

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE**

**Fakulta tropického zemědělství**



**Fakulta tropického  
zemědělství**

Jedlý hmyz z hlediska bezpečnosti potravin a výživy  
v rozvojových zemích

**Bakalářská práce**

Praha 2021

**Vypracoval:**

Pavel Pucholt

**Vedoucí práce:**

Ing. Klára Urbanová, Ph.D.



## **Prohlášení**

Čestně prohlašuji, že jsem tuto práci na téma Jedlý hmyz z hlediska bezpečnosti potravin a výživy v rozvojových zemích vypracoval samostatně, veškerý text je v práci původní a originální a všechny použité literární prameny jsem podle pravidel Citační normy FTZ řádně uvedl v referencích.

V..... dne .....

.....

Jméno studenta

## **Poděkování**

Děkuji Ing. Kláře Urbanové, Ph.D. za odborné vedení a poskytnutí cenných rad a připomínek při zpracování bakalářské práce. Taktéž chci poděkovat své rodině za podporu.

## **Abstrakt**

Bakalářská práce na téma Jedlý hmyz z hlediska bezpečnosti potravin a výživy v rozvojových zemích byla zpracována jako literární rešerše.

V úvodní kapitole byla popsána historie entomophagie, která poukazovala na poznatky o konzumaci hmyzu člověkem již po miliony let. Dále práce seznamovala s problematikou rozvojových zemí, jako je hlad, podvýživa a potřeba zajištění dostatečného množství potravin, pomocí potravinové bezpečnosti.

Jednou z hlavních kapitol byla bezpečnost konzumace hmyzu z hlediska mikrobiálních rizik, parazitických rizik, alergických reakcí, chemických kontaminací, toxických reakcí a způsobů skladování. Kapitola „Jedlý hmyz“, představovala kandidáty vhodné k chovu – cvrček domácí, potěmník moučný. Dále práce popisovala sběr hmyzu z volné přírody a dopady sběru na ekosystém. Způsob chovu jedlého hmyzu na farmách byl porovnáván s konvenčním chovem hospodářských zvířat, s ohledem na plochu, konverzi živin, množství spotřebované vody, emisí atd. Důležitou kapitolou byl Obsah živin v jedlém hmyzu.

Výsledkem bylo zjištění, že chov jedlého hmyzu, který není ve světě příliš rozšířen, je z hlediska bezpečnosti potravin výhodnější. Malé nároky na provoz farem poukázaly na dobré uplatnění v rozvojových zemích.

Práce sjednotila některé z dosavadních poznatků v oblasti entomofagie v různých zemích třetího světa.

**Klíčová slova:** entomophagie, potravinová bezpečnost, bezpečnost potravin, cvrček domácí, *Acheta domestica*, potěmník moučný, *Tenebrio molitor*, konzumace hmyzu

## **Author's abstract**

The Bachelor's thesis on the topic of edible insects in terms of food safety and nutritional perspective in developing countries was processed as a literature search. In the first part was described history of entomophagy, which points to knowledge about human consumption of insect for millions of years. Furthermore, the work introduced the issues of developing countries, which is hunger, malnutrition and the need to ensure a sufficient amount of food, through food security.

One of the main chapters was food safety in terms of microbial risks, parasitic risks, allergic reactions, chemical contamination, toxic reactions and storage methods. The chapter Edible insects presented candidates suitable for breeding – house cricket, mealworm. Furthermore, the work described the collection of insects from the wild and effects of collection on the ecosystem. The method of breeding edible insects on farms was compared with conventional livestock breeding, with regard to area, nutrient conversion, amount of consumed water, emissions, etc. An important chapter was the Content of nutrients in edible insect.

As a result, it has been found that the breeding of edible insects, which is not very widespread in the world, is more advantageous in terms of food safety. Small demands on the operation of farms indicate good employment in developing countries.

The work unified some of the existing knowledge in the field of entomophagy in various third world countries.

**Key words:** entomophagy, food security, food safety, house cricket, *Acheta domesticus*, mealworm, *Tenebrio molitor*, insects as food

# Obsah

<b>1.</b>	<b>Úvod .....</b>	<b>- 1 -</b>
<b>2.</b>	<b>Cíle .....</b>	<b>- 3 -</b>
<b>3.</b>	<b>Metodika.....</b>	<b>- 3 -</b>
<b>4.</b>	<b>Literární rešerše .....</b>	<b>- 4 -</b>
4.1	Historie entomofagie.....	- 4 -
4.2	Rozvojové země.....	- 5 -
4.2.1	Hlad a podvýživa .....	- 6 -
4.2.2	Potravinová bezpečnost (food security).....	- 7 -
4.3	Bezpečnost potravin (food safety) .....	- 7 -
4.3.1	Mikrobiální rizika .....	- 8 -
4.3.2	Parazitická rizika.....	- 10 -
4.3.3	Alergické reakce .....	- 11 -
4.3.4	Chemická kontaminace .....	- 11 -
4.3.5	Toxické reakce .....	- 12 -
4.3.6	Skladování.....	- 12 -
4.4	Jedlý hmyz .....	- 15 -
4.4.1	Hmyz vhodný k chovu .....	- 15 -
4.4.2	Kritéria .....	- 19 -
4.4.3	Ekologický dopad sběru hmyzu.....	- 20 -
4.4.4	Obsah živin .....	- 20 -
4.5	Chov jedlého hmyzu .....	- 22 -
4.5.1	Plocha.....	- 24 -
4.5.2	Konverze živin .....	- 25 -
4.5.3	Voda .....	- 25 -
4.5.4	Emise.....	- 26 -
4.5.5	Zpracování zbytků.....	- 26 -
4.5.6	Rychlost produkce.....	- 27 -
<b>5.</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>- 28 -</b>

## Seznam tabulek:

Tabulka 1: Vybrané druhy jedlého hmyzu (Zdroj: Ordoñez-Araque & Egas Montenegro 2021).....	- 16 -
--	--------

## Seznam obrázků:

Obrázek 1: Vývojový diagram – Přijetí jedlého hmyzu pro lidskou spotřebu (Zdroj: Belluco et al. 2013) .....	- 2 -
Obrázek 2: Rozvojové země (Sbw01f 2008).....	- 6 -
Obrázek 3: Etiketa kukel bource morušového (Foto: vlastní).....	- 13 -
Obrázek 4: Zmražené kukly bource morušového (Foto: vlastní) .....	- 14 -
Obrázek 5: Cvrček domácí (Acheta domesticus) (Foto:vlastní).....	- 17 -
Obrázek 6: Farma cvrčků v Thajsku (zdroj: Halloran et al. 2017).....	- 18 -
Obrázek 7: Larvální stadium potemníka moučného (Tenebrio molitor) (Foto: vlastní) .....	- 19 -
Obrázek 8: Graf bílkovin a tuků u vybraných druhů hmyzu (zdroj: D. Dobermann, 20017) .....	- 21 -
Obrázek 9: Produkty farmy cvrčků (Zdroj: FAO 2013).....	- 23 -
Obrázek 10: Vertikální chov potemníka moučného; A) larvy; B) dospělci (zdroj: Ruiz et al. 2016).....	- 24 -
Obrázek 11: Množství půdy, krmiva a vody potřebné k vyprodukování 1 kg živé hmotnosti zvířete a procenta jedlého zvířete (Zdroj: Dobermann 2017).....	- 26 -



## **Seznam zkratk použitých v práci:**

**FAO** – Food and Agriculture Organization of the United Nations

**KTJ/g** – kolonii tvořících jednotek na 1 gram

# 1. Úvod

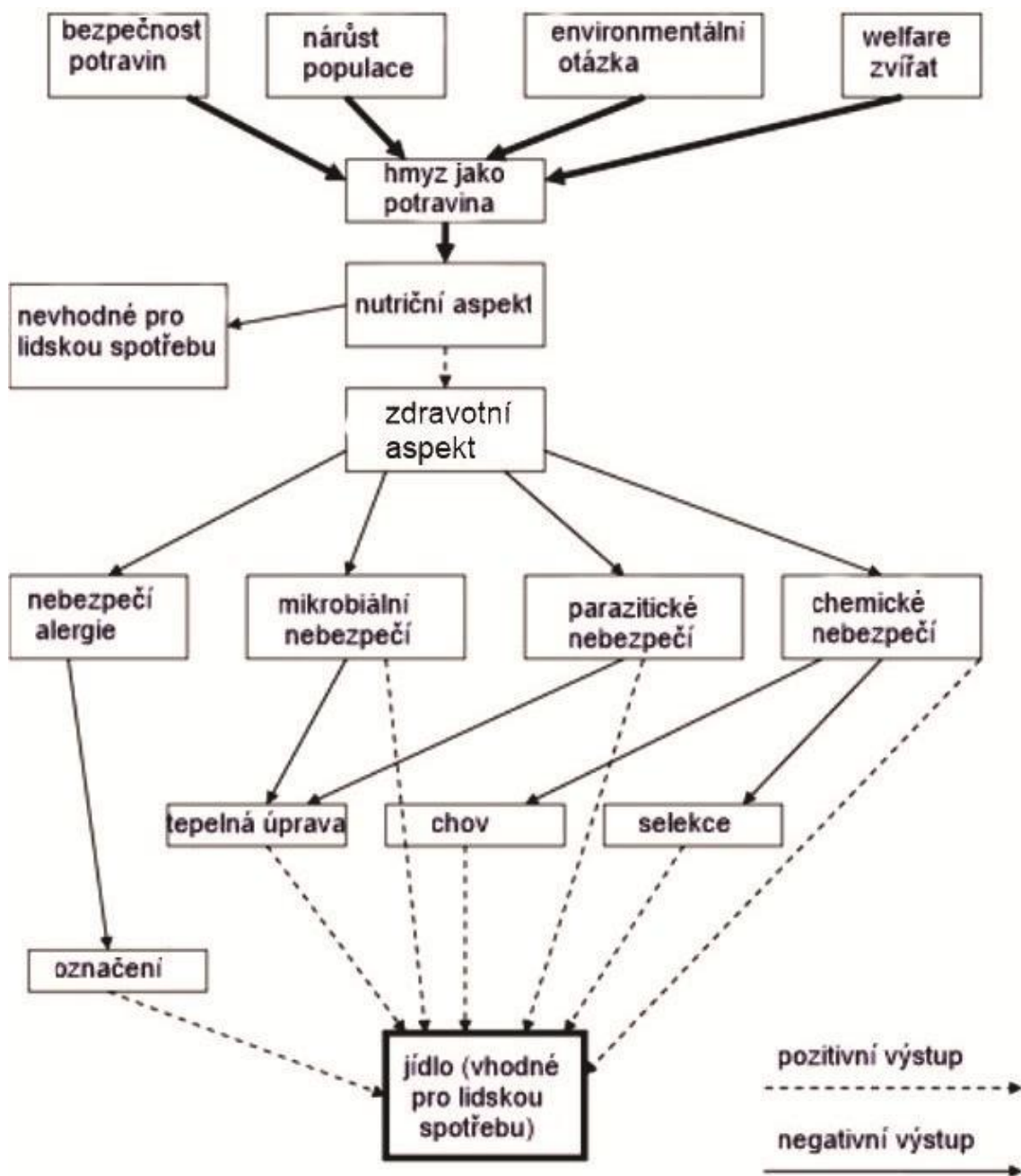
Hlavním tématem bakalářské práce je jedlý hmyz z hlediska bezpečnosti potravin a výživy v rozvojových zemích. Vzhledem ke stále rostoucí populaci je nutné hledat alternativní zdroje výživy obyvatel, zvláště pak v oblastech s vysokou mírou chudoby, kterými rozvojové země jsou. Tyto oblasti se, mimo jiné, potýkají také s nedostatkem vody, která je v zemědělské produkci velmi důležitá. Podle FAO (2017) budou do roku 2025 trpět dvě třetiny světa nedostatkem vody. Spotřeba vody pro hospodářská zvířata je značná. Na webových stránkách společnosti Sens, která se zabývá chovem jedlého hmyzu, je uvedeno porovnání spotřeby vody cvrček vs skot. Množství vody pro cvrčky je 2000× menší (damesens 2018). Voda je však jen jeden z faktorů. Také například užitná plocha, konverze živin, rychlost produkce jsou dalšími aspekty, o kterých bude tato práce pojednávat.

Podle některých autorů odborných článků, je celosvětově asi 92 % jedlého hmyzu sklizeno z volné přírody (Yen 2015). Pouze malé množství je chováno způsobem „minilivestock“. Tento termín označuje hmyz a jiné malé organismy, které lze chovat, a které mohou lidé konzumovat (Abbasi et al. 2016). Chovem jedlého hmyzu je zaručena kvalita a bezpečnost, oproti hmyzu sklizenému z volné přírody. Sběr hmyzu z volné přírody může také způsobit vyhynutí či ohrožení druhů (Yen 2015). Příkladem je *Comadia redtenbacheri* používaný v mezcalu (alkoholický nápoj), mravenec *Liometopum apiculatum*, nebo nosatec *Scyphophorus acupunctatus* (Ramos-Elorduy 2006).

Neméně důležitým faktorem je fakt, že jedlý hmyz obsahuje bílkoviny, tuky, vitaminy a minerály v takovém množství, které splňuje výživové požadavky pro člověka (Feng et al. 2017).

Z toho vyplývá, že chov jedlého hmyzu je pro budoucnost lidstva velice významný. Jedná se o nadčasovou surovinu, která kladně ovlivní dopad na životní prostředí. Chov hmyzu je také nenáročnější a ve srovnání s chovem skotu mnohem efektivnější.

Rizika spojená s přijetím jedlého hmyzu jako zdroje potravy jsou znázorněna na Obr. 1.



Obrázek 1: Vývojový diagram – Přijetí jedlého hmyzu pro lidskou spotřebu (Zdroj: Belluco et al. 2013)

## **2. Cíle**

Cílem práce bylo shrnutí poznatků o využití jedlého hmyzu zvláště v rozvojových zemích z hlediska bezpečnosti potravin a výživových aspektů různých druhů jedlého hmyzu.

## **3. Metodika**

Literární rešerše byla vypracována na základě studia vědeckých publikací. Vědecké publikace byly vyhledávány především na Web of Science, Google Scholar. Vyhledávání probíhalo podle klíčových slov: entomophagy, edible insect, developing country, insect nutrition. Pro rešerši bylo využito 117 zdrojů.

## 4. Literární rešerše

### 4.1 Historie entomofagie

Konzumace hmyzu neboli „entomofagie“ je součástí lidské existence po miliony let (DeFoliart 1999; Kinyuru et al. 2010). Archeologické důkazy i analýzy zkamenělých výkalů ukazují, že lidstvo se vyvinulo jako hmyzožravý druh (Madsen & Schmitt 1998; Ramos-Elorduy 2009). K upřednostňované skupině hmyzu konzumovaného prehistorickým člověkem patřili termiti a existují důkazy, že *Australopithecus robustus*, předchůdce *Homo sapiens*, při jejich sběru používal kosti (Backwell & d'Errico 2001; van Huis 2003). Je zřejmé, že lidstvo je rodem, žijícím se hmyzem do dnešní doby (Brothwell & Brothwell 1998; McGrew 2014; Sutton 1990). Obsah živin ve stravě na bázi hmyzu mohl hrát významnou roli při rozvoji lidského mozku (Fontaneto et al. 2011; Raubenheimer et al. 2014). Vysoké poměry izotopu uhlíku 13 oproti izotopu uhlíku 12 a stroncia vůči vápníku, nalezené v zubní sklovině *Paranthropus* a *Australopithecus*, naznačují stravu bohatou na hmyz (Sponheimer et al. 2005; Mlček et al. 2014). V novějším období Řekové a Římané využívali také entomofagii (Harris 1985), stejně tak Aztékové, Egypťané a řada dalších kultur (Bodenheimer 1951; Premalatha et al. 2011; Van Itterbeeck & van Huis 2012). Entomofagie zůstává nadále využívána v několika částech světa, zejména v Americe, jihovýchodní Asii a Africe. V 88 zemích těchto regionů člověk konzumuje asi 1700 druhů hmyzu (Raubenheimer & Rothman 2013).

Je předpoklad, že nástup náboženství během posledních 3 500 let způsobil úbytek entomofagie (Premalatha et al. 2011; van Huis 2013). Důvodem je, že v některých náboženstvích se přívržencům doporučuje jíst pouze určité druhy červeného nebo bílého masa, zatímco v některých jiných náboženstvích se konzumace jakékoli jiné formy živočišných bílkovin nedoporučuje vůbec. Taktéž kolonizace Asie, Afriky a Ameriky Evropany během několika minulých století, zapříčinila úpadek entomofagie. Jedlý hmyz se dříve považoval za „indické jídlo“ anebo za potravu „otroků“. Tyto předsudky vedly k tomu, že hmyz patřil k jídlům nízké prestiže a lidé jej tedy odmítali (Ramos-Elorduy

2009). Ti, kteří u entomofagie zůstali, se stále potýkají s problémem přiznat to, že hmyz je součástí jejich jídelníčku (Looy & Wood 2006; Looy et al. 2013).

Není pochyb o tom, že vynechání hmyzu z potravy a spoléhání se výhradně na běžná hospodářská zvířata, nepříznivě ovlivnilo, vzhledem k nárůstu populace, pro miliardy lidí celosvětovou dostupnost potravin, a tím také ohrozilo ekosystém Země v podobě skleníkových plynů, velkého úbytku vody apod. (Abbasi et al. 2016).

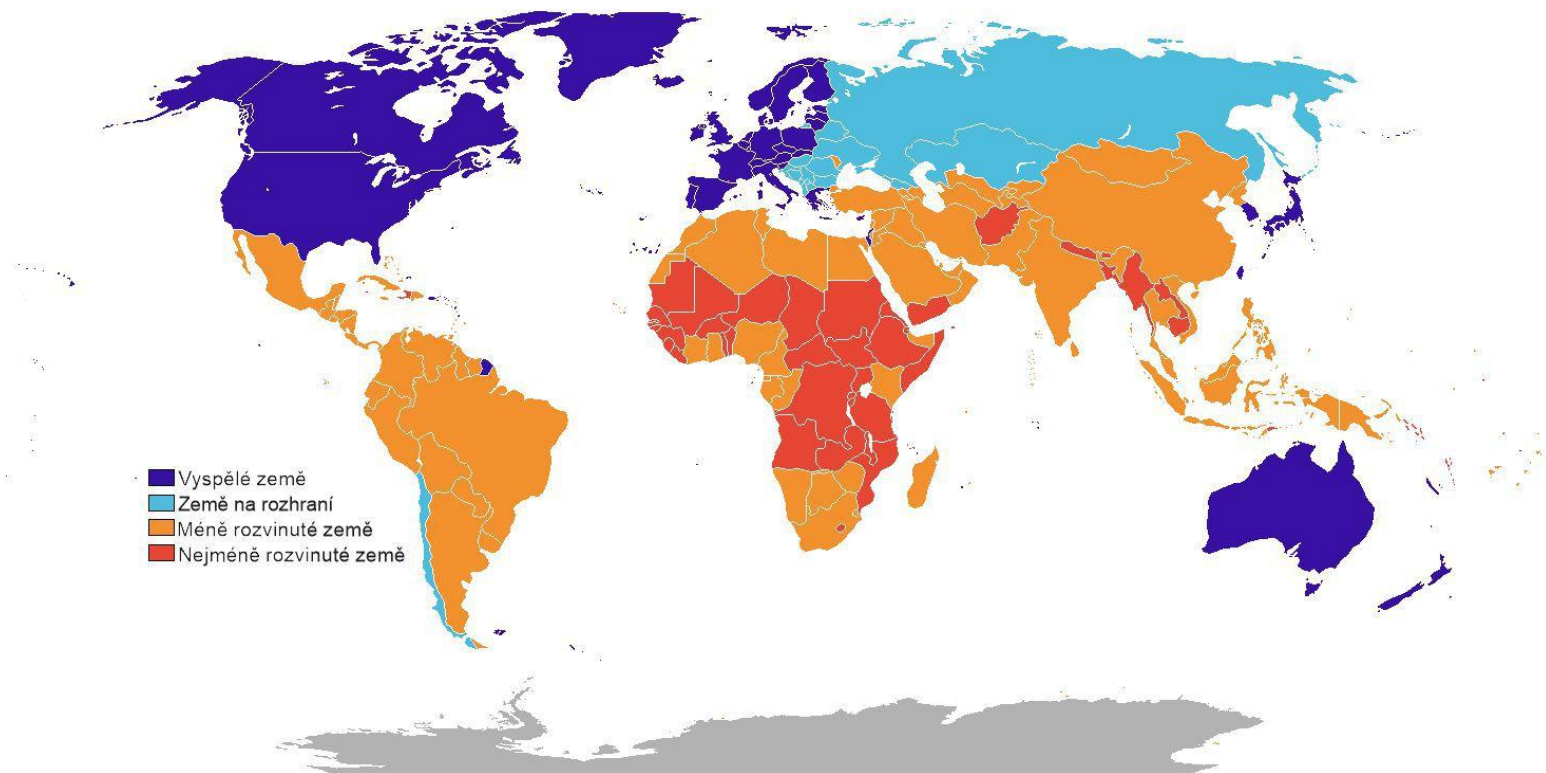
## **4.2 Rozvojové země**

Rozvojovými zeměmi (méně rozvinuté země, nejméně rozvinuté země viz. Obr. 2) bývá označována většina států Asie, severní a subsaharské Afriky, Latinské Ameriky, Oceánie a některé země východní i jihovýchodní Evropy. Společným znakem těchto zemí je nízká úroveň socioekonomického rozvoje. Rozvojové země bývaly koloniemi. Hlavním ukazatelem je vysoká míra chudoby, negramotnosti, epidemie, v některých zemích stále probíhající války a hladomory. Země jsou závislé na zemědělské produkci. Nejsou schopny konkurovat vyspělým ekonomikám na globálním trhu. Rozvojové země mají několik dalších označení, např. Třetí svět, země globálního Jihu nebo státy G77 (Dušková 2011).

Když porovnáme země Třetího světa s vyspělými zeměmi, rozdíl se projeví především v chudobě. Většina obyvatel stále žije tradičním způsobem života a to hlavně na vesnici. K významným změnám dochází právě v zemědělství, kde je produkce zemědělských plodin zaměřena na vývoz a je jen v malé míře ponechána pro místní spotřebu (Giddens 1999).

Podle výzkumů 70 % chudých lidí na celém světě žije na venkově. Veškeré přežití je závislé na zemědělské činnosti, pěstování zemědělských plodin a chovu dobytka. Tento způsob života je velmi náročný, bez patřičného finančního ohodnocení (Exnerová & Volfová 2008). U těchto lidí se projevuje podvýživa, problémy vyplývající z nedostatečného vzdělání, nízká průměrná délka života, špatné zázemí, nevyhovující bydlení atd. (Giddens 1999).

Na venkově jsou až tři čtvrtiny obyvatel, které se potýkají s chudobou, hladem, podvýživou. Jsou nemajetní, nevlastní žádnou půdu nebo jen malé pozemky (Jeníček & Foltýn 2010).



**Obrázek 2: Rozvojové země (Sbw01f 2008)**

#### **4.2.1 Hlad a podvýživa**

Při nedostatku jídla člověk pocítí hlad. Pokud hlad přetrvává více dní, týdnů nebo měsíců, dokonce i let, nastává podvýživa. Podvýživa znamená nedostatečný nebo nevyvážený příjem živin pro správnou funkci tkání a orgánů (worldhunger 2018).

Podvýživu může způsobovat i nedostatek mikroživin v potravinách. Pomocí jedlého hmyzu lze právě z těchto důvodů obohatit nutričně chudé potraviny. Příkladem je kaše z čiroku obohacená o bílkoviny, esenciální aminokyseliny a tuky z termitů (van Huis 2013). Podvýživa může začít v děloze a šířit se po generaci. Matka, která nemá během těhotenství správný příjem živin, porodí podvyživené dítě. Pokud dojde k podvýživě během prvních 1 000 dnů života dítěte, dojde k nevratné poruše růstu, má vliv na kognitivní schopnosti, ovlivní negativně školní výkonnost a tím i pozdější schopnost pracovat. Chronicky podvyživené děti v dospělosti velmi často porodí děti s nízkou porodní váhou. Tito jedinci později dosahují nižšího vzdělání a menšího uplatnění na trhu práce (Reinhardt & Fanzo 2014).

Takto cyklus pokračuje z generace na generaci. Poškození bývá trvalé, zvrátit by ho bylo možné pouze změnami v příčinách podvýživy (worldhunger 2018).

## **4.2.2 Potravinová bezpečnost (food security)**

Za potravinovou bezpečnost se považuje fakt, že všichni lidé mají kdykoliv fyzický a ekonomický přístup k dostatečnému množství zdravotně nezávadného a výživného jídla, které splňuje jejich stravovací potřeby a nutriční hodnoty pro jejich aktivní a zdravý život (FAO 2006).

Termín „potravinová bezpečnost“ (food security) se někdy chybně zaměňuje s termínem „bezpečnost potravin“ (food safety). První termín označuje, jak je uvedeno výše, zabezpečení a zajištění potravin v dostatečném množství pro lidi celého světa. Druhý termín vymezuje hygienickou a zdravotní nezávadnost potravin (Babička 2012).

## **4.3 Bezpečnost potravin (food safety)**

Za zdravotně nezávadné jsou považovány potraviny, které splňují chemické, fyzikální a mikrobiologické požadavky na zdravotní nezávadnost, kterou stanovují právní předpisy, nebo které jsou dány do oběhu s příslušným souhlasem Ministerstva zdravotnictví (např. doplňky stravy). Hlavní podmínkou bezpečné potraviny je, že nesmí poškodit zdraví spotřebitele, pokud je dodržen návod k použití. Zákon o potravinách jednoznačně říká, že do prodeje může být zařazen jen takový produkt, který tyto podmínky splňuje. Aby byly všechny podmínky splněny, je nutné zajistit, aby hygiena a bezpečnost výrobků byla dodržena ve všech výrobních krocích, od nákupu surovin přes její zpracování, expedici až po prodej spotřebiteli (Babička 2012).

Aspekty posuzované v oblasti bezpečnosti potravin je nutné dodržovat i při získávání a dalšího zpracování jedlého hmyzu. Jedlý hmyz se v rozvojových zemích získává nejčastěji sběrem z volné přírody, až 92 % (Yen 2015), a je tradičním způsobem obživy mnoha kultur v Africe, Asii a Latinské Americe, nebo, prozatím okrajově, chovem na farmách. Při chovu hmyzu se uplatňuje větší kontrola hygienických postupů a bezpečných zdrojů vody a krmiva pro hmyz (Murefu et al. 2019). Ve srovnání s konvenčním chovem hospodářských zvířat, ve kterém je častý výskyt zoonóz, jako je například H1N1 (ptačí chřipka) a BSE (nemoc šílených krav) hmyz představuje menší



riziko přenosu infekcí. Přesto je důležité posoudit i další faktory, které ovlivňují bezpečnost těchto potravin (FAO 2013).

#### 4.3.1 Mikrobiální rizika

Studie z Botswany (Mpuchane et al. 1996) uvádějí šíření plísní, včetně členů rodů *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Cladosporium* a *Phycomycetes* spp. ve sluncem sušených housenkách (*Gonimbrasia belina*). Některé druhy patřící k *Aspergillus*, *Penicillium* a *Fusarium* jsou mykotoxické a ve výrobcích byly zjištěny aflatoxiny. Nigérijská studie (Banjo et al. 2006) odhalila mikrobiální populaci obsaženou ve střevě a povrchu mouchy domácí (*M. domestica*) a na larvách nosorožka (*O. monoceros*). Byly zde izolovány patogeny, které obsahovaly *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus* a koliformní bakterie (*E. coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella aerogenes*, *Aerobacter aerogenes*). Další studie uskutečněná v brojlerových chovech v Alžírsku prokázala, že potěmník stájový (*Alphitobius diaperinus*), obsahoval vysokou hladinu patogenních bakterií (Agabou & Alloui 2010). Bylo zjištěno, že ve střevech těchto druhů hmyzu se nacházejí gramnegativní bakterie včetně koliformních bakterií a streptokoků, zatímco na povrchu těla se nacházejí *Staphylococcus* spp., *Micrococcus* spp. a *Salmonella* spp. Další studie (Amadi et al. 2005, 2014) uvádí výskyt bakterií na kůži a uvnitř střev larev *Bunaea alcinoe* a dospělých *Rhynchophorus phoenicis* odchycených z volné přírody v Nigérii. Bakteriální populace byla vyšší ve střevech proti povrchu těla hmyzu. Izolované bakterie patřily k rodům *Staphylococcus*, *Bacillus*, *Micrococcus*, *Acinetobacter*, *Klebsiella*, *Pseudomonas* a *Serratia*. Přítomnost *Staphylococcus aureus* a *Bacillus cereus* byla významná kvůli jejich schopnosti produkovat enterotoxiny. *Staphylococcus aureus* může být zničen vařením. Také v Nigérii (Braide et al. 2011) uvádějí vysoké bakteriální a plísňové populace ve zpracovaných, pražených nebo na slunci sušených larvách *Bunaea alcinoe* a izolovaných *Pseudomonas* a *Proteus* spp. kromě toxigenních *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus* a *Escherichia coli*. Zjištění poukázala na nedostatečné tepelné nebo jiné zpracování (sušení). Rod bakterií *Pseudomonas* a *Proteus* spp. je proteolytický, rozpouští bílkoviny, a někdy lipolytický, štěpí tuky. Jejich obsah ovlivňuje chuť potravin, nutriční hodnoty a celkově je znehodnocuje. Plísňové kmeny včetně *Aspergillus*, *Penicillium* a *Fusarium* spp.,

produkcí mykotoxinů, byly také identifikovány. Tyto bakterie a houby byly také izolovány ve zpracovaných *R. phoenicis* zakoupených od maloobchodníků na trzích pod širým nebem v jižní Nigérii, což naznačuje špatné zpracování nebo špatnou hygienu a nedostatečnou manipulaci během maloobchodu (Braide et al. 2011). V samostatné studii byly popsány kvalitativní charakteristiky *R. phoenicis* shromážděné v zóně tropického deštného pralesa v Nigérii (Opara et al. 2012). U čerstvě odchyceného hmyzu byly identifikovány bakterie *Escherichia coli* a *K. aerogenes*, zatímco *Staphylococcus* spp. byl izolován v tepelně zpracovaných vzorcích odebraných na tržišti. Kontaminace *Staphylococcus* spp. *R. phoenicis* byla přičítána nedostatečnému tepelnému zpracování a nehygienické manipulaci přímo u sběračů hmyzu.

Bylo prokázáno, že při různých způsobech úpravy hmyzu dochází k dekontaminaci. Příkladem je studie Mujuru et al. (2014) v Zimbabwe, která uvádí snížení mikroorganismů v *G. belina* po zpracování různými tradičními metodami. Housenky, zbavené střev, byly po dobu 30 minut vařeny ve slané vodě. Následovalo sušení na slunci a opětovné vaření ve slané vodě. Dále byl hmyz pražen na pánvi nebo na horkém popelu. Pražení horkým popelem bylo nejméně účinné a zachovalo si nejvyšší obsah koliformních bakterií *E. coli* a *S. aureus* oproti zpracování vařením nebo pečením. Při sušení housenek na slunci došlo k opětovné kontaminaci plísněmi. Také bylo prokázáno, že pokud se při odstraňování střev u housenek použily rukavice, byl produkt méně kontaminován *S. aureus*. Toto zjištění podpořilo význam hygieny při manipulaci během zpracování.

Jiná studie (Klunder et al. 2012) se zabývala mikrobiologickou kvalitou chovaného potměníka moučného (*Tenebrio molitor*) a cvrčků (*Acheta domesticus* a *Brachytrupes* spp.) Analýza byla provedena u čerstvých, vařených, pečených a skladovaných vzorků. Autoři studie uváděli přítomnost Enterobacteriaceae ( $10^4 - 10^6$  KTJ/g) a spórotvorných bakterií ( $10^2 - 10^4$  KTJ/g) v čerstvém hmyzu. Po 5 minutovém vaření byly odstraněny Enterobacteriaceae, nikoli však bakterie vytvářející spory. Bylo zjištěno, že se vařený hmyz, který byl zchlazen na 5 – 7 °C lze bezpečně skladovat po dobu 2 týdnů. Při pokojové teplotě se doba skladování zkracuje na jeden týden, pokud hmyz nebyl vysušen nebo acidifikován. Samotné pražení pro eliminaci *Enterobacteriaceae* nebylo vhodné, protože nedošlo k dostatečnému provaření vnitřních

tkání. Z tohoto důvodu bylo před pražením doporučeno krátké blanšírování v horké vodě.

Jedna ze studií se zabývala průmyslovou dekontaminací hmyzu pomocí plazmy. Prvním způsobem byla úprava studenou plazmou, při které se používají ionizované plyny. Tento způsob byl účinnější pro povrchovou dekontaminaci. Použití hydrostatického tlaku 600 MPa a tepelné úpravy po dobu 15 minut v 90 °C vodě bylo lepší na inaktivaci střevní mikrobioty (Rumpold et al. 2014).

### 4.3.2 Parazitická rizika

Další riziko spojené s konzumací hmyzu představují paraziti. Studie z jihovýchodní Asie (Chai et al. 2009) popisuje přítomnost střevních motolic v oblastech, kde je konzumace hmyzu tradiční. Šest z 65 druhů střevních motolic zmiňovaných v článku bylo izolováno ze vzorků hmyzu. Mezi nimi je i *Phaneropsolus bonnei* (Lecithodendriid). Poprvé byla popsána při pitvě člověka v roce 1951 v Jakartě v Indonésii a později nalezena u opic v Malajsii a Indii v roce 1962. Případ výskytu byl poté hlášen i u 15 lidských pitev v provinční nemocnici Udornthani na severovýchodě Thajska. Paraziti byli objeveni u hmyzu, který se v těchto částech světa běžně konzumuje. Tudíž je předpoklad, že lidé byli nakaženi konzumací hmyzu.

Existují další případy, kdy byl hmyz vektorem pro parazity. Například zákeřnice jsou nositeli *Trypanosoma cruzi*, která způsobuje Chagasovu chorobu (americká trypanosomóza). K nakažení došlo kontaminací lidské potravy nebo při náhodném požití zákeřnice (Pereira et al. 2010).

Dalším hmyzem, který může člověka ohrozit parazity, jsou švábi. Hlavním problémem tohoto jedlého hmyzu je především místo výskytu. Ač je šváb americký (*Periplaneta americana*) považován v některých částech Asie a Afriky za pochoutku, v některých oblastech Nigérie je jeho konzumace nevhodná vzhledem k výskytu v blízkosti latrín a skládek odpadu (van Huis 2003). Šváby se často živí lidskými výkaly, a proto mohou být kontaminováni cystami střevních prvoků (Pai et al. 2003).

Hmyz obecně může přenášet parazitární cysty z výkalů na potraviny. Veškerá infekční stadia parazitů lze však zničit vhodnou tepelnou úpravou (Doyle 2003).

Všechna předešlá popisovaná rizika se týkala hmyzu z volné přírody. U chovaných cvrčků nebyl dosud výskyt parazitů zaznamenán (Cassi 2018).

### **4.3.3 Alergické reakce**

Pokud organismus přehnaně, hypersenzitivně nebo nepřiměřeně reaguje na běžné látky z našeho prostředí, jedná se o alergickou reakci. Alergie se může projevovat různě. Může se objevit pouze kožní reakce nebo dojít k anafylaktickému šoku. Někdy může končit i smrtí (Jane 2020).

Pokud je organismus vystaven alergenům v potravinách, může být taktéž zdravý člověk ohrožen (Verhoeckx et al. 2015). Obvykle je reakce způsobena bílkovinami, obsaženými v potravinách. V Africe není stále dostatek informací o alergenitě jedlého hmyzu, některé případy však zaznamenány byly. V Botswaně popsali Okezie et al. (2010) případ, kdy u 36leté ženy došlo po konzumaci housenky martináče (*Gonimbrasia belina*), ke dvěma epizodám anafylaktických šoků, které se projevíly svědivou kožní vyrážkou, otokem obličeje a mírnou hypotenzí.

Podle Penera (2014) může po konzumaci kobylek, sarančat a cvrčků dojít k akutní alergické reakci. Piromrat et al. (2008) popsali sedm případů anafylaxe způsobené smaženými kobyčkami a cvrčky, které zaznamenali na nemocniční pohotovosti v Thajsku. Lopata et al. (2005) uvedli případ alergie způsobené africkou sarančí stěhovavou (*Locusta migratoria*) a izolovali potenciální alergen. Taktéž kukly bource morušového mohou být příčinou alergické reakce (Ji et al. 2008).

Faktory, způsobující alergické reakce, vyžadují další výzkum. Obsah alergenů v potravinách vyrobených z jedlého hmyzu je možné ovlivnit vhodným zpracováním, kterým je tepelné zpracování, fermentace, enzymatická a kyselá hydrolýza, vysokotlaké zpracování, ozařování, použití konzervačních látek, změny pH nebo jejich kombinace (Vědecký výbor EFSA 2015; Mills et al. 2009; Thomas et al. 2007).

### **4.3.4 Chemická kontaminace**

Při sběru z volné přírody, na rozdíl od chovu hmyzu, hrozí nebezpečí, že hmyz bude kontaminován pesticidy, které byly proti nim použity. Je uveden příklad z Thajska, kde byl na trhu prodáván hmyz ošetřený právě pesticidy, a následná otrava způsobila

závažné zdravotní potíže konzumentů (DeFoliart 1999). Druhý případ se stal v Kuvajtu v letech 1988-1989. Po ošetření plodin pesticidy byly odebrány vzorky sesbíraných sarančat k laboratornímu vyšetření. Výsledné hodnoty ukazovaly obsah pesticidů organofosforu, které by mohly závažně poškodit zdraví konzumentů (Saeed et al. 1993).

Také kontaminace jedlého hmyzu těžkými kovy může ohrozit zdraví. Byla zveřejněna studie z Ugandy o vysoké koncentraci olova, chromu a nižší koncentraci kadmia u kobylek (*Ruspolia differens*), které spásaly v době rojení vegetaci v blízkosti odpadních výpustí průmyslových továren (Kasozi et al. 2019).

#### **4.3.5 Toxické reakce**

Stejně jako u rostlin, hub a zvířat je důležité mít znalosti o obsahu škodlivých látek u hmyzu. Tyto látky mohou být přítomny v potravě nebo si ho hmyz sám vytváří, například k obraně před predátory. Je tedy důležité rozlišovat mezi bezpečným a nebezpečným hmyzem, stejně jako např. v říši hub (Holt 1885).

U řady hmyzu se toxicita nemusí objevit ihned. Například u brouků čeledi *Dytiscidae* se vyskytla některá chemická rizika spojená s obsahem metabolických steroidů (tj. Dihydrotestosteron, testosteron) (Belluco et al. 2013). Pokud jsou potraviny obsahující tento hmyz pravidelně konzumovány, mohou způsobit hypofertilitu, zpomalení růstu, maskulinizaci u žen, žloutenku, otoky nebo dokonce rakovinu jater (Belluco et al. 2013).

Chov hmyzu musí odpovídat platným předpisům o bezpečnosti potravin. Hmyz určený ke konzumaci by neměl obsahovat toxické látky poškozující zdraví lidí.

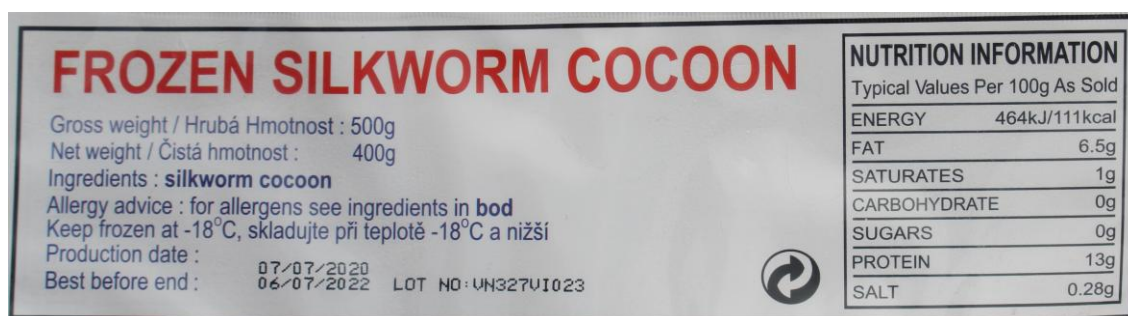
Dalším parametrem je vhodné skladování, které by mělo eliminovat nežádoucí toxiny produkované mikroorganismy, jako jsou plísně nebo bakterie.

#### **4.3.6 Skladování**

Vzhledem k vysokým africkým teplotám je skladování produktů z hmyzu velmi náročné. I po poměrně krátké expozici okolní teplotou dochází ke kontaminaci produktu

(Mpuchane et al. 2000). Zhruba 70 % bakteriálních vzorků z produktu bylo proteolytických (rozkládajících bílkoviny) a přibližně 75 % bylo buď chitinolytických (rozkládajících chitin) anebo lipolytických (štěpících tuky). Ze vzorku byly často izolovány spórotvorné látky a mykotoxické bakteriální kmeny rodů *Aspergillus*, *Penicillium* a *Fusarium*. Při skladování po dobu 5-8 měsíců byly nalezeny druhy skladových škůdců *Dermestes maculatus*, *Sitophilus zeamais*, *Corcyra cephalonica*, *Tribolium confusum*, *Tribolium castaneum*, *Oryzaephilus surinamensis*, *Bracon hebetor*, *Anisopteromalus cavandrae*, *Stathmopoda* a různé druhy roztočů.

V Ugandě byla zkoumána trvanlivost potravin z hmyzu (u kobylek *Ruspolia nitidula*). Trvanlivost hmyzu, bez dalšího zpracování, se pohybuje mezi 1-2 dny (Ssepuuya et al. 2016). Pokud dojde ke konzervaci restováním, sušením a následným skladováním při pokojové teplotě za pomoci neprůhledného vakuového materiálu, může být trvanlivost prodloužena na 12 týdnů (Ssepuuya et al. 2016). Pokud byl produkt zchlazen, prodloužila se doba použitelnosti z 12 na 22 týdnů. Při zmražení se doba trvanlivosti prodlužuje dokonce na 2 roky. Veškeré potřebné informace pro spotřebitele musí být přehledně uvedeny na etiketě produktu, viz. Obr. 3, který odkazuje na balení kukel bource morušového, určeného ke konzumaci. Na Obr. 4 je detailně zobrazeno balení kukel bource morušového v zmraženém stavu. Jedná se o import z Vietnamu, dostupný v ČR.



**Obrázek 3: Etiketka kukel bource morušového (Foto: vlastní)**



**Obrázek 4: Zmražené kukly bource morušového (Foto: vlastní)**

V Nigérii byla prověřována mikrobiologická kvalita moučky z červů skladované v nylonových pytlích v běžných podmínkách po dobu 9 měsíců (Awoniyi et al. 2004). Po laboratorním rozboru vzorku bylo zjištěno, že se počet bakterií zvýšil trojnásobně. Množství plísní se zvýšilo 18krát kvůli rehydrataci. Obsah vlhkosti se zvýšil ze 7,4 % na 23,1 %. V bakteriální populaci dominovaly patogenní a enterotoxigenní bakterie (*Bacillus cereus*, *Corynebacterium pyogenes*, *Micrococcus tetragenus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* a *Streptococcus faecalis*). Z plísní převládaly *Aspergillus flavus* (aflatoxin) a *Fusarium moniliforme* (fumonisin). Z tohoto pozorování vyplývá, že mikrobiologickou kvalitu ovlivňuje skladování v nevhodných podmínkách. V Zimbabwe Musundire et al. (2016) objevili aflatoxin u sebraného hmyzu v přírodě uchovávaného v nádobách od hnoje nebo ve špinavých pytlích. Bylo prokázáno, že ke kontaminaci došlo tímto způsobem. Vzhledem k tomu, že kontaminace hnojem je velice nebezpečná, je důležité dbát na vhodné hygienické podmínky při sběru a následném uchovávání jedlého hmyzu.

## 4.4 Jedlý hmyz

Jedlý hmyz hraje důležitou roli ve výživě obyvatel rozvojových zemí. Způsob získávání hmyzu je zastoupen z 92 % odchycem z volné přírody (Yen 2015) nebo chovem. Jedním z nejčastěji chovaných druhů hmyzu je Cvrček domácí (*Acheta domestica*). Zejména v Thajsku se chovem cvrčků zabývá více než 20 000 farem s roční produkcí 7 500 tun (Hanboonsong & Durst 2015). Chovem se zabývají i sousedící státy, Laos a Vietnam (van Huis et al. 2013).

Chov hmyzu, s ohledem na místní příznivé klima není nijak složitý. Lidé zde hmyz chovají na dvorku v budovách jednoduché konstrukce (van Huis et al. 2013). Dalším nezanedbatelným aspektem, po přímé konzumaci rodinami, je ekonomický význam. Jedná se o příjem, který je pro chudé obyvatelstvo rozvojových zemí důležitý, ať už při domácím chovu či sběru, nebo chovu v průmyslovém měřítku (van Huis et al. 2013). Podle studií FAO (2013) je také významným finančním příjmem i pouliční prodej hmyzu určený k přímé konzumaci.

V Kambodži se chov hmyzu stal klíčovým faktorem v boji proti venkovské chudobě. Chudé rodiny a drobní farmáři si produkcí cvrčků zvyšují svou životní úroveň (Guiné 2020).

V mnoha dalších afrických zemích, jako je Keňa, Kamerun, Uganda a Burundi, poskytuje hmyz příjmy mnoha lidem v celém dodavatelském řetězci jedlého hmyzu, včetně farmářů, sběratelů, maloobchodníků i velkoobchodníků (Odongo et al. 2018; Tamesse et al. 2018; Baiano 2020).

Mezi země s nejvyšší spotřebou jedlého hmyzu patří Demokratická republika Kongo, Konžská demokratická republika, Středoafriická republika, Kamerun, Uganda, Zambie, Zimbabwe, Nigérie a Jižní Afrika (Guiné 2020).

### 4.4.1 Hmyz vhodný k chovu

Existuje přibližně 2000 druhů jedlého hmyzu, z celkového počtu více než milionu druhů hmyzu. Jedlý hmyz může sloužit jako potrava pro lidi i hospodářská zvířata. Výzkum



stále probíhá a pravděpodobně se počet druhů hmyzů vhodného ke konzumaci zvýší (Imathiu 2020). Přehled nejčastěji chovaného jedlého hmyzu viz. tabulka 1.

**Tabulka 1: Vybrané druhy jedlého hmyzu (Zdroj: Ordoñez-Araque & Egas-Montenegro 2021)**

Řád	Český název	Latinský název
Coleoptera	potemník stájový	<i>Alphitobius diaperinus</i>
Coleoptera	plesnivec obilní	<i>Alphitobius laevigatus</i>
Coleoptera	nosatec	<i>Rhynchophorus ferrugineus</i>
Coleoptera	potemník moučný	<i>Tenebrio molitor</i>
Coleoptera	potemník brazilský	<i>Zophobas morio</i>
Diptera	mucha černá	<i>Hermetia illucens</i>
Diptera	moucha domácí	<i>Musca domestica</i>
Hymenoptera	včela medonosná	<i>Apis mellifera</i>
Lepidoptera	zavíječ malý	<i>Achroia grisella</i>
Lepidoptera	zavíječ voskový	<i>Galleria mellonella</i>
Lepidoptera	bourec morušový	<i>Bombyx mori</i>
Lepidoptera	martináč	<i>Gonimbrasia belina</i>
Orthoptera	cvrček domácí	<i>Acheta domestica</i>
Orthoptera	cvrček krátkokřídý	<i>Gryllodes sigillatus</i>
Orthoptera	cvrček černý	<i>Gryllus bimaculatus</i>
Orthoptera	saranče stěhovavá	<i>Locusta migratoria</i>
Orthoptera	saranče americká	<i>Schistocerca americana</i>
Orthoptera	saranče všežravé	<i>Schistocerca gregaria</i>

Nejrozšířenějším druhem hmyzu chovaným na farmách je cvrček domácí a potemník moučný.

#### 4.4.1.1 Cvrček domácí *Acheta domestica*

Říše Animalia – živočichové

Kmen Arthropoda – členovci

Třída Insecta – hmyz

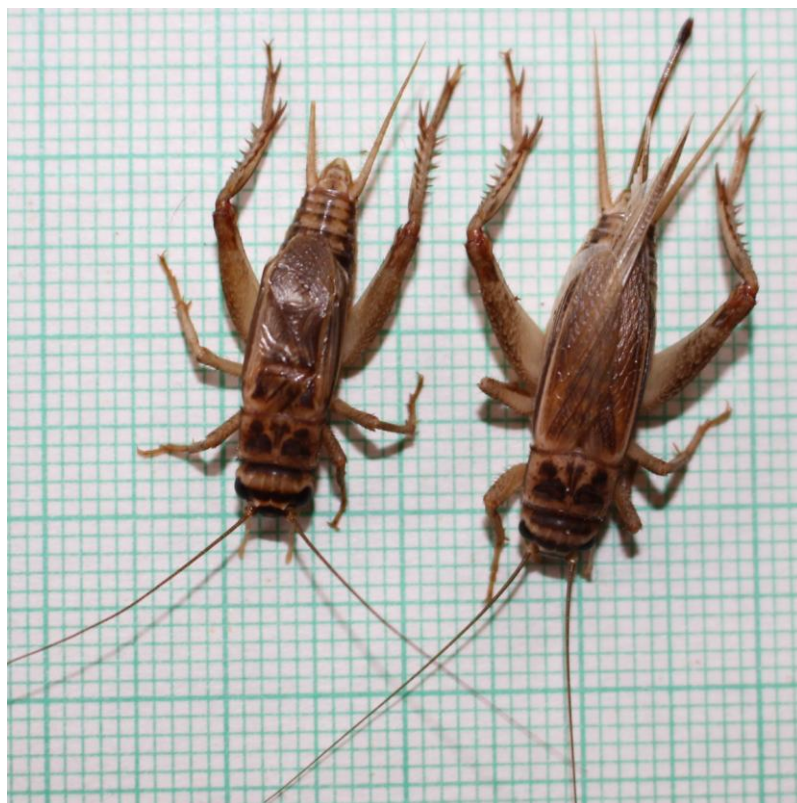
Řád Orthoptera – rovnokřídí

Čeď Gryllidae – cvrčkovití

Rod *Acheta* – cvrček

Cvrček domácí má délku těla 16 – 20 mm. Je světle hnědý s tmavšími kresbami.

U tohoto druhu je patrný pohlavní dimorfismus, samec je menší než samice, u samice je zřetelné kladélko viz. Obr. 5. Aktivní je hlavně v noci (Bellmann 2008).



**Obrázek 5: Cvrček domácí (*Acheta domestica*) (Foto: vlastní)**

Samička snáší do vlhkého substrátu 1200 – 1500 vajíček (Patton 1978). Do dvou týdnů se líhnou drobné nymfy. Během růstu dochází 11× k svleku. Cvrček dospívá ve 2 měsících (Kořínek ©1999-2021)

Ke krmení se je možné využít komerční krmivo pro hospodářská zvířata s vysokým obsahem bílkovin. Do věku 20 dnů stáří od vylíhnutí se používá v Thajsku např. krmivo pro kuřata s obsahem bílkovin 21 %. Následně je podáváno krmivo s nižším obsahem bílkovin. Důležité je napájení čistou vodou. Několik dní před sklizní, která probíhá ve 45 dnech stáří, je podávána zelenina a ovoce (dýně, maniokové listy, listy svlačce, vodní meloun atd.), a to z důvodu úspory krmiva a ke zlepšení chuti finálního produktu (FAO 2013).

Technika chovu cvrčků se mezi jednotlivými farmami mírně liší. Cvrčci jsou chováni v kontejnerech různé velikosti a tvarů. Do kontejnerů jsou vloženy obaly na vejce z nasávané kartonáže, které jsou k tomuto účelu optimální, viz. Obr. 6. Obaly nabídnou cvrčkům úkryt a zvětší užitnou plochu kontejneru (FAO 2013).



Obrázek 6: Farma cvrčků v Thajsku (Zdroj: Halloran et al. 2017)

#### 4.4.1.2 *Potemník moučný Tenebrio molitor*

Říše Animalia – živočichové

Kmen Arthropoda – členovci

Třída Insecta – hmyz

Řád Coleoptera – brouci

Čeleď Tenebrionidae – potemníkovití

Rod *Tenebrio* – potemník

Délka těla dospělého potemníka moučného je 12 – 18 mm. Hlava je široká, plochá a válcovité krovky jsou podélně rýhované. Zbarvení obvykle tmavohnědé nebo černé (Bellmann 2008).

Potemník moučný má 4 vývojová stádia: vejce, larva, kukla a dospělec. Samice klade přibližně 500 vajíček, k líhnutí dochází v závislosti na teplotě po 4 – 6 dnech (Siemianowska 2013). Stádium larvy trvá 26 – 76 dní. Larva má žlutohnědou barvu, viz. Obr. 7. Poté následuje fáze kukly, která trvá 5 – 17 dní (LeYuan et al. 2013). Poslední fází vývoje je dospělec, který žije 2 – 3 měsíce (Hong et al. 2020).

Potemník moučný je všežravý, jako krmivo může být použito rostlinných i živočišných zbytků. Složení stravy by mělo obsahovat 20 % bílkovin. V komerčních chovech se tyto brouci krmí převážně obilnými otrubami nebo pšeničnou, ovesnou, kukuřičnou moukou. Příjem vody je zajištěn podáváním ovoce a zeleniny (Hong et al. 2020).



**Obrázek 7: Larvální stádium potemníka moučného (*Tenebrio molitor*) (Foto: vlastní)**

#### **4.4.2 Kritéria**

Hmyz z chovu určený ke konzumaci musí splňovat určitá kritéria. Ideální kandidáti by měli mít vysokou produkci vajíček. U cvrčků domácích to je 1200 – 1500 od jedné samičky a u potemníka moučného přibližně 500 vajíček. U obou druhů je také zásadní vysoká líhivost vajíček. U bource morušového např. optimální synchronizace zakuklení.

Také vysoká hmotnost larev nebo kukel u jedlého hmyzu je podstatným faktorem. Dalším ukazatelem vhodnosti jsou nízké náklady na krmení, obsah vysoce kvalitních bílkovin a nenáročnost chovu (Dobermanna et al. 2017)

#### **4.4.3 Ekologický dopad sběru hmyzu**

Odvracenou stranou ekonomického přínosu je neudržitelnost sběru hmyzu z volné přírody, který může vést k ekologickým škodám (Illgner & Nel 2005). Dochází k ohrožení nebo přímo vyhubení některých druhů hmyzu (Yen 2015), například *Comadia redtenbacheri*, *Liometopum apiculatum*, *Scyphophorus acupunctatus* (Elorduy 2006). Dalším zástupcem je mimo jiné tesařík *Xixuthrus heyrovskyi* pojmenovaný po československém entomologovi Leopoldu Hejrovském. K jeho vymizení přispěli domorodci z ostrovů Fidži, kteří po zákazu lidojedství našli v tučných, více než 20 cm dlouhých, larvách, snadno dostupný zdroj nutričně bohaté potravy (Mareš & Lapáček 1980).

#### **4.4.4 Obsah živin**

Podle výzkumů autorů Rumpolda & Schlütera (2013a); Xia et al. (2011); Ayieko et al. (2012); Kinyuru et al. (2013); Mlček et al. (2014); Chakravorty et al. (2014); Dzerofos & Witkowski (2014) je zřejmé, že z 249 druhů jedlého hmyzu patřících do 9 řádů, u nichž byla testována jejich nutriční hodnota, má 83 % obsah bílkovin vyšší než 40 % jejich tělesné hmotnosti a 43 % má obsah bílkovin vyšší než 60 % jejich tělesné hmotnosti. Většina (72 %) druhů byla také bohatá na obsah lipidů a ve svých tělech měla více než 40 % lipidů. Téměř třetina druhů měla 30 % nebo více proteinů i lipidů.

Studie Ramos - Elorduy & Pinto (1990) hodnotící 94 druhů hmyzu, které se běžně konzumují jako potrava pro člověka prokázala, že 50 % mělo vyšší kalorickou hodnotu než sója, 87 % mělo vyšší hodnotu než kukuřice, 63 % bylo lepší než hovězí maso a 70 % mělo lepší hodnoty než ryby, čočka nebo fazole. Pouze 9 analyzovaných druhů obsahovalo méně než 30 % bílkovin.

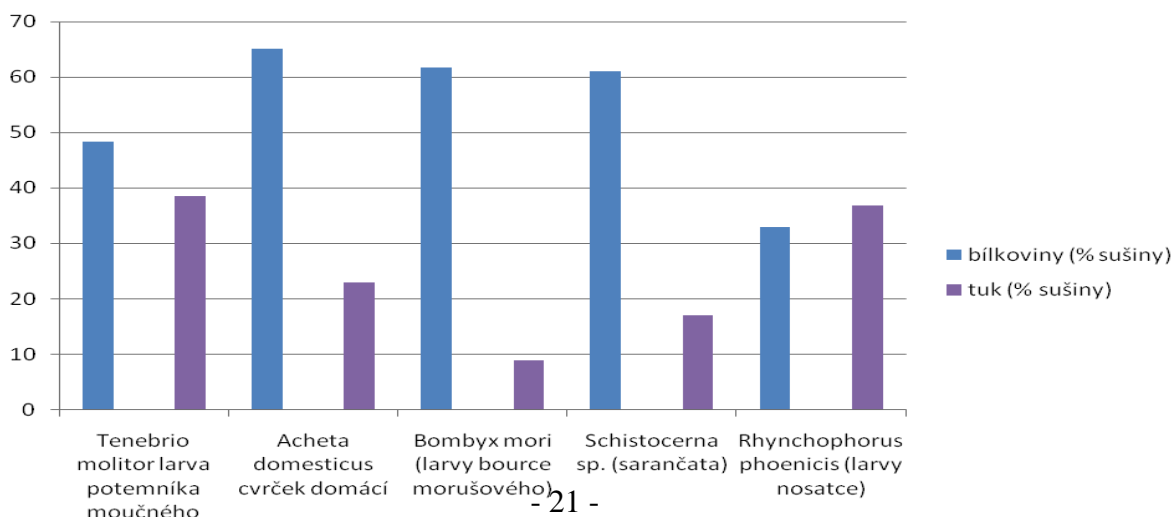
Jiná studie uvádí, že u osmi druhů hmyzu konzumovaných v Thajsku byl zjištěn obsah více než 37,5 % bílkovin. Dokonce 4 druhy hmyzu obsahovali více než 50 % bílkovin (Raksakantong et al. 2010).

### Proteiny

Proteiny, které hmyz obsahuje, jsou velmi dobře stravitelné. V těchto proteinech se vyskytují všechny důležité aminokyseliny ve vhodném poměru. Uvádí se stravitelnost mezi 77 % až 98 %, což je významná hodnota (Ramos - Elorduy et al. 1997). U některých druhů hmyzu je kvalita bílkovin nižší. Důvodem je exoskelet. Jedná se o vnější schránku tvořenou chitinem. Tím, že se při zpracování jedlého hmyzu schránka odstraní, hodnoty bílkovin se zvýší (DeFoliart 2002). Obsah bílkovin závisí i na druhu hmyzu, viz. Obr. 8. Odstraněné schránky by se do budoucna podle studie DeFoliart (1992) mohly stát významným zdrojem vlákniny, a tím najít i pro tyto zbytky uplatnění.

### Tuky

Další důležitou nutriční hodnotou je tuk. Podle druhu hmyzu se obsah tuku mění viz. Obr. 8. Rozdíly jsou výrazné, od 7 g do 77 g/100 g suché hmotnosti (Ramos - Elorduy et al. 1997). Housenky a termity obsahují tuku více (Bukkens 2005) a podle DeFoliart (1992) obsahuje některý hmyz v porovnání s masem více esenciálních mastných kyselin, jako jsou linolové, anebo linolenové kyseliny. Pro porovnání například *Bombyx mori* má vyšší obsah lipidů než hovězí maso. Jak uvádí Rowe et al. (1997), tento druh sice obsahuje vysokou koncentraci cholesterolu (214 mg 100/g), avšak hodnoty jsou mnohem nižší než celkový cholesterol skotu například v játrech (273,9 mg 100/g). Hladiny cholesterolu se u jedlého hmyzu liší v závislosti na druhu hmyzu a podávané potravě (Ritter 1990).



Obrázek 8: Graf bílkovin a tuků u vybraných druhů hmyzu (Zdroj: D. Dobermann, 20017)

## **Minerály a vitaminy**

Řada studií uvádí, že jedlý hmyz je významným zdrojem minerálů a vitaminů. Oliveira et al. (1976) zjistili, že například housenka *Usta terpsichore* je bohatým zdrojem železa, mědi, zinku, thiaminu (vitamin B1) a riboflavinu (B2).

21 druhů housenek studovaných v Zairu (Malaisse & Parent 1980) mělo vysoký obsah železa. 100 g tohoto hmyzu poskytlo v průměru 33,5 % minimální denní potřeby.

Z hlediska obsahu minerálů a vitaminů, existují rozdíly v množství mezi jednotlivými druhy hmyzu. Proto je nutné dodržovat určité kombinace při konzumaci potravin s obsahem jedlého hmyzu, aby byly splněny veškeré nutriční požadavky (Banjo et al. 2006; Cerritos 2009; Rumpold & Schlüter 2013).

Tyto hodnoty jsou natolik významné, že se o jejich využití uvažuje při doplnění stravy u dětí a těhotných žen v rozvojových zemích, u kterých je železo a zinek velmi důležitou součástí zdravého vývoje. (Scholl 2005; Craig 2010; Habimana et al. 2013).

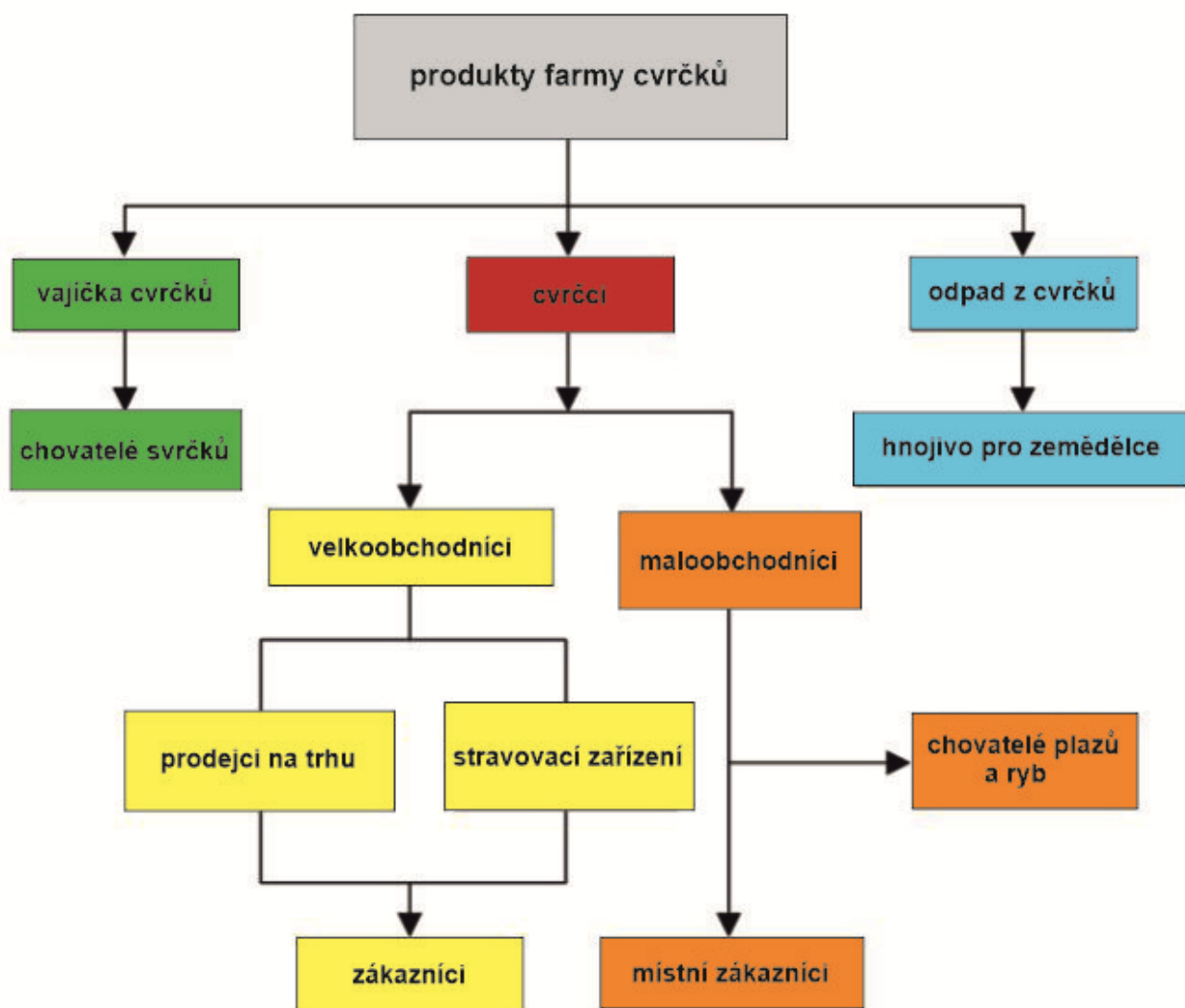
## **4.5 Chov jedlého hmyzu**

Na základě získaných informací se chov hmyzu, ačkoliv sběr z volné přírody stále převládá, jeví jako správná cesta pro získávání potravin s vysokým obsahem živin. Sběr z volné přírody má řadu nevýhod. První z nich je sezonnost. Všechny druhy hmyzu nejsou v přírodě k dispozici po celý rok. Chovem se dá také zajistit patřičná hygiena, dohled nad kvalitou podávaného krmiva a tím snížit rizika mikrobiální nákazy, otrav způsobených insekticidy a zlepšit nutriční hodnoty hmyzu než u volně žijícího. Důležitým aspektem je i udržitelnost ekologické rovnováhy týkající se zmenšování populace některých hmyzích druhů.

Oproti chovu konvenčních zvířat hmyz nevyžaduje velký prostor, má nízkou spotřebu vody, vyšší konverzi živin. Chov hmyzu nezpůsobuje tak vysokou produkci skleníkových plynů, přitom výtěžnost je daleko vyšší než u konvenčně chovaných zvířat. Předností je také rychlost produkce.

Když porovnáme náročnost péče o zvířata např. na farmách hovězího dobytka, je chov hmyzu, co se týče pracovní síly, daleko snazší, a umožňuje pracovní uplatnění celým

rodinám. Hmyzí farmy nabízí i další produkty. Kromě hmyzu samotného mohou farmáři prodávat i část snůšky vajíček hmyzu jiným farmářům, taktéž odpad (výkaly) lze prodat jako kvalitní hnojivo, viz. Obr. 9.



Obrázek 9: Produkty farmy cvrčků (Zdroj: FAO 2013)



### 4.5.1 Plocha

Hmyz lze chovat a množit na mnohem menší ploše, než která je potřebná u běžně chovaných hospodářských zvířat, viz. Obr. 11. Například k chovu potemníka moučného stačí několik přepravek. I ve velkých chovech je úspora místa značná. Jedlý hmyz má tu výhodu, že může být chován vertikálně, viz. Obr. 10 (van Huis et al. 2013).



**Obrázek 10: Vertikální chov potemníka moučného;  
A) larvy; B) dospělci (Zdroj: Ortiz et al. 2016)**

Oonincx & de Boer (2012) uvádějí, že k produkci 1 kg bílkovin potřeboval potemník moučný pouze 10 % půdy potřebné k produkci hovězího masa.

Tyto údaje se mohou lišit u různých druhů hmyzu, ale jednoznačně poskytují důležité informace o tom, že plocha půdy potřebná k chovu hmyzu je podstatně menší než plocha potřebná pro konvenční chov hospodářských zvířat.

#### **4.5.2 Konverze živin**

Z každého spotřebovaného kilogramu krmiva vytvoří hmyz více živočišných bílkovin než běžná hospodářská zvířata (Gullan & Cranston 2005; van Huis 2013). Cvrčci dokážou vytvořit ze 1,7 kg krmiva 1 kg živé hmotnosti (Collavo et al. 2005). U kuřecího masa se spotřeba zvyšuje na 2,5 kg, u vepřového na 5 kg a u hovězího na 10 kg krmiva na výrobu 1 kg živé hmotnosti (Smil 2002). Procento jedlé hmotnosti u drůbeže a prasat je 55 %, u skotu 40 %. U jedlého hmyzu procento jedlé hmotnosti činí dokonce 80 %, viz. Obr. 11 (van Huis 2013).

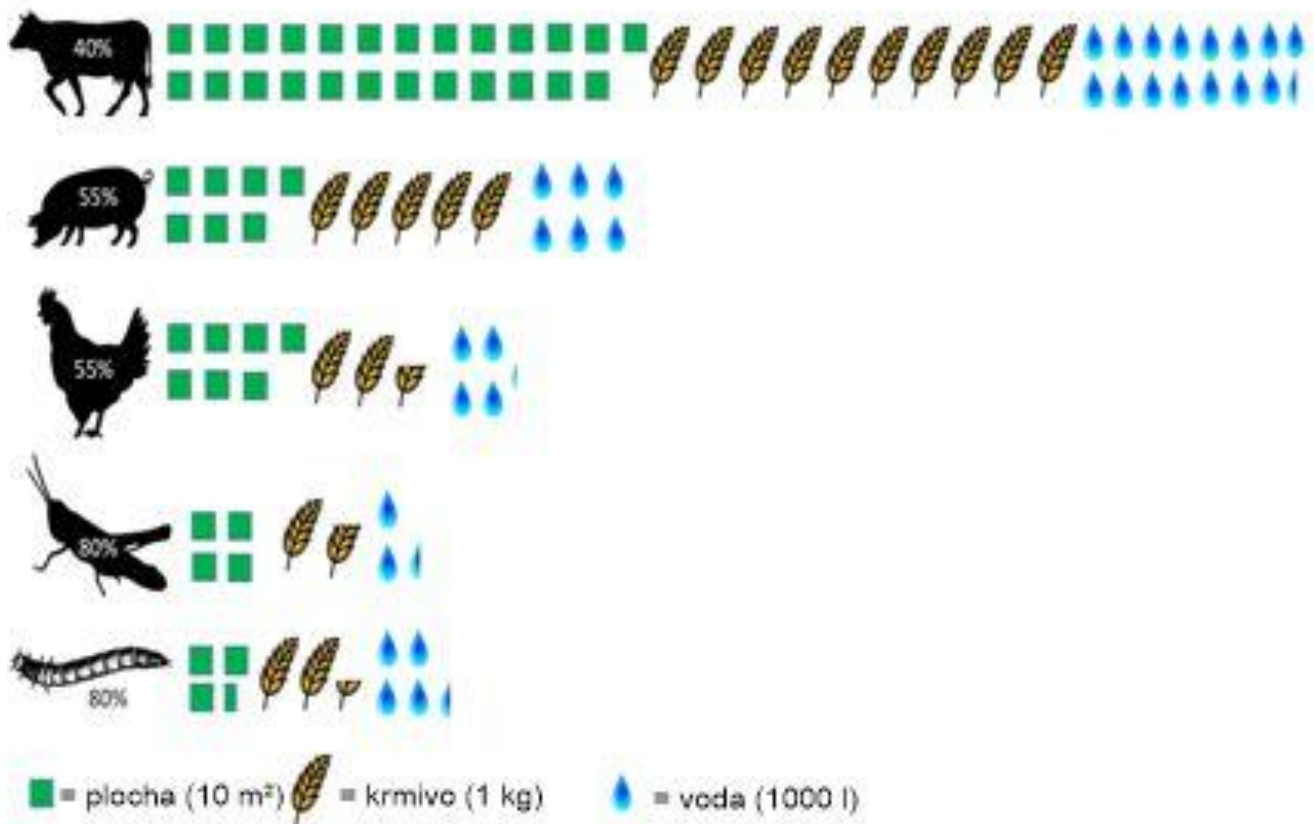
Hmyz je navíc poikilothermický, jeho tělesná teplota odpovídá teplotě okolního prostředí. Díky tomu hmyz ztrácí mnohem méně energie a živin na udržení své tělesné teploty, než je tomu u teplokrevných hospodářských zvířat (Lindroth 1993; Oonincx et al. 2010).

#### **4.5.3 Voda**

Chov hospodářských zvířat vyžaduje velkou spotřebu vody, viz. Obr. 11. Zvláště rozvojové země se v dnešní době s nedostatkem vody často potýkají. FAO (2017) uvádí, že do roku 2025 dokonce dvě třetiny světa budou trpět nedostatkem vody.

Podle Pimentela et al. (1997) je na 1 kg brambor, pšenice, rýže nebo sojových bobů potřeba 500-2000 l vody. Na 1 kg hovězího masa je třeba 43 000 l vody, oproti tomu při chovu cvrčků nebo potemníka moučného je na 1 kg hmyzích proteinů spotřeba pouze 40 litrů vody (Abbasi et al. 2016).

Některé druhy hmyzu získávají potřebnou vodu pouze ze vzdušné vlhkosti nebo z krmiva.



**Obrázek 11: Množství půdy, krmiva a vody potřebné k vyprodukování 1 kg živé hmotnosti zvířete a procenta jedlého zvířete (Zdroj: Dobermann 2017)**

#### 4.5.4 Emise

Běžná hospodářská zvířata produkují velké množství skleníkových plynů. Chov hospodářských zvířat odpovídá za 14 % celosvětových emisí skleníkových plynů (Gerber et al. 2013). Oproti tomu u jedlého hmyzu je produkce těchto plynů výrazně nižší, např. metan hmyz neprodukuje vůbec (Oonincx et al. 2010).

Co se týče emisí  $\text{NH}_3$  např. u prasete je znečištění 8-12× vyšší než u cvrčka a až 50× vyšší než u sarančete (Oonincx & de Boer 2012).

#### 4.5.5 Zpracování zbytků

Jedním z důležitých faktorů je snížení ekonomické náročnosti chovu jedlého hmyzu. Finanční náklady mohou být sníženy zejména využitím zemědělského a potravinového

odpadu. Každý rok končí třetina potravin v celém světě na skládce. Zpracování odpadu tímto způsobem se jeví jako velmi prospěšné.

Odpad, který byl testován u chovu potměnky moučného nebo cvrčka domácího, je velice rozmanitý. Ke krmení lze využít pivovarský odpad, pečivo, slupky z brambor, pšeničné otruby, zahradní odpad, kuchyňský odpad, komunální potravinový odpad a další zbytky (Varelas 2019). Lze také zpracovat odpad ze zemědělské činnosti, který nejde jinak využít. Například maniokové listy, nadzemní části taro, mladé listy ledvinovníku západního (Megido et al. 2015).

#### **4.5.6 Rychlost produkce**

Na rozdíl od běžných hospodářských zvířat se hmyz velmi rychle množí a také rychleji dosahuje dospělosti. Ve srovnání s konvenčním dobytkem každý jedinec vyprodukuje stovky až tisíce potomků. Tito potomci dosáhnou dospělosti během několika dní (Abbasi et al. 2016).

## 5. Závěr

Jedlý hmyz doprovázel člověka již po miliony let. Zařazení hmyzu do jídelníčku dopomohlo, díky vysokému obsahu živin, k vývoji lidského druhu. Dnešní člověk je již vyspělým druhem, avšak jedlý hmyz mu opět může pomoci přežít. Vzhledem k stálému nárůstu populace se hledají alternativní zdroje výživy, kterými právě hmyz může být.

Rozvojové země se stále potýkají s řadou problémů. Mnoho obyvatel trpí hladem a podvýživou. Organizace zajišťující humanitární pomoc těmto zemím se snaží o potravinovou bezpečnost (food security). Pomoc by měla zajistit obyvatelstvu dostatek kvalitních potravin. Tato strategie však není do budoucna zřejmě udržitelná. Významnější by pro tyto země byla samostatnost v získávání potravin a finančních prostředků plynoucích z místní produkce. Toto vše by právě chov jedlého hmyzu mohl zajistit.

Hmyz určený ke konzumaci člověkem musí splňovat určitá kritéria. Bezpečnost potravin (food safety) je jedno z nejdůležitějších hledisek. V dnešní době je stále 92 % jedlého hmyzu získáno z volné přírody. U hmyzu sklizeného tímto způsobem je velmi obtížné zajistit všechny faktory bezpečnosti. U chovaného hmyzu, při dodržování předepsaných hygienických standardů, je předpoklad, že mikrobiální, parazitická, chemická a další rizika budou co nejnižší a to i při skladování.

V oblasti entomophagie se stále hledají další možnosti a postupy. Podle dosavadních zkušeností se pro chov hmyzu osvědčili především dva druhy, cvrček domácí (*Acheta domestica*) a potemník moučný (*Tenebrio molitor*). Tyto druhy splňují několik důležitých kritérií. Mají vysokou nutriční hodnotu, dobře stravitelné proteiny, nízkou hladinu cholesterolu. Důležitým ukazatelem je také vysoká produkce vajíček a krátká doba vývoje do sklizně.

Rozvojové země se potýkají také s velkým nedostatkem pitné vody a zemědělské půdy. Chov hmyzu je tedy efektivnější než chov konvenčních hospodářských zvířat. Spotřeba vody a nároky na plochu jsou při chovu hmyzu nesrovnatelně nižší. Dalším faktorem upřednostňujícím chov hmyzu oproti chovu hospodářských zvířat je konverze živin. Hmyz dokáže zpracovat rostlinné i živočišné zbytky, které nelze jinak využít a přetvořit je na kvalitní, nutričně bohatou potravinu.

Na základě všech získaných informací je jasné, že chov jedlého hmyzu v rozvojových zemích má velký potenciál. Ač se jedlým hmyzem člověk živil již miliony let je patrné, že se jedná o potravinu budoucnosti. Nesmíme opomenout fakt, že chov jedlého hmyzu ve srovnání s konvenčním chovem hospodářských zvířat je také mnohem šetrnější k životnímu prostředí.

## Reference

- Abbasi T, Abbasi T, Abbasi SA. 2016. Reducing the global environmental impact of livestock production: the minilivestock option. *Journal of Cleaner Production* **112**:1754-1766.
- Agabou A, Alloui N. 2010. Importance of *Alphitobius diaperinus* (Panzer) as a Reservoir for Pathogenic Bacteria in Algerian Broiler Houses. *Veterinary World* **3**:71-73.
- Amadi EN, Ogbalu OK, Barimalaa IS, Pius M. 2005. Microbiology and nutritional composition of an edible larva (*Bunaea alcinoe* Stoll) of the Niger Delta. *Journal of Food Safety* **25**:193-197.
- Awoniyi TAM, Adetuyi FC, Akinyosoye FA. 2004. Microbiological investigation of maggot meal, stored for use as livestock feed component. *Journal of Food, Agriculture and Environment* **2**:104-106.
- Ayieko M, Kinyuru J, Ndong'a M, Kenji G. 2012. Nutritional value and consumption of black ants (*Carebara vidua* Smith) from the Lake Victoria region in Kenya. *Advance Journal of Food Science and Technology* **4**:39-45.
- Babička L. 2012. Průvodce světem potravin. Mze Odbor bezpečnosti potravin, Praha.
- Backwell LR, d'Errico F. 2001. Evidence of termite foraging by Swartkrans early hominids. *PNAS* **98**:1358-1363.
- Baiano A. 2020. Edible insects: An overview on nutritional characteristics, safety, farming, production technologies, regulatory framework, and socio-economic and ethical implications. *Trends in Food Science & Technology* **100**:35–50.
- Banjo AD, Lawal OA, Songonuga EA. 2006. The nutritional value of fourteen species of edible insects in southwestern Nigeria. *African Journal of Biotechnology* **5**:298-301.
- Bellmann H. 2008. Velká kniha o zvířatech. Euromedia Group, Praha.

Belluco S, Losasso C, Maggioletti M, Alonzi CC, Paoletti MG, Ricci A. 2013. Edible Insects in a Food Safety and Nutritional Perspective: A Critical Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* **12**:296-313.

Bodenheimer FS. 1951. *Insect as Human Food*. Springer, Dordrecht.

Braide W, Oranusi SU, Udegbonam LI, Oguoma OI, Akobundu C, Nwaoguikpe RN. 2011. Microbiological quality of an edible caterpillar of an emperor moth, *Bunaea alcinoe*. *Journal of Ecology and the Natural Environment* **3**:176 -180.

Brothwell D, Brothwell P. 1998. *Food in Antiquity: A Survey of the Diet of Early People*. John Hopkins University Press, Baltimore and London.

Bukkens SGF. 2005. Insects in the Human Diet Nutritional Aspects. Pages 545-577 in Paoletti MG editor. *Ecological implications of minilivestock: Potential of insects, rodents, frogs and snails*. Science Publishers, Inc., Padova.

Cassi FX, Supeanu A, Jansson A, Boqvist S, Vagsholm I. 2018. Novel foods: a risk profile for the house cricket (*Acheta domesticus*). *EFSA Journal* **16**:1-15.

Cerritos R. 2009. *Insect as food: an ecological, social and economical approach*. CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources **4**:1-10.

Collavo A, GlewRH, Huang YS, Chuang LT, Bosse R, Paoletti MG. 2005. Insects in the Human Diet Nutritional Aspects. Pages 519-544 in Paoletti MG editor. *Ecological implications of minilivestock: Potential of insects, rodents, frogs and snails*. Science Publishers, Inc., Padova.

Craig WJ. 2010. Nutrition concerns and health effects of vegetarian diets. *Nutrition in Clinical Practice* **25**:204-209.

damesens. 2018. Hmyz je 100x udržitelnější. Available from [damesens.cz/blogs/news/hmyz-je-100x-udrzitelnejsi](https://damesens.cz/blogs/news/hmyz-je-100x-udrzitelnejsi) (accessed April 2021).

DeFoliart GR. 1992. Insects as human food: Gene DeFoliart discusses some nutritional and economic aspects. *Crop Protection* **11**:395-399.



- DeFoliart GR. 1999. INSECT AS FOOD: Why the Western Attitude Is Important. Annual Review of Entomophagy **44**:21-50.
- DeFoliart GR. 2002. The human use of insects as food resource. University of Wisconsin, Wisconsin.
- Dobermann D, Swift JA, Field LM. 2017. Opportunities and hurdles of edible insects for food and feed. Nutrition Bulletin **42**:293-308.
- Doyle ME. 2003. Foodborne Parasites: a Review of the Scientific Literature. Food Research Institute, UW-Madison.
- Dušková L, Harmacek J, Krylová P, Opršal Z, Syrovátka M, Safarikova S. 2011. Encyklopedie rozvojových studií. Univerzita Palackého, Olomouc.
- Dzerefos CM, Witkowski ETF. 2014. The potential of entomophagy and the use of the stinkbug, *Encosternum delegorguei* Spinola (Hemiptera: Tessaratomidae), in sub-Saharan Africa. Africa Entomology **22**:461-472.
- Exnerová V, Volfová A. 2008. Chudoba. Page 214 in Hokrová M, Táborská S, editors. Globální problémy a rozvojová spolupráce: témata, o která se lidé zajímají: manuál. Člověk v tísni, Praha.
- FAO. 2017. Water Scarcity – One of the greatest challenges of our time. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Available from [www.fao.org/zhc/detail-events/en/c/880881/](http://www.fao.org/zhc/detail-events/en/c/880881/) (accessed April 2021).
- Feng Y, Chen XM, Zhao M, He Z, Sun L, Wang CY, Ding WF. 2017. Edible insects in China: Utilization and prospects. Insect Science **25**:184-198.
- Foontaneto D, Westberg M, Hortal J. 2011. Evidence of Weak Habitat Specialisation in Microscopic Animals. PLoS ONE **6**:1-7.
- Gerber PJ, Steinfeld H, Henderson B, Mottet A, Opio C, Dijkman J, Falcucci A, Tempio G. 2013. Emissions by species. Tackling climate change through livestock: a global assessment of emissions and mitigation opportunities:23-43.
- Giddens A. 1999. Risk and Responsibility. The Modern Law Review **62**:1-10.

Guiné RPF, Correia P, Coelho C, Costa CA. 2020. The role of edible insects to mitigate challenges for sustainability. *De Gruyter* **6**:24-36.

Gullan PJ, Cranston PS. 2005. *The Insects: An Outline of Entomology*. Blackwell, Hoboken.

Habimana L, Twite KE, Wallemacq P, De Nayer P, Daumerie C, Donnen P, Kalenga MK, Robert A. 2013. Iodine and iron status of pregnant women in Lubumbashi, Democratic Republic of Congo. *Public Health Nutrition* **16**:1-9.

Halloran A, Hanboonsong Y, Roos N, Bruun S. 2017. Life cycle assessment of cricket fading in north-eastern Thailand. *Journal of Cleaner Production* **156**:83-94.

Hanboonsong Y, Durst PB. 2015. Small-scale production of edible insects for enhanced food security and rural livelihoods: Experience from Thailand and Lao People's Democratic Republic. *Journal of Insects as Food and Feed* **1**:25-31.

Hanboonsong Y, Jamjanya T, Durst PB. 2013. Six-legged livestock: edible insect farming, collection and marketing in Thailand. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Bangkok.

Harris M. 1985. *Good to eat: Riddles of food and culture*. Simon and Schuster, New York.

Holt VM. 1885. *Why not to eat insect?*. Field & Tuer, The Leadenhall Press, E. C., London.

Hong J, Han T, Kim YY. 2020. Mealworm (*Tenebrio molitor* Larvae) as an Alternative Protein Source for Monogastric Animal: A Review. *Animals* **10**:2068.

Chai JY, Shin EH, Lee SH, Rim HJ. 2009. Foodborne Intestinal Flukes in Southeast Asia. *The Korean Journal of Parasitology* **47**:69-102.

Chakravorty J, Ghosh S, Jung C, Rochow VBM. 2014. Nutritional composition of *Chondacris rosea* and *Brachytrupes orientalis*: Two common insects used as food by tribes of Arunachal Pradesh, India. *Journal of Asia-Pacific Entomology* **17**:407-415.

Illgner P, Nel E. 2005. The Geography of Edible Insects in Sub-Saharan Africa: a study of the Mopane Caterpillar. *The Geographical Journal* **166**:336-351.

Imathiu S. 2020. Benefits and food safety concerns associated with consumption of edible insects. *NFS Journal* **18**:1-11.

jane. 2020. bez-alergie. Available from [www.bez-alergie.cz/co-je-alergie](http://www.bez-alergie.cz/co-je-alergie) (accessed April 2021).

Jeníček V, Foltýn J. 2010. Globální problémy světa v ekonomických souvislostech. C. H. Beck, Praha.

Ji KM, Zhan ZK, Chen JJ, Liu ZG. 2008. Anaphylactic shock caused by silkworm pupa consumption in China. *Allergy* **63**:1407-1408.

Kasozi KI, Namazi C, Basemera E, Atuheire C, Odwee A, Majalija S, Kateregga JN. 2019. Inorganic pollutants in edible grasshoppers (*Ruspolia nitidula*) of Uganda and their major public health implications. *African Health Sciences* **19**:2679-2691.

Kinyuru J, Konyole SO, Roos N. 2013. Nutrient composition of four species of winged termites consumed in western Kenya. *Journal of Food Composition and Analysis* **30**:120-124.

Kinyuru JN, Kenji GM, Njoroge SM, 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 HC, Rooijackers JW, Korpela JM, Nout MJR. 2012. Microbiological aspects of processing and storage of edible insects. *Food Control* **26**:628-631.

Kořínek M. ©1999-2021. *Acheta domestica* (cvrček domácí). Available from [www.biolib.cz/cz/taxon/id177/](http://www.biolib.cz/cz/taxon/id177/) (accessed April 2021).

LeYuan L, ZhiRuo Z, Hong L. 2013. Feasibility of feeding yellow mealworm (*Tenebrio molitor* L.) in bioregenerative life support systems as a source of animal protein for humans. *Acta Astronautica* **92**:103-109.

- Lindroth RL. 1993. Food conversion efficiencies of insect herbivores. *Food Insects Newsletter* **6**:9-11.
- Looy H, Dunkel FV, Wood JR. 2013. How then shall we eat? Insect-eating attitudes and sustainable foodways. *Agriculture and Human Values* **31**:131-141.
- Looy H, Wood JR. 2006. Attitudes toward invertebrates: Are educational “bug banquets“ effective?. *The Journal of Environmental Education* **37**:37-48.
- Lopata AL, Fenemore B, Jeebhay MF, Gäde G, Potter PC. 2005. Occupational allergy in laboratory workers caused by the African migratory grasshopper *Locusta migratoria*. *Allergy* **60**:200-205.
- Madsen DB, Schmitt DN. 1998. Mass collecting and diet breadth model: A Great Basin Example. *Journal of Archaeological Science* **25**:445-455.
- Malaisse F, Parent G. 1980. Les chenilles comestibles du Shaba méridional (Zaire). *Les Naturalistes Belges* **61**:2-24.
- Mareš J, Lapáček V. 1980. Nejkrásnější brouci tropů. *Československá akademie věd, Praha*.
- McGrew WC. 2014. The 'other faunivory' revisited: Insectivory in human and non-human primates and the evolution of human diet. *Journal of Human Evolution* **71**:4-11.
- Megido RC, Alabi T, Nieuw C, Blecker C. 2015. Optimization of a cheap and residential small-scale production of edible crickets with local by-products as an alternative protein-rich human food source in Ratanakiri Province, Cambodia. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **96**:627-632.
- Mills ENC, Sancho AI, Rigby NM, Jenkins JA, Mackie AR. 2009. Impact of food processing on the structural and allergenic properties of food allergens. *Molecular Nutrition & Food Research* **53**:963-969.
- Mlček J, Rop O, Borkovcová M, Bednářová M. 2014. A Comprehensive Look at the Possibilities of Edible Insects as Food in Europe – A Review. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences* **64**:147-157.

Mpuchane S, Gashe BA, Allotey J, Siame B, Teferra G, Dithlogo M. 2000. Quality deterioration of phane, edible caterpillar of an emperor moth *Imbrasia belina*. Food Control **11**:453-458.

Mpuchane S, Taligoola HK, Gashe BA. 1996. Fungi Associated with *Imbrasia belina*, an Edible caterpillar. Botswana Notes and Records **28**:193-197.

Mujuru FM, Kwiri R, Nyambi C, Winini C, Moyo DN. 2014. Microbiological quality of *Gonimbrasia belina* processed under different traditional practices in Gwanda, Zimbabwe. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences **3**:1085-1094.

Murefu TR, Macheke L, Musundire R, Manditsera FA. 2019. Safety of wild harvested and rezed edible insect: A review. Food Control **101**:209-224.

Musundire R, Osuga IM, Cheseto X, Irungu J. 2016. Aflatoxin Contamination Detected in Nutrient and Anti-Oxidant Rich Edible Stink Bug Stored in Recycled Grain Containers. PLoS ONE **11**:1-16.

Odongo W, Okia C, Nalika N, Nzabamwita PH. 2018. Marketing of edible insects in Lake Victoria basin: The case of Uganda and Burundi. Journal of Insects as Food and Feed **4**:1-10.

Okezie OA, Kgomotso KK, Letswiti MM. 2010. Mopane worm allergy in a 36-year-old woman: A case report. Journal of Medical Case Reports **4**:42.

Oliveira JFSS, Carvalho JP, Sousa RB, Simão MM. 1976. The nutritional value of four species of insects consumed in Angola. Ecology of Food and Nutrition **5**:91-97.

Oonincx DGAB, de Boer IJM. 2012. Environmental Impact of the Production of Mealworms as a Protein Source for humus – A Life Cycle Assessment. PLoS ONE **7**:1-5.

Oonincx DGAB, van Itterbeeck J, Heetkamp MJW, van den Brand H, van Loon JJA, van Huis A. 2010. An Exploration on Greenhouse Gas and Ammonia Production by Insect Species Suitable for Animal or Human Consumption. PLoS ONE **5**:1-7.

Ordoñez-Araque R, Egas-Montenegro E. 2021. Edible insects: A food alternative for the sustainable development of the planet. *International Journal of Gastronomy and Food Science* **23**.

Ortiz JAC, Ruiz AT, Morales-Ramos JA, Thomas M, Rojas MG, Tomberlin JK, Yi L, Han R, Giroud L, Jullien RL. 2016. Insect Mass Production Technologies. Pages 153-201 in Dossey AT, Morales-Ramos JA, Rojas MG, editors. *Insects as Sustainable Food Ingredients: Production, Processing and Food Applications*. Elsevier Inc., New York.

Pai HH, Ko YC, Chen ER. 2003. Cockroaches (*Periplaneta americana* and *Blattella germanica*) as potential mechanical disseminators of *Entamoeba histolytica*. *Acta Tropica* **87**:355-359.

Patton RL. 1978. Growth and Development Parameters for *Acheta domesticus*. *Annals of the Entomological Society of America* **71**:40-42.

Pener MP. 2014. Allergy to Locusts and Acridid Grasshoppers: A Review. *Journal of Orthoptera Research* **23**:59-67.

Pereira KS, Schmidt FL, Barbosa RL, Guaraldo AMA, Franco RMB, Dias VL, Passos LAC. 2010. Transmission of Chagas Disease (American Trypanosomiasis) by Food. *Advances in Food and Nutrition Research* **59**:63-85.

Pimentel D, Houser J, Preiss E, White O, Fang H, Mesnick L, Barsky T, Tariche S, Schreck J, Alpert S. 1997. Water Resources: Agriculture, the Environmental, and Society. *BioScience* **47**:97-106.

Piromrat K, Chinratanapisit S, Trathong S. 2008. Anaphylaxis in an Emergency Department: A 2-Year Study in a Tertiary-Care Hospital. *Asian Pacific Journal of Allergy and Immunology* **26**:121-128.

Premalatha M, Abbasi T, Abbasi T, Abbasi SA. 2011. Energy-efficient food production to reduce global warming and ecodegradation: The use of edible insects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* **15**:4357-4360.

Raksakantong P, Meeso N, Kubola J, Siriamornpun S. 2010. Fatty acids and proximate composition of eight Thai edible terri-colous insects. *Food Research International* **43**:350-355.

Ramos-Elorduy J, Moreno JMP, Prado EE, Perez MA, Otero JL, de Guevara OL. 1997. Nutritional Value of Edible Insects from the State of Oaxaca, Mexico. *Journal of Food Composition and Analysis* **10**:142-157.

Ramos-Elorduy J, Pino JM. 1990. Contenido calorices det algunos insectos comestibles de Mexico. *Revista de la Sociedad Química de Mexico* **34**:56-65.

Ramos-Elorduy J. 2006. Threatened edible insects in Hidalgo, Mexico and some measures to preserve them. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* **2**:51.

Ramos-Elorduy J. 2006. Threatened edible insects in Hidalgo, Mexico and some measures to preserve them. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* **2**:1-10.

Ramos-Elorduy J. 2009. Anthro-entomophagy: Cultures, evolution and sustainability. *Entomological Research* **39**:271-288.

Raubenheimer D, Rothman JM, Pontzer H, Simpson SJ. 2014. Macronutrients contributions of insects to the diet sof hunter-gatherers: A geometric analysis. *Journal of Human Evolution* **71**:70-76.

Raubenheimer D, Rothman JM. 2013. Nutritional Ecology of Entomophagy in Humans and Other Primates. *Annual Review of Entomology* **58**:141-160.

Reinhardt K, Fanzo J. 2014. Addressing chronic malnutrition through multi-sectoral, sustainable approaches: a review of the causes and consequences. *frontiers in Nutrition* **1**:13.

Rowe A, Bertoni SA, Peneira PL, Matsushita M, de Souza NE. 1997. Cholesterol in BEF, pork, chicken and their products commercialized in Maringa, Parana, Brazil. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* **47**:282-284.

Rumpold BA, Fröhling A, Reineke K, Knorr D, Boguslawski S, Ehlbeck J, Schlüter O. 2014. Comparison of volumetric and surface decontamination techniques for innovative

processing of mealworm larvae (*Tenebrio molitor*). Innovative Food Science & Emerging Technologies **26**:232-241.

Rumpold S, Schlüter OK. 2013. Nutritional composition and safety aspects of edible insects. Molecular Nutrition & Food Research **57**:802-823.

Saeed T, Dagga FA, Saraf M. 1993. Analysis of residual pesticides present in edible locusts captured in Kuwait. Arab Gulf Journal of Scientific Research **11**:1-5.

Sbw01f. 2008. wikipedia. Available from [cs.wikipedia.org/wiki/Rozvojov%C3%A1\\_zem%C4%B9#/media/Soubor:Developed\\_and\\_developing\\_countries.PNG](https://cs.wikipedia.org/wiki/Rozvojov%C3%A1_zem%C4%B9#/media/Soubor:Developed_and_developing_countries.PNG) (accessed April 2021).

Scientific Committee EFSA. 2015. Risk profile related to production and consumption of insects as food and feed. EFSA Journal **13**:4257.

Scholl TO. 2005. Iron status during pregnancy: setting the stage for mother and infant. The American Journal of Clinical Nutrition **81**:1218-1222.

Siemianowska E, Kosewska A, Aljewicz M, Skibniewska KA. 2013. Larvae of mealworm (*Tenebrio molitor* L.) as European novel food. Agricultural Sciences **4**:287-291.

Smil V. 2002. Eating Meat: Evolution, Patterns, and Consequences. Population and Development Review **28**:599-639.

Sponheimer M, de Ruiter D, Lee-Thorp J, Späth A. 2005. Sr/Ca and early hominin diets revisited: new data from modern and fossil tooth enamel. Journal of Human Evolution **48**:147-156.

Ssepuyya G, Mukisa IM, Nakimbugwe D. 2016. Nutritional composition, quality, and shelf stability of processed *Ruspolia nitidula* (edible grasshoppers). Food Science & Nutrition **5**:1-10.

Sutton MQ. 1990. Insect resources and Plio-Pleistocene hominid evolution. Pages 195-208 in Posey DA, Overall WL, Clement CR, Plotkin MJ, Elisabetsky E, da Mota CN, de



Barros JFP, editors. *Ethnobiology: implications and applications*. Proceeding of the first international congress of ethnobiology. Museu Paraense Emilio Goeldi, Belém.

Tamesse JL, Kekeunou S, Djuideu C, Meupia MJ. 2018. Villagers' knowledge of some edible insects in southern Cameroon: Crickets, termites, honeybees and cockchafers. *Journal of Insects as Food and Feed* **4**:203-209.

Thomas K, Herouet-Guicheney C, Ladics G, Bannon G, Cockburn A, Crevel R, Fitzpatrick J, Mills C, Privalle L, Vieths S. 2007. *Food and Chemical Toxicology* **45**:1116-1122.

van Huis A, van Itterbeeck J, Klunder H, Mertens E. 2013. *EDIBLE INSECTS future prospects to food and feed security*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

van Huis A. 2003. Insects as food in sub-Saharan Africa. *Insect Science and Its Application* **23**:163-185.

van Huis A. 2013. Potential of Insects as Food and Feed in Assuring Food Security. *Annual Review of Entomology* **58**:563-583.

van Itterbeeck JV, van Huis A. 2012. Environmental manipulation for edible insect procurement: A historical perspective. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* **8**:1-7.

Varelas V. 2019. Food Wastes as a Potential New Source for Edible Insect Mass Production for Food and Feed: A review. *Fermentation* **5**:1-19.

Verhoeckx K, Cotter P, López-Expósito I, Kleiveland C, Lea T, Mackie A, Requena T, Swiatecka D, Wichers H. 2015. *The Impact of Food Bioactives on Health*. Springer, Cham.

worldhunger. 2018. *World Hunger and Poverty Facts and Statistics*. Available from [www.worldhunger.org/world-hunger-and-poverty-facts-and-statistics/](http://www.worldhunger.org/world-hunger-and-poverty-facts-and-statistics/) (accessed April 2021).

Xia W, Liu P, Zhang J, Chen J. 2011. Biological activities of chitosan and chitooligosaccharides. *Food Hydrocolloids* **25**:170-179.

Yen AL. 2015. Insects as food and feed in the Asia Pacific region: current perspectives and future directions. *Journal of Insects as Food and Feed* **1**:33-55.