebí inovativních a lepších metod (Borges et al. 2022).

### 3.3.3.5 Senzorické vlastnosti hmyzu v pekárenském průmyslu

Jedlý hmyz se používá také jako přísada do pekařských výrobků, a to z mnoha různých důvodů. Mezi ty hlavní řadíme především zvýšení obsahu bílkovin a vlákniny (Skendi et al. 1997) nebo požadavek na odlišnost sensorických vlastností (Mancini et al. 2022). Hmyzí moučky tak v posledních letech vzbudily zvýšený zájem. Její použití se uplatňuje u výrobků jako jsou chléb (Kowalski et al. 2022), sušenky (Yazici & Ozer 2021), muffiny (Zielińska et al. 2021), koláče (Çabuk 2021) a další (nejčastěji extrudované) pochutiny (Ramírez-Rivera et al. 2021). I tady má však využití jedlého hmyzu své překážky. Tou hlavní, která brání použití velkého množství hmyzí moučky jako součásti potravin, jsou sensorické vlastnosti a neofobie (Yazici & Ozer 2021). Obecně platí, že přídavek hmyzích mouček do chlebových receptur vede k tmavší barvě a výrazné vůni, což často negativně ovlivňuje přijetí výrobku spotřebiteli. Kromě toho, hmyzí moučka postrádá lepek, který ovlivňuje texturu konečného výrobku (soudržnost, tvrdost, pružnost a žvýkatelnost). Použití je proto možné pouze do určité míry (Borges et al. 2022).

Podle Kowalskiho et al. (2022) je přípustné nahradit pšeničnou mouku v chlebu moučkou moučného červa (*Tenebrio molitor*), potemníka stájového (*Alphitobius diaperinus*) a cvrčka domácího (*Acheta domestica*) pouze z 10 %. Přídavkem 15 % moučky kobyly luční (*Locusta migratoria*) nebo moučného červa (*Tenebrio molitor*), do muffinů bohatých na bílkoviny bylo podle Çabuk (2021) zjištěno nižší skóre sensorické přijatelnosti. To poukazuje na fakt, že tradiční spotřebitelé větší množství přídavku hmyzu netolerují. Podle analýzy Yaziciho & Ozera (2021) byly podobné výsledky zaznamenány i u sušenek, keksů a krekrů, při jejichž výrobě lze použít až o 25 % méně obilné mouky. Číslo spotřebitelů uvědomujících si kvalitu hmyzích výrobků však stále roste (Borges et al. 2022).

## 4 Závěr

Zařazení jedlého hmyzu do lidské stravy má prospěšný vliv jak na lidské zdraví, tak potenciálně i na životní prostředí. Úplné či částečné nahrazení živočišných nebo rostlinných zdrojů potravin jedlým hmyzem šetří přírodní zdroje, jako je půda nebo voda a také snižuje emise skleníkových plynů.

Díky svému složení může jedlý hmyz přispět k řešení otázky potravinové bezpečnosti na celém světě. Obsahuje totiž dostatečné množství esenciálních aminokyselin, nenasycených mastných kyselin, vlákniny, vitaminů (především skupiny B a to včetně vitaminu B<sub>12</sub>) a minerálních látek (především železa, zinku a vápníku). V lidské stravě tak může představovat alternativu živočišných i rostlinných potravin. Nahradit by mohl především maso a masné výrobky. Svým nutričním složením má pak konzumace jedlého hmyzu příznivý vliv na zažívací trakt i imunitní systém. Snižuje riziko bakteriální infekce i chronický zánět. Působí tak preventivně proti rakovinotvorným a kardiovaskulárním onemocněním. I přes velké množství benefitů spojených s jedlým hmyzem je třeba dalších výzkumů, aby se popsala či vyvrátila případná rizika spojená s jeho konzumací. Za účelem snížení chemické a mikrobiální kontaminace, ale také zlepšení jeho nutričních vlastností, je hmyz různě technologicky upravován.

Z výsledků rešerše vyplívá, že při úpravě hmyzu metodami jako je vaření, opékání, sušení v peci nebo na slunci se celkový obsah bílkovin zvyšuje. Co se ale jejich stravitelnosti týče výsledky se u jednotlivých druhů hmyzu liší. Obsah hrubé vlákniny se pak snižuje vařením. Opékání její obsah naopak zvyšuje a sušení na vlákninu nemá vliv téměř žádný. Pečený, vařený či sušený hmyz obsahuje méně tuku než hmyz syrový. Smažením se obsah tuku z důvodu absorpce zvyšuje. Obsah minerálních látek se v jednotlivých druzích hmyzu podstatně liší, stejně tak mají i různé úpravy různý vliv na obsah jednotlivých minerálních látek. Vzájemné působení živin a antinutričních látek pak z výzkumů není příliš patrné. Tomuto tématu je tedy potřeba věnovat další výzkum.

Vliv technologického zpracování na senzorycké vlastnosti jedlého hmyzu je subjektivní záležitostí. I přes to lze obecně tvrdit, že tepelná úprava v podobě vaření, dušení, smažení, opékání nebo dehydratace ovlivňuje chuťové parametry jedlého hmyzu. Textura je technologickou úpravou také ovlivněna, její vliv se ale s ohledem na druh a vývojové stádium hmyzu často liší. Stejně tak je tomu u vůně. Ta je velmi často vnímána negativně. Přídavek nejčastěji hmyzích mouček či past do masných nebo pekařských výrobků má příznivý vliv na jejich nutriční složení. Pro snahu zachování senzoryckých vlastností původních výrobků je však přídavek hmyzu žádoucí pouze v omezené míře.

## 5 Literatura

- Ademolu, K.O., Idowu, A.B. & Olatunde, G.O., 2010. Nutritional value assessment of variegated grasshopper, *Zonocerus variegatus* (L.) (Acridoidea: Pygomorphidae), during post-embryonic development. *African Entomology*, **18(2)**:360–364.
- Adeoye, O.T., Alebiosu, B.I., Akinyemi, O.D. and Adeniran, O.A., 2014. Socio economic analysis of forest edible insects species consumed and its role in the livelihood of people in Lagos State. *Food Stud*, **3**:104.
- Akande, A.O., Jolayemi, O.S., Adelugba, V.A. and Akande, S.T., 2020. Silkworm pupae (*Bombyx mori*) and locusts as alternative protein sources for high-energy biscuits. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, **23(1)**:234-241.
- Arnold, K.E., Ramsay, S.L., Henderson, L. and Larcombe, S., 2010. Seasonal variation in diet quality: antioxidants, invertebrates and blue tits *Cyanistes caeruleus*. *Biological Journal of the Linnean Society* **99**:708-717.
- Awobusuyi, T.D., Siwela, M. and Pillay, K., 2020. Sorghum–insect composites for healthier cookies: nutritional, functional, and technological evaluation. *Foods*, **9(10)**:1427.
- Ayieko, M., Oriaro, V. and Nyambuga, I.A., 2010. Processed products of termites and lake flies: improving entomophagy for food security within the Lake Victoria region. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, **10(2)**.
- Barker, D., Fitzpatrick, M.P. and Dierenfeld, E.S., 1998. Nutrient composition of selected whole invertebrates. *Zoo Biology* **17**:123-134
- Batterham, E.S., Darnell, R.E., Herbert, L.S. and Major, E.J., 1986. Effect of pressure and temperature on the availability of lysine in meat and bone meal as determined by slope-ratio assays with growing pigs, rats and chicks and by chemical techniques. *British Journal of Nutrition* **55**:441-453.
- Bednářová M., Borkovcová M., Mlček J., Rop O., Zeman L., 2013. Edible insects — species suitable for entomophagy under condition of Czech Republic, *Acta Univ. Agric. Silvic. Mendelianae Brun.* **61**:587–593.
- Bednářová, M., Borkovcová, M. and Komprda, T., 2014. Purine derivate content and amino acid profile in larval stages of three edible insects. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **94(1)**:71-76.
- Belluco, S., Mantovani, A. and Ricci, A., 2018. Edible insects in a food safety perspective. *Edible insects in sustainable food systems*, 109-126.
- Berg MJ, Tymoczko JL, Gatto GL, Stryer L. 2015. *Biochemistry* 8th Edition. W. H. Freeman & Company. 1232.
- Bessa, L.W., Pieterse, E., Sigge, G. and Hoffman, L.C., 2020. Insects as human food; from farm to fork. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **100(14)**:5017-5022.



- Bezpečnost potravin. 2022. Hmyz: Informace o uvedení hmyzu jako nové potraviny na trh. Ministerstvo zemědělství, Praha. Available from <https://www.bezpecnostpotravin.cz/kategorie/hmyz.aspx> (accessed february 2023).
- Borges, M.M., da Costa, D.V., Trombete, F.M. and Câmara, A.K.F.I., 2022. Edible insects as a sustainable alternative to food products: An insight into quality aspects of reformulated bakery and meat products. *Current Opinion in Food Science*, **46**:100864.
- Borrelli, L., Coretti, L., Dipineto, L., Bovera, F., Menna, F., Chiariotti, L., Nizza, A., Lembo, F. Fioretti, A., 2017. Insect-based diet, a promising nutritional source, modulates gut microbiota composition and SCFAs production in laying hens. *Sci. Rep.* **7(1)**:1–11.
- Bouvier G., 1945. Quelques questions d'entomologie vétérinaire et lutte contre certains arthropodes en Afrique tropicale, *Acta Trop.* **2**:42–59.
- Broekman, H.C., Knulst, A.C., den Hartog Jager, C.F., van Bilsen, J.H., Raymakers, F.M., Kruizinga, A.G., Gaspari, M., Gabriele, C., Bruijnzeel-Koomen, C.A., Houben, G.F. and Verhoeckx, K.C., 2017. Primary respiratory and food allergy to mealworm. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, **140(2)**:600-603.
- Bukkens S.G., 1997. The nutritional value of edible insects. *Ecology of Food and Nutrition* **36**:287-319. DOI:10.1080/03670244.1997.9991521.
- Bukkens, S.G., 2005. Insects in the human diet: nutritional aspects. Ecological implications of minilivestock: Potential of insects, rodents, frogs and snails, 545-577.
- Bußler, S., Rumpold, B.A., Fröhling, A., Jander, E., Rawel, H.M. and Schlüter, O.K., 2016. Cold atmospheric pressure plasma processing of insect flour from *Tenebrio molitor*: Impact on microbial load and quality attributes in comparison to dry heat treatment. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, **36**:277-286.
- Çabuk, B., 2021. Influence of grasshopper (*Locusta Migratoria*) and mealworm (*Tenebrio Molitor*) powders on the quality characteristics of protein rich muffins: Nutritional, physicochemical, textural and sensory aspects. *Journal of Food Measurement and Characterization*, **15(4)**:3862-3872.
- Caparros Megido, R., Haubruge, É. and Francis, F., 2018. Insects, the next European foodie craze? Edible insects in sustainable food systems, .353-361.
- Cappelli, A. and Cini, E., 2021. Challenges and opportunities in wheat flour, pasta, bread, and bakery product production chains: A systematic review of innovations and improvement strategies to increase sustainability, productivity, and product quality. *Sustainability*, **13(5)**:2608.
- Cerda, H., Martinez, R., Briceno, N., Pizzoferrato, L., Manzi, P., Tommaseo Ponzetta, M., Marin, O. and Paoletti, M.G., 2001. Palm worm: (*Rhynchophorus palmarum*) traditional food in Amazonas, Venezuela – nutritional composition, small scale production and tourist palatability. *Ecology of Food and Nutrition* **40**:13-32.

- Collavo, A.L.B.E.R.T.O., Glew, R.H., Huang, Y.S., Chuang, L.T., Bosse, R.E.B.E.C.C.A. and Paoletti, M.G., 2005. House cricket small-scale farming. Ecological implications of minilivestock: potential of insects, rodents, frogs and snails, **27**:515-540.
- ČMSCH a.s. 2017. Evidence a označování zvířat. Českomoravská společnost chovatelů a.s. Available from <https://www.cmsch.cz/evidence-a-oznacovani-zvirat/evidence-a-oznacovani-zvirat/> (accessed march 2023)
- da Silva Lucas, A.J., de Oliveira, L.M., Da Rocha, M. and Prentice, C., 2020. Edible insects: An alternative of nutritional, functional and bioactive compounds. Food chemistry, **311**:126022.
- De Filippis, F., Pellegrini, N., Vannini, L., Jeffery, I.B., La Stora, A., Laghi, L., Serrazanetti, D.I., Di Cagno, R., Ferrocino, I., Lazzi, C. and Turroni, S., 2016. High-level adherence to a Mediterranean diet beneficially impacts the gut microbiota and associated metabolome. Gut, **65(11)**:1812-1821.
- Delicato, C., Schouteten, J.J., Dewettinck, K., Gellynck, X. and Tzompa-Sosa, D.A., 2020. Consumers' perception of bakery products with insect fat as partial butter replacement. Food Quality and Preference, **79**, p.103755.
- Department of Agriculture, Fisheries and Forestry, 2019. Migratory locust. Department of Agriculture, Fisheries and Forestry. Available from <https://www.agriculture.gov.au/biosecurity-trade/pests-diseases-weeds/locusts/about/migratory#biology-and-behaviour> (accessed march 2023)
- Dhingra, D., Michael, M., Rajput, H. and Patil, R.T., 2012. Dietary fibre in foods: a review. Journal of food science and technology, **49**:255-266.
- Dobermann, D., Swift, J.A. and Field, L.M., 2017. Opportunities and hurdles of edible insects for food and feed. Nutrition Bulletin, **42(4)**:293-308.
- Dongo Di D., Adelmo Della Penna A. 2022. Insects as novel foods, state of the art in the European Union and the UK. WIISEE SRL Benefit Company, Rome. Available from <https://www.greatitalianfoodtrade.it/en/innovazione/insetti-come-novel-foods-stato-dellarte-in-unione-europea-e-uk/> (accessed march 2023).
- Dreassi, E., Cito, A., Zanfini, A., Materozzi, L., Botta, M. and Francardi, V., 2017. Dietary fatty acids influence the growth and fatty acid composition of the yellow mealworm *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). Lipids **52**: 285-294.
- Dreyer, J.J. and Wehmeyer, A.S., 1982. On the nutritive value of mopanie worms. South African Journal of Science **78**: 33-35.
- Dunford & Kaufman. 2021. Featured creatures. University of Florida. Available from [https://entnemdept.ufl.edu/creatures/livestock/poultry/lesser\\_mealworm.htm#top](https://entnemdept.ufl.edu/creatures/livestock/poultry/lesser_mealworm.htm#top) (accessed march 2023)
- Durst, P.B., Johnson, D.V., Leslie, R.N. and Shono, K., 2010. Forest insects as food: humans bite back. Proceedings of a workshop on Asia-Pacific resources and their potential for

- development, Chiang Mai, Thailand, 19-21 February, 2008. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- Dzerefos, C.M., Witkowski, E.T.F. and Toms, R., 2013. Comparative ethnoentomology of edible stinkbugs in southern Africa and sustainable management considerations. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, **9(1)**:1-12.
- Eeva, T., Helle, S. and Salminen, J.P., 2010. Carotenoid composition of invertebrates consumed by two insectivorous bird species. *Journal Chemical Ecology* **36**:608-613
- EFSA Panel on Nutrition, Novel Foods and Food Allergens (NDA), Turck, D., Bohn, T., Castenmiller, J., De Henauw, S., Hirsch-Ernst, K.I., Maciuk, A., Mangelsdorf, I., McArdle, H.J., Naska, A. and Pelaez, C., 2021. Safety of frozen and dried formulations from whole yellow mealworm (*Tenebrio molitor* larva) as a novel food pursuant to Regulation (EU) 2015/2283. *EFSA Journal*, 19(8), p.e06778.
- EFSA Scientific Committee., 2015. Risk profile related to production and consumption of insects as food and feed. *EFSA journal*, **13(10)**:4257.
- EFSA. 2021. Novel food. European Food Safety Authority. Available from <https://www.efsa.europa.eu/en/topics/topic/novel-food> (accessed february 2023).
- European Commission. 2022. Summary of applications and notifications. European Commission. Available from [https://food.ec.europa.eu/safety/novel-food/authorisations/summary-applications-and-notifications\\_en#not-2022](https://food.ec.europa.eu/safety/novel-food/authorisations/summary-applications-and-notifications_en#not-2022) (accessed march 2023)
- Evans, J., Alemu, M.H., Flore, R., Frøst, M.B., Halloran, A., Jensen, A.B., Maciel-Vergara, G., Meyer-Rochow, V.B., Münke-Svendsen, C., Olsen, S.B. and Payne, C., 2015. 'Entomophagy': an evolving terminology in need of review. *Journal of Insects as Food and Feed*, **1(4)**:293-305
- Evropský parlament a Rada Evropské unie. 2006. Oprava nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 258/97 ze dne 27. ledna 1997 o nových potravinách a nových složkách potravin ( Úř. věst. L 43 ze dne 14.2.1997 ) (Zvláštní vydání Úředního věstníku Evropské unie v českém jazyce, kapitola 13, svazek 18, strana 244) Pages 11-11 v Úředním věstníku Evropské unie, 2015, L 230. Česká republika
- Evropský parlament a Rada Evropské unie. 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. 1852/2001 Pages 1-22 v Úředním věstníku Evropské unie, 2015, L 327. Česká republika
- FAO, 2013. Agriculture Organization of the United Nations, Edible insects: Future prospects for food and feed security. Fisheries and Aquaculture Department, Rome.
- Fernandez-Cassi, X., Supeanu, A., Vaga, M., Jansson, A., Boqvist, S. and Vagsholm, I., 2019. The house cricket (*Acheta domestica*) as a novel food: a risk profile. *Journal of Insects as Food and Feed*, **5(2)**:137-157.

- Finke M.D., 2002. Complete nutrient composition of commercially raised invertebrates used as food for insectivores. *Zoo Biology* **21**:269-285.
- Finke, M.D. and Oonincx, D., 2023. Insects as food for insectivores. In *Mass production of beneficial organisms* 511-540
- Finke, M.D., 2007. Estimate of chitin in raw whole insects. *Zoo biology: published in affiliation with the American zoo and aquarium association*, **26(2)**:105-115.
- Finke, M.D., 2013. Complete nutrient content of four species of feeder insects. *Zoo Biology* **32**:27-36
- Finke, M.D., 2015. Complete nutrient content of four species of commercially available feeder insects fed enhanced diets during growth. *Zoo biology*, **34(6)**:554-564.
- Florença, S.G., Correia, P.M., Costa, C.A. and Guiné, R.P., 2021. Edible insects: preliminary study about perceptions, attitudes, and knowledge on a sample of Portuguese Citizens. *Foods*, **10(4)**, p.709.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2021. Looking at Edible Insects from a Food Safety Perspective. Challenges and Opportunities for the Sector. Available from: <https://www.fao.org/documents/card/en/c/cb4094en>. (accessed march 2023)
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), World Health Organization (WHO), Principles and Methods for the Risk Assessment of Chemicals in Food, Geneva, 2009. Available from: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241572408>. (accessed february 2023)
- Friedman, M., 1996. Food browning and its prevention: an overview. *Journal of Agricultural and Food chemistry*, **44(3)**:631-653.
- Gerber, P.J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Falcucci, A. and Tempio, G., 2013. Tackling climate change through livestock: a global assessment of emissions and mitigation opportunities. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- Ghosh, S., Lee, S.M., Jung, C. and Meyer-Rochow, V.B., 2017. Nutritional composition of five commercial edible insects in South Korea. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, **20(2)**:686-694.
- Gold, M., Cassar, C.M., Zurbrügg, C., Kreuzer, M., Boulos, S., Diener, S. and Mathys, A., 2020. Biowaste treatment with black soldier fly larvae: Increasing performance through the formulation of biowastes based on protein and carbohydrates. *Waste Management*, **102**:319-329.
- González CM., Garzón R., Rosell CM., 2019. insects as ingredients for bakery goods. A comparison study of *H. illucens*, *A. domestica* and *T. molitor* flours. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* **51**:205-210.

- Ha, N.I., Mun, S.K., Im, S.B., Jang, H.Y., Jeong, H.G., Kang, K.Y., Park, K.W., Seo, K.S., Ban, S.E., Kim, K.J. and Yee, S.T., 2022. Changes in Functionality of *Tenebrio molitor* Larvae Fermented by *Cordyceps militaris* Mycelia. *Foods*, **11(16)**:2477.
- Hahn, T., Roth, A., Febel, E., Fijalkowska, M., Schmitt, E., Arsiwalla, T. and Zibek, S., 2018. New methods for high-accuracy insect chitin measurement. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **98(13)**:5069-5073.
- Headings, M.E. and Rahnema, S., 2002. The nutritional value of mopane worms, *Gonimbrasia belina* (Lepidoptera: Saturniidae) for human consumption. Presentation at the ten-minute papers: section B. physiology, biochemistry, toxicology and molecular biology series, 20.
- Homann, A.M., Ayieko, M.A., Konyole, S.O. and Roos, N., 2017. Acceptability of biscuits containing 10% cricket (*Acheta domesticus*) compared to milk biscuits among 5-10-year-old Kenyan schoolchildren. *Journal of Insects as Food and Feed*, **3(2)**:95-103.
- Chai, J.Y., Shin, E.H., Lee, S.H. and Rim, H.J., 2009. Foodborne intestinal flukes in Southeast Asia. *The Korean journal of parasitology*, 47, p.S69.
- Chapagain, A.K. and Hoekstra, A.Y., 2003. Virtual water flows between nations in relation to trade in livestock and livestock products (Vol. 13). Delft, The Netherlands: UNESCO-IHE.
- Cheseto, X., Baleba, S.B., Tanga, C.M., Kelemu, S. and Torto, B., 2020. Chemistry and sensory characterization of a bakery product prepared with oils from African edible insects. *Foods*, **9(6)**:800.
- Cho, S.Y. and Ryu, G.H., 2021. Effects of mealworm larva composition and selected process parameters on the physicochemical properties of extruded meat analog. *Food Science & Nutrition*, **9(8)**:4408-4419.
- Choi, Y.S., Kim, T.K., Choi, H.D., Park, J.D., Sung, J.M., Jeon, K.H., Paik, H.D. and Kim, Y.B., 2017. Optimization of replacing pork meat with yellow worm (*Tenebrio molitor* L.) for frankfurters. *Korean journal for food science of animal resources*, **37(5)**:617.
- Churchward-Venne, T. A., P. J. M. Pinckaers, J. J. A. van Loon, and L. J. C. van Loon. 2017. Consideration of insects as a source of dietary protein for human consumption. *Nutrition Reviews* **75 (12)**:1035–45.
- Igwe, C.U., Ujowundu, C.O., Nwaogu, L.A. and Okwu, G.N., 2011. Chemical analysis of an edible African termite *Macrotermes nigeriensis*, a potential antidote to food security problem. *Biochemistry and Analytical Biochemistry*, **1(105)**:2161-1009.
- Imathiu S., 2020. Benefits and food safety concerns associated with consumption of edible insects. *NFS Journal* **18**:1–11.
- Jensen, A. B., Evans, J., Jonas-Levi, A., Benjamin, O., Martinez, I., Dahle, B., 2016. Standard methods for *Apis mellifera* brood as human food. *Journal of Apicultural Research*, **56**:1–28. DOI:10.1080/00218839.2016.1226606.
- Jensen, L.D., Miklos, R., Dalsgaard, T.K., Heckmann, L.H. and Nørgaard, J.V., 2019. Nutritional evaluation of common (*Tenebrio molitor*) and lesser (*Alphitobius diaperinus*)

- mealworms in rats and processing effect on the lesser mealworm. *Journal of Insects as Food and Feed* 5:257-266. DOI: 10.3920/JIFF2018.0048
- Ji, K., Chen, J., Li, M., Liu, Z., Wang, C., Zhan, Z., Wu, X. and Xia, Q., 2009. Anaphylactic shock and lethal anaphylaxis caused by food consumption in China. *Trends in food science & technology*, **20(5)**:227-231.
- Jones, L.D., Cooper, R.W. and Harding, R.S., 1972. Composition of mealworm *Tenebrio molitor* larvae. *The Journal of Zoo Animal Medicine* **3**:34-41
- Jongema Y. 2017. List of edible insects of the world. Wageningen University & research. Available from <https://www.wur.nl/en/Research-Results/Chair-groups/Plant-Sciences/Laboratory-of-Entomology/Edible-insects/Worldwide-species-list.htm> (accessed february 2023)
- Kar, S.K., Schokker, D., Harms, A.C., Kruijt, L., Smits, M.A., Jansman, A.J.M., 2021. Local intestinal microbiota response and systemic effects of feeding black soldier fly larvae to replace soybean meal in growing pigs. *Sci. Rep.* 1–16. DOI:10.1038/s41598-021-94604-8.
- Kewuyemi, Y.O., Kesa, H., Chinma, C.E. and Adebo, O.A., 2020. Fermented edible insects for promoting food security in Africa. *Insects*, **11(5)**:283.
- Khoushab, F., Yamabhai, M., 2010. Chitin research revisited. *Mar. Drugs* **8 (7)**:1988–2012. DOI:10.3390/md8071988.
- Khouzam, R.B., Pohl, P. and Lobinski, R., 2011. Bioaccessibility of essential elements from white cheese, bread, fruit and vegetables. *Talanta*, **86**:425-428.
- Kiatbenjakul, P., Intarapichet, K.O. and Cadwallader, K.R., 2015. Characterization of potent odorants in male giant water bug (*Lethocerus indicus* Lep. and Serv.), an important edible insect of Southeast Asia. *Food chemistry*, **168**:639-647.
- Kiiru, S.M., Kinyuru, J.N., Kiage, B.N., Martin, A., Marel, A.K. and Osen, R., 2020. Extrusion texturization of cricket flour and soy protein isolate: Influence of insect content, extrusion temperature, and moisture-level variation on textural properties. *Food Science & Nutrition*, **8(8)**:4112-4120.
- Kim, H.W., Setyabrata, D., Lee, Y., Jones, O.G. and Kim, Y.H.B., 2017. Effect of house cricket (*Acheta domesticus*) flour addition on physicochemical and textural properties of meat emulsion under various formulations. *Journal of food science*, **82(12)**:2787-2793.
- Kim, H.W., Setyabrata, D., Lee, Y.J., Jones, O.G. and Kim, Y.H.B., 2016. Pre-treated mealworm larvae and silkworm pupae as a novel protein ingredient in emulsion sausages. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, **38**:116-123.
- Kim, T.K., Yong, H.I., Cha, J.Y., Park, S.Y., Jung, S. and Choi, Y.S., 2022. Drying-induced restructured jerky analog developed using a combination of edible insect protein and textured vegetable protein. *Food Chemistry*, **373**:131519.
- Kinyuru, J.N., Kenji, G.M., Njoroge, S.M. and Ayieko, M., 2010. Effect of processing methods on the in vitro protein digestibility and vitamin content of edible winged termite

- (*Macrotermes subhylanus*) and grasshopper (*Ruspolia differens*). *Food and bioprocess technology*, **3**:778-782.
- Klunder H.C., Wolkers-Rooijackers J., Korpela J.M., Nout M.J.R., 2012. Microbiological aspects of processing and storage of edible insects, *Food Control* **26**:628–631.
- Komise Evropské unie. 2017. Prováděcí nařízení 2017/2470 ze dne 20. prosince 2017, kterým se zřizuje seznam Unie pro nové potraviny v souladu s nařízením Evropského parlamentu a Rady (EU) 2015/2283 o nových potravinách Pages 72-201 v Úředním věstníku Evropské unie, 2017, L 351. Česká republika
- Komise Evropské unie. 2021. Prováděcí nařízení 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 a kterým se mění prováděcí nařízení Komise (EU) 2017/2470 Pages 10-16 v Úředním věstníku Evropské unie, 2021, L 402. Česká republika
- Komise Evropské unie. 2021. Prováděcí nařízení 2021/882 ze dne 1. června 2021, kterým se povoluje uvedení sušených larev potemníka moučného *Tenebrio molitor* na trh jako nové potraviny podle nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2015/2283 a kterým se mění prováděcí nařízení Komise (EU) 2017/2470 Pages 16-20 v Úředním věstníku Evropské unie, 2021, L 194. Česká republika
- Komise Evropské unie. 2022. Prováděcí nařízení 2022/188 ze dne 10. února 2022, kterým se povoluje uvedení zmrazených, sušených a práškových forem *Acheta domesticus* na trh jako nové potraviny podle nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2015/2283 a kterým se mění prováděcí nařízení Komise (EU) 2017/2470 Pages 108-113 v Úředním věstníku Evropské unie, 2022, L 30. Česká republika
- Komise Evropské unie. 2023. Prováděcí nařízení 2023/5 ze dne 3. ledna 2023, kterým se povoluje uvedení čatečně odtučněného prášku z *Acheta domesticus* (cvrčka domácího) na trh jako nové potraviny a kterým se mění prováděcí nařízení (EU) 2017/2470 Pages 9-14 v Úředním věstníku Evropské unie, 2023, L 2. Česká republika
- Komise Evropské unie. 2023. Prováděcí nařízení 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 (EU) 2017/2470 Pages 10-15 v Úředním věstníku Evropské unie, 2023, L 5. Česká republika
- Kouřimská, L. and Adámková, A., 2016. Nutritional and sensory quality of edible insects. *NFS journal*, **4**:22-26.
- Kowalski, S., Mikulec, A., Mickowska, B., Skotnicka, M. and Mazurek, A., 2022. Wheat bread supplementation with various edible insect flours. Influence of chemical composition on nutritional and technological aspects. *LWT*, **159**:113220.
- Kröncke, N., Grebenteuch, S., Keil, C., Demtröder, S., Kroh, L., Thünemann, A.F., Benning, R. and Haase, H., 2019. Effect of different drying methods on nutrient quality of the yellow mealworm (*Tenebrio molitor* L.). *Insects*, **10**(4), p.84.

- Kulma, M., Kouřimská, L., Plachý, V., Božik, M., Adámková, A. and Vrabc, V., 2019. Effect of sex on the nutritional value of house cricket, *Acheta domestica* L. *Food chemistry*, **272**:267-272.
- Kunatsa, Y., Chidewe, C. and Zvidzai, C.J., 2020. Phytochemical and anti-nutrient composite from selected marginalized Zimbabwean edible insects and vegetables. *Journal of Agriculture and Food Research*, **2**:100027.
- Kutoš, T., Golob, T., Kač, M. and Plestenjak, A., 2003. Dietary fibre content of dry and processed beans. *Food chemistry*, **80(2)**:231-235.
- Lang, S.S., 1993. *Invisible bugs and other creepy creatures that live with you*. Sterling Publishing Company Incorporated.
- Lecoq, M. & Long, Z. 2019. *Migratory Locust Locusta migratoria* (Linnaeus, 1758) (Acrididae). China Agricultural University Press, Beijing 119-128
- Lenaerts, S., Van Der Borght, M., Callens, A. and Van Campenhout, L., 2018. Suitability of microwave drying for mealworms (*Tenebrio molitor*) as alternative to freeze drying: Impact on nutritional quality and colour. *Food chemistry*, **254**:129-136.
- Longvah, T., Mangthya, K. and Ramulu, P.J.F.C., 2011. Nutrient composition and protein quality evaluation of eri silkworm (*Samia ricinii*) prepupae and pupae. *Food chemistry*, **128(2)**:400-403
- Macalester College. 2022. *Mealworm Beetle*. Macalester Collage, Saint Paul, USA. Available from <https://www.macalester.edu/ordway/biodiversity/inventory/mealwormbeetle/> (accessed march 2023)
- Madau, F.A., Arru, B., Furesi, R. and Pulina, P., 2020. Insect farming for feed and food production from a circular business model perspective. *Sustainability*, **12(13)**, p.5418.
- Mancini, S., Mattioli, S., Paolucci, S., Fratini, F., Dal Bosco, A., Tuccinardi, T. and 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**, p.675572.
- Mancini, S., Sogari, G., Espinosa Diaz, S., Menozzi, D., Paci, G. and Moruzzo, R., 2022. Exploring the future of edible insects in Europe. *Foods*, **11(3)**:455.
- Manditsera, F.A., Luning, P.A., Fogliano, V. and Lakemond, C.M., 2019. Effect of domestic cooking methods on protein digestibility and mineral bioaccessibility of wild harvested adult edible insects. *Food Research International*, **121**:404-411.
- Marshall, D.L., Dickson, J.S. and Nguyen, N.H., 2016. Ensuring food safety in insect based foods: Mitigating microbiological and other foodborne hazards. In *Insects as sustainable food ingredients* 223-253.
- Mbata, K.J., Chidumayo, E.N. and Lwatula, C.M., 2002. Traditional regulation of edible caterpillar exploitation in the Kopa area of Mpika district in northern Zambia. *Journal of Insect Conservation*, **6**:115-130.



- Megido, R.C., Gierts, C., Blecker, C., Brostaux, Y., Haubruge, É., Alabi, T. and Francis, F., 2016. Consumer acceptance of insect-based alternative meat products in Western countries. *Food quality and preference*, **52**:237-243.
- Megido, R.C., Poelaert, C., Ernens, M., Liotta, M., Blecker, C., Danthine, S., Tyteca, E., Haubruge, É., Alabi, T., Bindelle, J. and Francis, F., 2018. Effect of household cooking techniques on the microbiological load and the nutritional quality of mealworms (*Tenebrio molitor* L. 1758). *Food Research International*, **106**:503-508.
- Melgar-Lalanne G., Hernández-Alvarez AJ., Salinas-Castro A. 2019. Edible Insects Processing: Traditional and Innovative Technologies. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* **18**:1166-1190.
- Meyer-Rochow, V.B., 2010. Entomophagy and its impact on world cultures: the need for a multidisciplinary approach. *Edible Forest Insects*, **6(2)**:23-36.
- Mir-Marques A., Cervera M.L., de la Guardia, M., 2016. Mineral analysis of human diets by spectrometry methods. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, **82**:457-467.
- Mishyna, M., Chen, J. and Benjamin, O., 2020. Sensory attributes of edible insects and insect-based foods—Future outlooks for enhancing consumer appeal. *Trends in Food Science & Technology*, **95**:141-148.
- Mishyna, M., Martinez, J.J.I., Chen, J. and Benjamin, O., 2019. Extraction, characterization and functional properties of soluble proteins from edible grasshopper (*Schistocerca gregaria*) and honey bee (*Apis mellifera*). *Food Research International*, **116**:697-706.
- Mlček J. 2020. Netradiční druhy potravin – jejich význam, vlastnosti a využití: Non-traditional types of food – their importance, properties and utilization. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Zlín.
- Moussian, B., 2019. Chitin: structure, chemistry and biology. *Targeting chitin-containing organisms*, 5-18.
- Murefu, T.R., Macheke, L., Musundire, R. and Manditsera, F.A., 2019. Safety of wild harvested and reared edible insects: A review. *Food Control*, **101**:209-224.
- Musundire, R., Zvidzai, C.J., Chidewe, C., Samende, B.K. and Manditsera, F.A., 2014. Nutrient and anti-nutrient composition of *Henicus whellani* (Orthoptera: Stenopelmatidae), an edible ground cricket, in south-eastern Zimbabwe. *International Journal of Tropical Insect Science*, **34(4)**:223-231.
- Nakajima, Y. and Ogura, A., 2022. Genomics and effective trait candidates of edible insects. *Food Bioscience*, p.101793.
- Newbrey, J.L., Paszkowski, C.A. and Dumenko, E.D., 2013. A comparison of natural and restored wetlands as breeding bird habitat using a novel yolk carotenoid approach. *Wetlands* **33**:471-482.
- Nowakowski, A.C., Miller, A.C., Miller, M.E., Xiao, H. and Wu, X., 2022. Potential health benefits of edible insects. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, **62(13)**:3499-3508.

- Ntukuyoh, A.I., Udiong, D.S., Ikpe, E. and Akpakpan, A.E., 2012. Evaluation of nutritional value of termites (*Macrotermes bellicosus*): soldiers, workers, and queen in the Niger Delta region of Nigeria. *International Journal of Food Nutrition and Safety*, **1(2)**:60-65.
- Nyangena, D. N., Mutungi, C., Imathiu, S., Kinyuru, J., Affognon, H., Ekesi, S., Nakimbugwe, D., & Fiaboe, K. 2020. Effects of Traditional Processing Techniques on the Nutritional and Microbiological Quality of Four Edible Insect Species Used for Food and Feed in East Africa. *Foods* **9**, 5:574.
- Oonincx, D.G. and De Boer, I.J., 2012. Environmental impact of the production of mealworms as a protein source for humans—a life cycle assessment. *PloS one*, **7(12)**:51145.
- Oonincx, D.G., Laurent, S., Veenenbos, M.E. and van Loon, J.J., 2020. Dietary enrichment of edible insects with omega 3 fatty acids. *Insect science*, **27(3)**:500-509.
- Oonincx, D.G., Van Itterbeeck, J., Heetkamp, M.J., Van Den Brand, H., Van Loon, J.J. and Van Huis, A., 2010. An exploration on greenhouse gas and ammonia production by insect species suitable for animal or human consumption. *PloS one*, **5(12)**:14445.
- Oonincx, D.G.A.B and Van der Poel, A.F., 2011. Effects of diet on the chemical composition of migratory locusts (*Locusta migratoria*). *Zoo Biology* **30**:9-16
- Oonincx, D.G.A.B., Stevens, Y., Van den Borne, J.J.G.C., Van Leeuwen, J.P.T.M. and Hendriks, W.H., 2010. Effects of vitamin D3 supplementation and UVb exposure on the growth and plasma concentration of vitamin D3 metabolites in juvenile bearded dragons (*Pogona vitticeps*). *Comparative Biochemistry and Physiology B* **156**:122-128
- Oonincx, D.G.A.B., Van Keulen, P., Finke, M.D., Baines, F.M., Vermeulen, M. and Bosch, G., 2018. Evidence of vitamin D synthesis in insects exposed to UVb light. *Scientific Reports* **8** 10807.
- Oonincx, D.G.A.B., Van Leeuwen, J.P., Hendriks, W.H. and Van der Poel, A.F.B., 2015. The diet of free-roaming Australian central bearded dragons (*Pogona vitticeps*). *Zoo Biology*, **34(3)**:271-277.
- Pal, P. and Roy, S., 2014. Edible insects: future of human food—a review. *International Letters of Natural Sciences*, 21.
- Panja, P., 2018. Green extraction methods of food polyphenols from vegetable materials. *Current Opinion in Food Science*, **23**:173-182.
- Parodi, A., Gerrits, W.J., Van Loon, J.J., De Boer, I.J., Aarnink, A.J. and Van Zanten, H.H., 2021. Black soldier fly reared on pig manure: Bioconversion efficiencies, nutrients in the residual material, greenhouse gas and ammonia emissions. *Waste Management*, **126**:674-683.
- Paul, A., Frederich, M., Megido, R.C., Alabi, T., Malik, P., Uyttenbroeck, R., Francis, F., Blecker, C., Haubruge, E., Lognay, G. and Danthine, S., 2017. Insect fatty acids: a comparison from three Orthopteran and *Tenebrio molitor* L. larvae. *Journal of Asia-Pacific Entomology* **20**:337-240

- Pemberton, R.W. and Yamasaki, T., 1995. Insects: old food in new Japan. *American Entomologist*, **41(4)**:27-229.
- Pener, M.P., 2014. Allergy to locusts and acridid grasshoppers: a review. *Journal of Orthoptera Research*, **23(1)**:59-67.
- Pennino, M., Dierenfeld, E.S. and Behler, J.L., 1991. Retinol, alpha tocopherol, and proximate nutrient composition of invertebrates used as feed. *International Zoo Yearbook* **30**:143-149.
- Potravinářská komora České republiky. 2023. Evropská komise povolila uvedení alternativních proteinů z potměníka stájového na trh Evropské Unie jako nové potraviny. Potravinářská komora České republiky, Praha. Available from <https://www.foodnet.cz/cs/aktuality/5775-evropska-komise-povolila-uvedeni-alternativnich-proteinu-z-potemnika-stajoveho-na-trh-evropske-unie-jako-nove-potraviny> (accessed march 2023)
- Premalatha, M., Abbasi, T., Abbasi, T. and Abbasi, S.A., 2011. Energy-efficient food production to reduce global warming and ecodegradation: The use of edible insects. *Renewable and sustainable energy reviews*, **15(9)**:4357-4360.
- Punzo, F., 2003. Nutrient composition of some insects and arachnids. *Florida Scientist* **66**:84-98
- Purschke, B., Brüggem, H., Scheibelberger, R. and Jäger, H., 2018. Effect of pre-treatment and drying method on physico-chemical properties and dry fractionation behaviour of mealworm larvae (*Tenebrio molitor* L.). *European Food Research and Technology*, **244**:269-280.
- Purschke, B., Stegmann, T., Schreiner, M. and Jäger, H., 2017. Pilot-scale supercritical CO<sub>2</sub> extraction of edible insect oil from *Tenebrio molitor* L. larvae—Influence of extraction conditions on kinetics, defatting performance and compositional properties. *European Journal of Lipid Science and Technology*, **119(2)**:1600134.
- Ramírez-Rivera, E.J., Hernández-Santos, B., Juárez-Barrientos, J.M., Torruco-Uco, J.G., Ramírez-Figueroa, E. and Rodríguez-Miranda, J., 2021. Effects of formulation and process conditions on chemical composition, color parameters, and acceptability of extruded insect-rich snack. *Journal of Food Processing and Preservation*, **45(5)**:15499.
- Ramos Elorduy, J. 1997. The importance of edible insects in the nutrition and economy of people of the rural areas of Mexico. *Ecology of Food and Nutrition*, **36**:347–366.
- Ramos-Elorduy, J., González, E.A., Hernández, A.R. and Pino, J.M., 2002. Use of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) to recycle organic wastes and as feed for broiler chickens. *Journal of economic entomology*, **95(1)**:214-220.
- Ramos-Elorduy, J., González, E.A., Hernández, A.R. and Pino, J.M., 2002. Use of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) to recycle organic wastes and as feed for broiler chickens. *Journal of economic entomology*, **95(1)**:214-220.

- Ravzanaadii, N., Kim, S.H., Choi, W.H., Hong, S.J. and Kim, N.J., 2012. Nutritional value of mealworm, *Tenebrio molitor* as food source. *International Journal of Industrial Entomology*, **25(1)**:93-98.
- Ribeiro, J.C., Gonçalves, A.T.S., Moura, A.P., Varela, P. and Cunha, L.M., 2022. Insects as food and feed in Portugal and Norway—cross-cultural comparison of determinants of acceptance. *Food Quality and Preference*, **102**, p.104650.
- Ruby, M.B., Rozin, P. and Chan, C.D., 2015. Determinants of willingness to eat insects in the USA and India. *Journal of Insects as Food and Feed*, **1(3)**:215-225.
- Rumpold B.A., Schlüter OK., 2013. Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular Nutrition and Food Research* **57**:802–823.
- Rumpold, B.A. and Schlüter, O., 2015. Insect-based protein sources and their potential for human consumption: Nutritional composition and processing. *Animal Frontiers*, **5(2)**:20-24.
- Sailo, S., Bhagawati, S., Sarmah, S.B.K. and Pathak, K., 2020. Nutritional and antinutritional properties of few common edible insect species of Assam. *J Entomol Zool Stud*, **8(2)**:1785-1791.
- Santos Oliveira, J.F., Passos De Carvalho, J., Bruno De Sousa, R.F.X. and Simao, M.M., 1976. The nutritional value of four species of insects consumed in Angola. *Ecology of Food and Nutrition* **5**:91-97.
- Seki, T., Isono, K., Ozaki, K., Tsukahara, Y., Shibata-Katsuta, Y., Ito, M., Irie, T. and Katagiri, M., 1998. The metabolic pathway of visual pigment chromophore formation in *Drosophila melanogaster* alltrans (3S)-3-hydroxyretinal is formed from all-trans retinal via (3R)-3-hydroxyretinal in the dark. *European Journal of Biochemistry* **257**:522-527
- Shao, Y., Zhou, Z., Chen, H., Zhang, F., Cui, Y. and Zhou, Z., 2022. The potential of urban family vertical farming: A pilot study of Shanghai. *Sustainable Production and Consumption*, **34**:586-599.
- Shockley, M., Lesnik, J., Allen, R.N. and Muñoz, A.F., 2018. Edible insects and their uses in North America; past, present and future. *Edible insects in sustainable food systems*, 55-79.
- Schlüter, O., Rumpold, B., Holzhauser, T., Roth, A., Vogel, R.F., Quasigroch, W., Vogel, S., Heinz, V., Jäger, H., Bandick, N. and Kulling, S., 2017. Safety aspects of the production of foods and food ingredients from insects. *Molecular nutrition & food research*, **61(6)**:1600520.
- Scholliers, J., Steen, L. and Fraeye, I., 2020. Partial replacement of meat by superworm (*Zophobas morio* larvae) in cooked sausages: Effect of heating temperature and insect: Meat ratio on structure and physical stability. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, **66**:102535.
- Skendi, A., Papageorgiou, M. and Varzakas, T., 2021. High protein substitutes for gluten in gluten-free bread. *Foods*, **10(9)**:1997.

- Smetana, S., Larki, N.A., Pernutz, C., Franke, K., Bindrich, U., Toepfl, S. and Heinz, V., 2018. Structure design of insect-based meat analogs with high-moisture extrusion. *Journal of Food Engineering*, **229**:83-85.
- Smetana, S., Schmitt, E. and Mathys, A., 2019. Sustainable use of *Hermetia illucens* insect biomass for feed and food: Attributional and consequential life cycle assessment. *Resources, Conservation and Recycling*, **144**:285-296.
- Smetana, S., Spykman, R. and Heinz, V., 2021. Environmental aspects of insect mass production. *Journal of Insects as Food and Feed*, **7(5)**:553-571.
- Smil, V., 2002. Worldwide transformation of diets, burdens of meat production and opportunities for novel food proteins. *Enzyme and Microbial technology*, **30(3)**:305-311.
- Ssepuuya G., Nakimbuqwe 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.
- Ssepuuya, G., Mukisa, I.M. and Nakimbugwe, D., 2017. Nutritional composition, quality, and shelf stability of processed *Ruspolia nitidula* (edible grasshoppers). *Food Science & Nutrition* **5**:103-112.
- Stull, V.J., Finer, E., Bergmans, R.S., Febvre, H.P., Longhurst, C., Manter, D.K., Patz, J.A. and Weir, T.L., 2018. Impact of edible cricket consumption on gut microbiota in healthy adults, a double-blind, randomized crossover trial. *Scientific reports*, **8(1)**:1-13.
- Sun, M., Xu, X., Zhang, Q., Rui, X., Wu, J. and Dong, M., 2018. Ultrasonic-assisted aqueous extraction and physicochemical characterization of oil from *Clanis bilineata*. *Journal of Oleo Science*, **67(2)**:151-165.
- Sun-Waterhouse, D., Waterhouse, G.I., You, L., Zhang, J., Liu, Y., Ma, L., Gao, J. and Dong, Y., 2016. Transforming insect biomass into consumer wellness foods: A review. *Food Research International*, **89**:129-151.
- SZPI. 2019. Nové potraviny. Státní potravinářská a zemědělská inspekce. Available from <https://www.szpi.gov.cz/clanek/potraviny-noveho-typu.aspx> (accessed february 2023).
- Takeda, J. and Sato, H., 1993. Multiple subsistence strategies and protein resources of horticulturalists in the Zaire basin: The Ngandu and the Boyela. *Man and the Biosphere Series*, **13**:497-497.
- Tan, H.S.G., Fischer, A.R., Tinchán, P., Stieger, M., Steenbekkers, L.P.A. and van Trijp, H.C., 2015. Insects as food: Exploring cultural exposure and individual experience as determinants of acceptance. *Food quality and preference*, **42**:78-89.
- United Nations (FAO). 2007. Insects for food and feed, Rome. Available from: <https://www.fao.org/edible-insects/84625/en/> (accessed february 2023)
- Uragoda, C.G. and Wijekoon, P.N.B., 1991. Asthma in silk workers. *Occupational Medicine*, **41(3)**:140-142.

- Van Broekhoven, S., Oonincx, D.G., Van Huis, A. and Van Loon, J.J., 2015. Growth performance and feed conversion efficiency of three edible mealworm species (Coleoptera: Tenebrionidae) on diets composed of organic by-products. *Journal of insect physiology*, **73**:1-10.
- Van der Fels-Klerx, H.J., Camenzuli, L., Belluco, S., Meijer, N. and Ricci, A., 2018. Food safety issues related to uses of insects for feeds and foods. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, **17(5)**:1172-1183.
- Van Huis A., van Itterbeeck J, Klunder H, Mertens E, Halloran A, Muir G, Vantomme P. 2013. Edible Insects: future prospects for food and feed security. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy.
- Van Huis, A. and Oonincx, D.G., 2017. The environmental sustainability of insects as food and feed. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, **37**:1-14.
- 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., 2015. Edible insects contributing to food security? *Agriculture & Food Security*, **4**:1-9.
- Van Huis, A., van Gorp, H. and Dicke, M., 2012. *Het insectenkookboek*. Atlas.
- Vandeweyer, D., Wynants, E., Crauwels, S., Verreth, C., Viaene, N., Claes, J., Lievens, B. and Van Campenhout, L., 2018. Microbial dynamics during industrial rearing, processing, and storage of tropical house crickets (*Gryllobates sigillatus*) for human consumption. *Applied and Environmental Microbiology*, **84(12)**:255-18.
- Vantomme, P., Göhler, D. and N'Deckere-Ziangba, F., 2004. Contribution of forest insects to food security and forest conservation: the example of caterpillars in Central Africa. *ODI wildlife policy briefing*, **3(4)**:345-352.
- Vicencio, A.G., Narain, S., Du, Z., Zeng, W.Y., Ritch, J., Casadevall, A. and Goldman, D.L., 2008. Pulmonary cryptococcosis induces chitinase in the rat. *Respiratory research*, **9(1)**:1-6.
- Waddell, I.S. and Orfila, C., 2022. Dietary fiber in the prevention of obesity and obesity-related chronic diseases: From epidemiological evidence to potential molecular mechanisms. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1-16.
- Walkowiak, K., Kowalczewski, P.Ł., Kubiak, P. and Baranowska, H.M., 2021. Effect of cricket powder addition on <sup>1</sup>H NMR mobility and texture of pork pate. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 2021. 191-194.
- Wang, D., Bai, Y.Y., Li, J.H. and Zhang, C.X., 2004. Nutritional value of the field cricket (*Gryllus testaceus* Walker). *Insect Science*, **11(4)**:275-283.
- Wang, Y.-S., & Shelomi, M. (2017). Review of black soldier fly (*Hermetia illucens*) as animal feed and human food. *Foods*, **6(10)**, 91. DOI: 10.3390/foods6100091.

- Wilkinson, K., Muhlhausler, B., Motley, C., Crump, A., Bray, H. and Ankeny, R., 2018. Australian consumers' awareness and acceptance of insects as food. *Insects*, **9**:1-11
- Wilsanand, V. 2005. Utilization of termite, *Odontotermes formosanus* by tribes of South India in medicine and food. *Natural Product Radiance*, **4(2)**:121–125.
- Wolter, M., Grant, E.T., Boudaud, M., Steimle, A., Pereira, G.V., Martens, E.C. and Desai, M.S., 2021. Leveraging diet to engineer the gut microbiome. *Nature reviews Gastroenterology & hepatology*, **18(12)**:885-902.
- World Health Organization, 2019. Food and Agriculture Organization of the United Nations, World Organisation for Animal Health. Taking a multisectoral, one health approach: a tripartite guide to addressing zoonotic diseases in countries, 166.
- Wynants, E., Crauwels, S., Verreth, C., Gianotten, N., Lievens, B., Claes, J. and Van Campenhout, L., 2018. Microbial dynamics during production of lesser mealworms (*Alphitobius diaperinus*) for human consumption at industrial scale. *Food Microbiology*, **70**:181-191.
- Xiang, H., Liu, X., Li, M., Zhu, Y.N., Wang, L., Cui, Y., Liu, L., Fang, G., Qian, H., Xu, A. and Wang, W., 2018. The evolutionary road from wild moth to domestic silkworm. *Nature ecology & evolution*, **2(8)**:1268-1279.
- Xiaoming, C., Ying, F., Hong, Z. and Zhiyong, C., 2010. Review of the nutritive value of edible insects. *Forest insects as food: humans bite back*, 85.
- Yazici, G.N. and Ozer, M.S., 2021, October. Using edible insects in the production of cookies, biscuits, and crackers: A review. In *Biology and Life Sciences Forum* (Vol. 6, No. 1, p. 80).
- Zamudio-Flores, P.B., Hernández-González, M. and García-Cano, V.G., 2019. Food supplements from a Grasshopper: A developmental stage-wise evaluation of amino acid profile, protein and vitamins in *Brachystola magna* (Girard). *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 561-568.
- Zhao, X., Vázquez-Gutiérrez, J.L., Johansson, D.P., Landberg, R. and Langton, M., 2016. Yellow mealworm protein for food purposes-extraction and functional properties. *PloS one*, **11(2)**:0147791.
- Zhao, Y. and Talha, M., 2021. Evaluation of food safety problems based on the fuzzy comprehensive analysis method. *Food Science and Technology*, 42.
- Zhao, Y., Trewyn, B.G., Slowing, I.I. and Lin, V.S.Y., 2009. Mesoporous silica nanoparticle-based double drug delivery system for glucose-responsive controlled release of insulin and cyclic AMP. *Journal of the American Chemical Society*, 131(24):8398-8400.
- Zielińska, E., Baraniak, B., Karaś, M., Rybczyńska, K. and Jakubczyk, A., 2015. Selected species of edible insects as a source of nutrient composition. *Food Research International*, **77**:460-466.
- Zielińska, E., Pankiewicz, U. and Sujka, M., 2021. Nutritional, physiochemical, and biological value of muffins enriched with edible insects flour. *Antioxidants*, **10(7)**:1122.

Zmora, N., Suez, J. and Elinav, E., 2019. You are what you eat: diet, health and the gut microbiota. *Nature reviews Gastroenterology & hepatology*, **16(1)**:35-56.



## 6 Seznam tabulek, obrázků a grafů

<b>Tabulka 1</b> Přehled základních údajů o cvrčkovi domácím ( <i>Acheta domestica</i> ).....	11
<b>Tabulka 2</b> Přehled základních údajů o potměníku moučném ( <i>Tenebrio molitor</i> ).....	12
<b>Tabulka 3</b> Přehled základních údajů o potměníku stájovém ( <i>Alphitobius diaperinus</i> ).....	13
<b>Tabulka 4</b> Přehled základních údajů o sarančeti stěhovavém ( <i>Locusta migratoria</i> ).....	14
<b>Tabulka 5</b> Srovnání procentuálního zastoupení proteinu v jednotlivých řádech jedlého hmyzu (Van Huis et al. 2013).....	18
<b>Tabulka 6</b> Množství aminokyselin (g/100g proteinu) u larev, dospělých brouků a svleků potměníka moučného ( <i>Tenebrio molitor</i> ) (Ravzanaadii et al. 2012).....	19
<b>Obrázek 1</b> Sušený cvrček domácí ( <i>Acheta domestica</i> ) (JR Unique 2021).....	11
<b>Obrázek 2</b> Živé larvy potměníka moučného ( <i>Tenebrio molitor</i> ) (Kettle Moraine 2022).....	12
<b>Obrázek 3</b> Larvy potměníka stájového ( <i>Alphitobius diaperinus</i> ) (Jesmond 2023).....	13
<b>Obrázek 4</b> Lyofilizované saranče stěhované ( <i>Locusta migratoria</i> ) (Alibaba 1999-2022).....	14
<b>Graf 1</b> Srovnání obsahu nutrientů mezi fermentovanými a nefermentovanými vzorky.....	24