

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra zoologie a rybářství**



**Česká zemědělská  
univerzita v Praze**

**Vliv přidání mrkve do výživy cvrčka banánového (*Gryllus  
assimilis*) na obsah karotenoidů a tokoferolů**

**Bakalářská práce**

**Terezie Mačková**

**Veřejná správa v zemědělství a krajině (ABV)**

**Ing. Martin Kulma, Ph.D.**

**© 2020 ČZU v Praze**

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Vliv přidání mrkve do výživy cvrčka banánového (*Gryllus assimilis*) na obsah karotenoidů a tokoferolů" 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 neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 3.5.2021

---

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala mému vedoucímu práce, Ing. Martinu Kulmovi, Ph. D., za čas, rady a osobní přístup, který mi velmi pomohl s tvorbou této práce. Dále bych chtěla poděkovat Ing. Doře Petříčkové za trpělivost a ochotu v laboratoři a následnou pomoc s vypracováním analytické části. Poděkování patří mimojiné i mé rodině, která mě podporovala po celou dobu studia.

# Vliv přidání mrkve do výživy cvrčka banánového (*Gryllus assimilis*) na obsah karotenoidů a tokoferolů

## Souhrn

V teoretické části byl popsán ekologický dopad konvenčního zemědělství se zaměřením na hospodářská zvířata a s tím související snaha najít šetrnější alternativy jídla. Dále byly zmíněny výhody i nevýhody entomofágie, nutriční hodnoty hmyzu a faktory, které je ovlivňují. Literární rešerše byla zakončena informacemi o karotenech a způsobu, jak může entomofágie pomoci k jejich zprostředkování v rozvojových zemích.

Praktická část byla zaměřena na výzkum možnosti ovlivnění nutriční hodnoty cvrčka banánového (*Gryllus assimilis*) přidáním mrkve do krmné směsi. Pro experiment byly založeny 4 pokusné a 1 kontrolní skupina cvrčků banánových vždy po 3 opakováních. Každá pokusná skupina byla určitou dobu přikrmována mrkví. První celých 60 dní života, druhá 14 dní před sklizní, třetí 7 dní, čtvrtá pouze 3 a poslední, kontrolní, mrkev nedostávala vůbec. Všechny pokusné skupiny byly chovány za stejných podmínek. Během chovu byli cvrčci váženi, aby bylo možné posoudit hmotnost a konverzi jednotlivých pokusných skupin. V metodice byly popsány postupy laboratorních analýz, které sloužily k vyhodnocení nutričních hodnot (sušina, popeloviny, tuky, bílkoviny, karoteny).

Výsledky byly podrobeny statistické analýze rozptylu. Na základě statistického vyhodnocení nebyl sledován vliv mrkve ve výživě na hmotnost, konverzi, obsah sušiny, popelovin, tuků, bílkovin ani tokoferolů a luteinu v těle cvrčků. Statisticky významné rozdíly na hladině významnosti ( $p < 0,05$ ), které prokazují vliv mrkve ve stravě, byly nalezeny pouze u karotenů, a tím byla hypotéza této bakalářské práce potvrzena. Přestože nejvyšších hodnot bylo dosaženo při podávání mrkve po celou dobu vývoje, tak relativně vysokých hodnot karotenů bylo dosaženo již při přidání mrkve do výživy 14 dní před usmrcením. Pozitivní zprávou je také to, že významný zvýšený obsah těchto látek měla i skupina krmená mrkví pouze 3 dny před sklizní.

**Klíčová slova:** betakaroteny, tokoferoly, vitaminy, transfer, jedlý hmyz

# **Effect of adding carrot to the diet of Jamaican field cricket (*Gryllus assimilis*) on the content of carotenoids and tocopherols**

## **Summary**

The theoretical part summarized the knowledge on ecological impact of conventional agriculture with a focus on livestock sector and the related effort to find more environmentally friendly food alternatives. Furthermore, the advantages and disadvantages of entomophagy, the nutritional values of insects and the factors that affect them were described. The literature review was concluded with information on carotenes and how entomophagy can help mediate them in developing countries.

The practical part was focused on the experiment, when four experimental and one control group of Jamaican field crickets were sampled in order to determine the life characteristics and contents of selected nutrients. Each group was fed by chicken feed and carrots for a different period of time. The carrot was provided ad-libitum for: i) 60 days of their life, ii) 14 days prior to harvest, iii) 7 days prior to harvest, iv) 3 days prior to harvest. The control group fed chicken feed only. All experimental groups were reared under the same conditions. During rearing process, the crickets were weighed to assess the weight and conversion of each experimental group. The methodology also described the procedures of laboratory analyzes, which were used to evaluate nutritional values (dry matter, ash, fats, proteins, carotens).

The results were statistically evaluated, where the potential trends were monitored. The statistical evaluation did not reveal the effect of carrots addition into the diet on the weight, conversion, dry matter, ash, fat, protein or tocopherols and lutein in the harvested crickets. Statistically significant differences in the level of significance ( $p < 0.05$ ), which demonstrate the effect of carrots in the diet, were found only in carotenes and thus the hypothesis of this bachelor thesis was confirmed. Although significantly highest yield of carotens was revealed in the crickets fed by carrot for all the development, high level of carotens was also found in the crickets supplemented by carrot for 14 days prior to harvest only. Moreover, even the group fed by carrot only three days contained certain level of carotens, significantly higher than control group.

**Keywords:** betacarotens, tocopherols, vitamins, transfer; edible insects

# Obsah

<b>1 Úvod .....</b>	<b>9</b>
<b>2 Cíl práce.....</b>	<b>10</b>
<b>3 Literární rešerše.....</b>	<b>11</b>
<b>3.1 Globální důsledky konvenčního zemědělství.....</b>	<b>11</b>
<b>3.2 Alternativní potraviny .....</b>	<b>12</b>
<b>3.3 Jedlý hmyz .....</b>	<b>12</b>
3.3.1 Přínosy entomofágie .....	13
3.3.2 Nevýhody entomofágie.....	14
3.3.3 Nutriční hodnota hmyzu .....	15
3.3.4 Vliv stravy na nutriční hodnoty .....	17
<b>3.4 Karotenoidy .....</b>	<b>18</b>
3.4.1 Rostlinné karotenoidy .....	18
3.4.2 Karotenoidy a živočichové .....	18
3.4.3 Karotenoidy a člověk.....	19
<b>3.5 Chov hmyzu .....</b>	<b>19</b>
3.5.1 Chov cvrčka banánového.....	20
<b>3.6 Cvrček banánový.....</b>	<b>21</b>
<b>3.7 Legislativa jedlého hmyzu .....</b>	<b>21</b>
<b>3.8 Proč je tento výzkum důležitý.....</b>	<b>22</b>
<b>4 Metodika .....</b>	<b>22</b>
<b>4.1 Chov cvrčků.....</b>	<b>22</b>
4.1.1 Vážení.....	23
4.1.2 Krmení .....	24
<b>4.2 Laboratorní analýzy .....</b>	<b>24</b>
4.2.1 Lyofilizace .....	24
4.2.2 Sušina.....	24
4.2.3 Popeloviny .....	25
4.2.4 Tuky.....	25
4.2.5 Hrubý protein.....	25
4.2.6 Karoteny a tokoferoly .....	26
<b>4.3 Statistické vyhodnocení pokusu .....</b>	<b>26</b>
<b>5 Výsledky.....</b>	<b>27</b>
<b>5.1 Hmotnost.....</b>	<b>27</b>
<b>5.2 Finální charakteristiky .....</b>	<b>28</b>
<b>5.3 Konverze živin .....</b>	<b>28</b>
<b>5.4 Sušina a popeloviny.....</b>	<b>29</b>

5.5	Bílkoviny .....	30
5.6	Tuk.....	31
5.7	Karoteny a tokoferoly .....	32
6	Diskuze .....	34
6.1	Konverze .....	34
6.2	Sušina a popeloviny.....	34
6.3	Bílkoviny .....	34
6.4	Tuky.....	35
6.5	Karoteny a tokoferoly .....	35
7	Závěr .....	36
8	Literatura.....	37





# 1 Úvod

Na planetě Zemi žije momentálně zhruba 7,8 miliard lidí. Odhaduje se, že za dalších 30 let již toto číslo přesáhne hranici 9 miliard (Grafton et al. 2015). Aby byla nasycena poptávka po jídle, produkce a s ní spojená zemědělská plocha, by se musely výrazně navýšit. Země čelí již dnes problémům s upadající kvalitou životního prostředí (van Huis & Oonincx, 2017) a pokud by k zintenzivnění zemědělské produkce mělo dojít ve stejném stylu, jako tomu bylo doposud, stane se tak na úkor přírodních zdrojů i biodiverzity (Kim et al. 2019).

Nejproblematictějším sektorem souvisejícím s klimatickou krizí je chov hospodářských zvířat. Na jejich produkci připadá 70 % zemědělské půdy, což činí přibližně 30 % veškeré pevniny a zároveň 30 % vody, která je využívána v zemědělství, každoročně putuje do pěstování jejich krmiva. Živočišná produkce přímo koreluje s deforestací, uvolňováním skleníkových plynů, desertifikací, ztrátou biodiverzity, znečišťováním vod i erozí půdy (Herrero et al. 2015).

Tyto a mnoho dalších negativních dopadů konvenčního zemědělství se staly příčinou hledání nových alternativních způsobů obživy. Jednou z nich je jedlý hmyz, který v posledních letech nabírá na popularitě (Kim et al. 2019). Entomofágie neboli požívání hmyzu se praktikovala již od samých počátků vývoje lidské rasy. V dnešní době se týká okolo 2 miliard lidí žijících převážně v Asii, Africe a Jižní Americe. V západní kultuře však panuje silný předsudek vůči entomofágii, který je zapříčiněn mimojiné strachem, organoleptickými vlastnostmi a nevědomostí o výhodách spojených s konzumací hmyzu (Jantzen da Silva Lucas et al. 2020).

Hmyz má výrazně lepší konverzi živin, rychleji se rozmnožuje i rychleji roste, než běžná hospodářská zvířata (Alexander et al. 2017). Chov není zdaleka tak náročný na prostor, vodu ani práci (Skrivervik 2020). Nutriční hodnoty jsou velmi variabilní, protože se liší druh od druhu i jednotlivce od jednotlivce. Na obsah živin má vliv celá řada faktorů, jako jsou vnější i vnitřní podmínky a v první řadě strava (Rubio Ruiz et al. 1991). Hmyz oplývá jednou speciální vlastností, akumulací látek. To znamená, že je možné upravit a navýšit látky, které jsou v lidské stravě požadované (Baiano 2020).

## **2 Cíl práce**

Cílem práce je definovat vliv přidání mrkve do výživy cvrčka banánového na jeho životní charakteristiky (doba vývoje do dospělosti, velikost, hmotnost), obsah bílkovin, tuků, karotenoidů a tokoferolů.

Hypotéza: Přidání mrkve ke krmné směsi ovlivní nutriční složení, zvýší množství karotenoidů a tokoferolů cvrčka banánového bez významného vlivu na ostatní charakteristiky.

## 3 Literární rešerše

### 3.1 Globální důsledky konvenčního zemědělství

Na planetě Zemi žije momentálně 7,8 miliard lidí a předpokládá se, že během následujících třiceti let počet přesáhne hranici 9 miliard (Grafton et al. 2015). Při takovém nárůstu by bylo nevyhnutelné rapidně navýšit plochu, kterou lidstvo využívá k zemědělství. Díky globálnímu oteplování a lidské činnosti obecně se stav planety neustále zhoršuje, a to ovlivňuje nejen dosud nedotčenou a divokou přírodu, ale i zemědělskou půdu, která je pro lidstvo nezbytná (van Huis & Ooninx 2017).

Celková produkce jídla by se do roku 2050 musela zdvojnásobit, což je z hlediska udržitelnosti přírodních zdrojů a zachování biodiverzity téměř nemožné (Kim et al. 2019). Zemědělství v rostlinném i živočišném sektoru zažilo během posledních let obrovský posun. Vzhledem k nárůstu poptávky po potravinách bylo nutné produkci těchto surovin mnohonásobně navýšit. Z tohoto důvodu proběhla v polovině minulého století intenzifikace zemědělství. Takový nárůst s sebou ale nese řadu problémů, kterými lidstvo prohlubuje svou ekologickou stopu na této planetě. Dnešní konvenční zemědělství je závislé na hnojivech, pesticidech, těžkých mašinériích a zavlažování (Pretty 2008).

Chov hospodářských zvířat je jedním z největších problémů přispívajících ke klimatické krizi. Na jejich produkci připadá více než 70 % zemědělské půdy, což činí zhruba 30 % veškeré pevniny. Rozmach chování dobytka a s ním spojené nároky na plochu využívanou na pastvu a pěstování krmiva přímo souvisí s deforestací a uvolňováním skleníkových plynů do ovzduší. Přesto masné výrobky pokrývají pouze cca 15 % energetického příjmu průměrné lidské stravy. Hospodářská zvířata představují konkurenci v potravním řetězci, protože obiloviny, které se pěstují jako krmivo, by mohly sloužit jako jídlo pro lidi. Navíc zhruba 30 % vody využívané v zemědělství každoročně putuje do jejich pěstování. Mezi další dopady chovu hospodářských zvířat patří desertifikace, acidifikace, ztráta biodiverzity rostlin i živočichů, znečišťování vodních zdrojů a eroze půdy (Herrero et al. 2015).

V roce 1970 průměrná poptávka po mase na jednoho člověka činila 26 kg za rok. Mezi lety 2005 a 2007 byl průměrný příjem masa již o 13 kg za rok vyšší a předpokládá se, že do roku 2050 roční poptávka na jednoho člověka vzroste na 49 kg. Vyšší nárůst lze očekávat u rozvojových zemí, kde roční spotřeba masa stoupne na 150 % (z 28 na 42 kg za rok), u rozvinutých zemí pouze na 113 % (z 80 na 91 kg za rok) (Herrero et al. 2015). Z těchto údajů vyplývá, že nároky na zemědělství budou čím dál tím vyšší, ale kvalita zdrojů a jejich dostupnost toto tempo domůžou ustát, pokud nedojde ke změně.

## 3.2 Alternativní potraviny

Z výše zmíněných důvodů je nutné aktivně hledat alternativní způsoby obživy, které jsou šetrnější k přírodním zdrojům. Mezi množstvím návrhů a výzkumů se zdají být tři nejslibnější. První variantou je veganství, tedy čistě rostlinná strava, která nabírá rychle na popularitě z ekologických i etických důvodů. Je prokázáno, že tento způsob obživy má na životní prostředí nejmenší dopad (Chai et al. 2019). Zároveň ale vědci diskutují nad dlouhodobými následky, které mohou dietu bez živočišných produktů doprovázet kvůli údajnému nedostatku živin, především vitamínu D, B12 a vápníku (Craig 2009). Je možné využít náhražek masa, které mimikují jak chutí, vzhledem, tak nutričními hodnotami maso, většinou jsou takové produkty vyráběné ze sóji (Alexander et al. 2017). Při veganském stravování je možné získávat bílkoviny z řady rostlinných zdrojů. Z těch nových, které by se potencionálně mohly využívat ve větší míře, jsou to např. mořské řasy, okřehek a řepka (de Beukelaar et al., 2019).

Buněčné zemědělství, další potencionální alternativa, využívá k výrobě živočišných produktů buněčné kultury místo hospodářských zvířat za pomoci poznatků tkáňového inženýrství. Maso, mléko, vejce i kůže vzniká *in vitro*, tedy v laboratorním prostředí z kmenových buněk, mimo živé organismy. Oproti veganství je tato alternativa stále v začátcích a potýká se s technologickými i finančními potížemi, které vyžadují další studie. Hlavní překážkou kultivovaného masa je cenová nedostupnost oproti běžnému masu, proto je na místě zefektivnění metod při výrobě (Stephens et al. 2018).

V posledních letech čím dál tím více pozornosti přitahuje jedlý hmyz (Kim et al. 2019). O tom vypovídá i množství publikovaných článků s titulem „edible insects“ dostupných na vědeckých serverech, které každoročně stoupá. Na webu scopus.com bylo do roku 2010 zveřejněno 410 takových článků, od roku 2011 do roku 2020 jich bylo 1267.

## 3.3 Jedlý hmyz

Hmyz je nejpočetnější a nejpestřejší skupinou živočichů na světě, existuje okolo milionu popsaných druhů a nespočet nám dosud neznámých. Jedná se o šestinohé živočichy patřící do kmene členovců, kteří mají tělo složené ze tří článků (hlava, hrud' a zadeček). Mají vnější kostru neboli exoskelet. Je to třída s významnou adaptabilitou a rozmnožovací schopností, proto se nacházejí na všech kontinentech. Zároveň jako jediní z bezobratlých živočichů umějí létat. Dosud je známo přes 2100 druhů konzumovaného hmyzu (Jongema 2017), nejčastěji jde o brouky, včely, housenky, kobylky, sanačata, cvrčky a mravence (Raheem et al. 2019).

Entomofágie, čili požívání hmyzu, má kořeny již u prvních hominidů, jak je ostatně vidět na primátech žijících v současné době. Konzumace hmyzu se v dnešní době praktikuje v mnoha částech světa, především v oblastech Asie, Afriky a Jižní Ameriky a týká se přibližně dvou miliard lidí ze 113 zemí (Jantzen da Silva Lucas et al. 2020).

V západní kultuře je zakořeněný předpoklad vůči požívání hmyzu a bývá to považováno za znak chudoby. Významnou roli ve vnímání hmyzu jako něčeho nechutného hraje neofobie, tedy strach z čehokoliv nového a neznámého. Pro mnoho lidí jsou zásadní organoleptické vlastnosti jídla, které hmyz nesplňuje především kvůli svému vzhledu, ale i pachu a chuti.

Navíc hmyz v západních společnostech vyvolává strach a odpor založený na psychologických, sociálních a kulturních jevech (Jantzen da Silva Lucas et al. 2020).

Jedna z možností, jak dostat hmyz na jídelníček většího počtu lidí, je zpracování jejich těl na moučku a její následné přidání do běžných potravin jako bílkovinnou ingredienci. V tomto případě spotřebitel nevidí na první pohled hmyz v jejich přirozené formě, a s větší pravděpodobností taková jídla vyzkouší. Možností je také izolování samostatných bílkovin a tuků, které lze přimísit do pokrmů za účelem zlepšení nutriční hodnoty. Důležitý aspekt, ovnivňující neochotu lidí ze zemí západní kultury hmyz alespoň vyzkoušet, je neinformovanost o jeho přínosech a dobrých nutričních hodnotách (Meyer-Rochow & Jung 2020).

### 3.3.1 Přínosy entomofágie

Využití hmyzu jako náhražky běžného masa přináší mnoho výhod. Příznivou vlastností hmyzu je rychlá rozmnožovací schopnost a rychlost růstu, při kterém dosáhnou dospělosti v řádech dnů či měsíců (Alexander et al. 2017). K chovu hmyzu je zapotřebí značně menšího prostoru, méně vody i lidské práce, než u běžných hospodářských zvířat (Skrivervik 2020). Hmyz běžně konzumovaný v částech Asie, Afriky a latinské Ameriky pochází z divoké přírody, ale předpokládá se, že zájem o ekologičtější variatu bude časem vzrůstat a s ním i počet hmyzích farem (Raheem et al. 2019). Konverze živin je zásadní charakteristikou při porovnávání efektivity chovu různých zvířat. Hmyz je poikiloternní, nespotřebovává energii na udržení tělesného tepla, ale přizpůsobuje se teplotě okolí (van Huis & Oonincx, 2017). Z tohoto pohledu tak hmyz výrazně převyšuje konvenčně chovaná zvířata, podle některých údajů na výrobu stejného množství bílkovin spotřebují až 10krát méně krmiva (Schlup & Brunner 2018). Konkrétně u cvrčka domácího je uváděno, že efektivita konverze je 2krát lepší než při produkci drůbežního masa, 4krát lepší než u masa vepřového a 12krát lepší než u hovězího (Yi et al. 2013). Z hmyzího těla se navíc využije většinou 100 %, u skotu toto procento využití hmotnosti bývá okolo 40 (Alexander et al. 2017).

Nové studie si zahrávají s myšlenkou využít nespotřebované potraviny, které by skončily na skládkách, jako krmivo pro jedlý hmyz. Odhaduje se, že přibližně jedna třetina vyprodukovaného jídla skončí jako odpad, což je zbytečné plýtvání energií i zdroji. Kdyby se tato myšlenka stala realitou, tak ovoce a zelenina, které by jinak produkovaly skleníkové plyny související s jejím rozkladem, poslouží jako krmivo na hmyzích farmách, čímž pozitivně ovlivní ekologickou stopu (Salomone et al. 2017).

Sběr hmyzu považovaného za škůdce z pěstovaných plodin může příznivě působit na snížení používaných insekticidů. Nejběžnějšími zemědělskými škůdci v Severní Americe jsou kobyly, které jsou zároveň jedlé a poskytují výživný zdroj bílkovin, proto se jejich sbírání praktikuje například v Mexiku. Tato alternativní metoda ochrany rostlin nejen že redukuje množství chemických vstupů v podobě pesticidů, ale současně představuje zdroj lidské obživy (Cerritos & Cano-Santana 2008).

Hlavním důvodem, proč je entomofágie provozována v různých koutech světa a začíná se začleňovat i v západních kulturách, jsou příznivé výživové hodnoty. Obsahují vysoký podíl relativně kvalitních bílkovin, tuků, mastných kyselin i vitamínů. Nutriční hodnota hmyzu je navíc variabilní veličinou, závisící na více faktorech a hlavně na výživě. Díky schopnosti

akumulace určitých látek tak lze s nutriční hodnotou hmyzu manipulovat a obohatit ji o benefiční prvky (Baiano 2020).

### 3.3.2 Nevýhody entomofágie

Pokud se jedná o pojidání hmyzu sebraného ve velkém množství z přírody, může to představovat velký zásah do místního ekosystému a také není možné zajistit nezávadnost takových jedinců (Kouřimská & Adámková 2016). Ve střevním mikrobiomu hmyzu a na povrchu těla se mohou lehce šířit nežádoucí mikroorganismy, jako jsou viry, bakterie, houby, prvoci a další. I na farmách je riziko zanešení infekce, proto je nutné dodržování správných postupů chovu, tepelného zpracování i skladování. Předpokládá se, že patogeny přítomné v hmyzím těle jsou natolik odlišné od patogenů obratlovců, že pro člověka nepředstavují hrozbu. Způsob, jak omezit přítomnost mikroorganismů v hmyzím těle, je buď hladovění jeden až dva dny před usmrcením nebo odstranění obsahu střev po usmrcení, což je u hmyzu poměrně problematické. Některé druhy mohou obsahovat nebo vylučovat toxické látky, jako jsou kyanogenní glykosidy, tudíž je výběr vhodného druhu pro konzumaci zásadní (Rubio Ruiz et al. 1991).

Dalším diskutabilním tématem jsou antinutriční látky obsažené v hmyzu. Z tohoto pohledu je zřejmě nejvýznamnějším prvkem chitin. Pro mnoho lidí může být chitin obsažený v exoskeletu nestravitelný, protože na hmyz ve stravě nejsou zvyklí a tak nemají dostatek enzymu chitinázy, který jej štěpí. V kulturách, kde má entomofágie dlouhou tradici, tento problém nehrozí (Rubio Ruiz et al. 1991).

Některé části hmyzího těla mohou představovat hrozbu ve formě ucpání střev. To platí třeba pro končetiny kobylek a sarančat, které mají na holeních dlouhé osny hromadící se ve střevech. Před pozřením určitých druhů je vhodné odstranit rizikové části těla (Rubio Ruiz et al., 1991).

Potenciální riziko může nastat při konzumaci velkého množství hmyzu spásající zemědělské plodiny a s nimi i malé procento pesticidů. Na potvrzení či vyvrácení tohoto rizika jsou potřeba další studie, každopádně problém s pesticidy nehrozí u kontrolovaných chovů na hmyzích farmách (Rubio Ruiz et al. 1991).

Stejně jako mořští bezobratlí, hmyz může vyvolat alergickou reakci. Alergeny u hmyzu mají čtyři formy. Jsou to alergeny inhalační, injekční, kontaktní a konzumační. Při prvním seznámením s jedlým hmyzem je doporučena opatrnost, zvláště u lidí alergických na mořské plody (Rumpold & Schlüter 2013).

V neposlední řadě je nutno zmínit i ekonomické hledisko. Vzhledem k malému počtu farem jsou hmyzí produkty těžko dostupné a v mnoha případech i drahé. Je finančně náročnější zakoupit stejný objem bílkovin pocházející z hmyzu než z masa, proto spotřebitelé volí levnější variantu, pokud nejsou informováni o výhodách spojených s entomofágií (Skrivervik 2020).

### 3.3.3 Nutriční hodnota hmyzu

Vzhledem k pestré diverzitě hmyzu je složité z hlediska nutriční hodnoty generalizovat. Množství živin se je druhově specifické, a navíc významně ovlivňováno dalšími faktory. V první řadě hraje hlavní roli na nutričních hodnotách strava. Mezi vnější podmínky se řadí teplota, vlhkost i světlo v prostředí, kde jsou chováni a odkud hmyz pochází. Obsah nutrientů se mění i v závislosti na vnitřních podmínkách, jako je pohlaví a stáří jedince. Dalším faktorem mohou být způsoby přípravy hmyzu ke konzumaci (Nyangena et al. 2020).

Konzumovat lze různá vývojová stadia, od vajíčka až po dospělce, nejčastěji se jí larvy a kukly, což jsou stadia s nejvyšší energetickou hodnotou. Ta závisí na obsahu nutrientů, všeobecně mají druhy s vysokým podílem tuků vyšší energetickou hodnotu a naopak druhy bohatší na bílkoviny ji mají nižší (Kouřimská & Adámková 2016). Podle studie zabývající se nutričními hodnotami 94 druhů hmyzu, má 50 % zkoumaných druhů vyšší výživové hodnoty než sója, 63 % druhů vyšší než hovězí maso, 70 % než rybí maso a 87 % než kukuřice (Premalatha et al. 2011).

#### **Bílkoviny**

Jedlý hmyz se jeví jako slibný nástroj k vyřešení otázky rostoucí světové poptávky po živočišných bílkovinách. Podíl proteinu v čerstvém hmyzím těle se pohybuje v rozmezí od 10 do 30 %, tedy podobně jako u jiných živočichů. Skutečný rozdíl je patrný až po vysušení, kdy procento bílkovin kolísá podle druhu mezi 50 až 70 % (Sosa & Fogliano 2017). Rostlinné zdroje včetně sóji mají podíl proteinu v sušině mnohem menší. Co se týče hospodářských zvířat, tak maso i vejce obsahují méně bílkovin, než některé druhy hmyzu (Kim et al. 2019). K druhům bohatých na bílkoviny patří například druhy z řádu rovnokřídlých, jako jsou cvrčci, kobylky a sarančata (61,3 %), na druhém místě jsou dvoukřídlí (49,5 %) a na třetím motýli (45,4 %) (Nyangena et al. 2020). Stravitelnost hmyzích proteinů se liší v závislosti na druhu, pohybuje se tedy mezi 77 až 98 %. U většiny dosahuje hodnot vyšších než 85 % (Ramos Elorduy et al., 1997), což je více než u některých rostlinných zdrojů, ale o něco méně než u běžných živočišných (Kouřimská & Adámková 2016). Stravitelnost závisí i na rozpustnosti ve vodě - čím víc je bílkovina rozpustná, tím lépe je pro člověka stravitelná (Sosa & Fogliano 2017).

Kromě výživových vlastností jsou bodem zájmu i funkční vlastnosti bílkovin. Důležité parametry jsou retenční vodní a lipidová kapacita, zahušťovací kapacita, emulgační kapacita, pěnovost, želírující schopnost a strukturní schopnost. Tyto vlastnosti jsou závislé na mnoha faktorech, proto je nelze popsat všeobecně ke všem druhům jedlého hmyzu. K využití hmyzu na tvorbu proteinových hydrolyzátů jsou potřeba podrobné studie týkající se funkčních vlastností, které dosud nejsou dostatečné. Významným parametrem je rozpustnost ovlivňující další vlastnosti, jako jsou vlastnosti emulgační a pěnové. Bílkoviny jsou vysokomolekulární látky skládající se z peptidů, které jsou tvořeny aminokyselinami navzájem vázanými peptidickými vazbami. Hmyzí bílkoviny obsahují i relativně vysoké množství esenciálních aminokyselin (Schlup & Brunner 2018). Udává se, že hmyz je obzvláště bohatý na leucin a má vysoké hodnoty lysinu a valinu. Naopak obsah tryptofanu se zdá být nižší. Index

esenciálních aminokyselin se u hmyzu pohybuje mezi 72,3 – 77,1, což je lehce nižší než u hospodářských zvířat (skot 82 %, prasata 84 %, kuřata 78 %) ale je srovnatelný nebo i vyšší než u některých rostlinných zdrojů (luštěniny 68% a rýže 72 %) (Kulma et al. 2019).

Další zajímavou skupinou jsou bioaktivní peptidy, které mají prokázané příznivé účinky na lidský organismus, proto je snaha izolovat proteinové hydrolyzáty z rostlinných i živočišných zdrojů, nyní i z hmyzu. Takové peptidy na člověka působí antioxidačně, antimikrobiálně a antidiabeticky (Jantzen da Silva Lucas et al. 2020).

## Tuky

Druhou nejhojnější látkou vyskytující se v hmyzím těle jsou tuky. V sušině se jejich podíl pohybuje od 10 do 50 % (Sosa & Fogliano 2017). Více tuků obsahují druhy, které nejsou bohaté na bílkoviny a naopak, ale jsou i výjimky, disponující vysokým obsahem jak bílkovin, tak tuků (Schlup & Brunner 2018). Jak bylo zmíněno dříve, larvy jsou všeobecně tučnější než dospělci a samice jsou tučnější než samci (Kim et al. 2019). Nejméně tuku bylo zaznamenáno v larvách nosorožníka, mezi řády bohatší na tuk patří rovnokřídlí s 13 % tuku, brouci s 33 % tuku a motýli s průměrným obsahem tuku 27 %. Největší známé množství tuku obsahují housenky motýlů, konkrétně *Phassus triangularis*, jejichž podíl tuku dosahuje až 77 % (Rumpold & Schlüter 2013).

Některé tuky se do hmyzu dostanou ze stravy, některé si dokáží sami syntetizovat. Hlavní složkou těchto lipidů jsou triacylglyceroly, uchovávající v sobě energii potřebnou pro případy vysokých energetických výdajů, například lety na dlouhé vzdálenosti. Triacylglyceroly zabírají zhruba 80 % složení lipidů, dalšími prvky jsou fosfolipidy, jejichž dvojvrstva tvoří cytoplazmatickou membránu, cholesteroly, parciální glyceridy, volné mastné kyseliny, a voskové estery. Ve hmyzu se nachází esenciální mastné kyseliny, které si savci neumí sami syntetizovat a je tedy nutné je doplňovat stravou. Jedná se o kyseliny linolovou a  $\alpha$ -linolenovou, které podle některých studií mohou pomáhat při boji s rakovinou a kardiovaskulárními onemocněními (Jantzen da Silva Lucas et al. 2020). Z rozboru mastných kyselin lze vypočítat aterogenní index, který udává riziko vzniku aterosklerózy a dalších kardiovaskulárních onemocnění. Čím vyšší index, tím vyšší riziko. Hovězí maso má aterogenní index 0,7, vepřové maso 0,6, kuřecí 0,5 a cvrček banánový 0,55 (Mlček et al. 2018).

Všechny tuky, které jsou při pokojové teplotě tekuté, se nazývají oleje. Rozdíl mezi oleji a pravými tuky dělá obsah nasycených a nenasycených mastných kyselin, u olejů převažují nenasycené, u pevných tuků nasycené (Sosa & Fogliano 2017). Poměr nenasycených mastných kyselin je u hmyzu vyšší než u živočišných tuků, jako je sádlo. U blanokřídlých se vyskytují nasycené mastné kyseliny v nejmenším poměru, a to 30 % ku veškerým mastným kyselinám, naopak nejvyšší poměr mají termity s 41 %. Co se týká hodnoty nasycených mastných kyselin, je hmyz srovnatelný s rybami a drůbeží (Rumpold & Schlüter 2013). V hmyzím těle se většina lipidů řadí mezi oleje, přesto jsou druhy, jako například *Hermetia illucens* z řádu dvoukřídlých, u kterých převažují pevné tuky. Výsledné složení získaných tuků závisí na extrakční metodě, je tedy nutné podle požadovaných extrahovaných tuků zvolit správný proces. Díky rozmanitosti hmyzích lipidů mohou mít využití v široké škále produktů potravinového průmyslu, jako jsou majonézy, dresinky, oleje na smažení, pečivo, cukrářské výrobky a další (Sosa & Fogliano 2017).



## **Chitin**

Sacharidy v těle hmyzu jsou zastoupeny víceméně pouze ve formě dusíkatého polysacharidu chitinu, jež tvoří exoskelet hmyzu. V závislosti na druhu obsahuje od 0,9 do 29 % chitinu. Dvoukřídli se přibližují horní hranici, zatímco motýli jsou na hranici spodní (Nyangena et al., 2020). Přestože chitin pro člověka není stravitelný, debatuje se nad jeho příznivými účinky na lidský organismus. Má prokázané antioxidační i antibakterální účinky. Může působit kladně při zvyšování obranyschopnosti, snížení alergických reakcí a byly provedeny pokusy i na účinky chitinu při hojení ran a léčení nádorů (Mohan et al. 2020).

## **Minerální látky**

Nedostatek minerálních látek je důvodem řady zdravotních potíží především v rozvojových zemích. Vzhledem k vysokému obsahu minerálů v hmyzu je jeho konzumace možností, jak předejít mnoha zdravotním problémům. Jejich těla jsou relativně bohatá na železo, zinek, draslík, sodík, vápník, fosfor, hořčík, mangan i měď. Hmyz je všeobecně dobrým zdrojem železa, a to i v porovnání například s hovězím masem. Pro představu, housenky motýla z čeledi martináčovitých mohou obsahovat až 77 mg železa na 100 g, hovězí maso má 6 mg železa na 100 g v sušině. Nedostatek železa způsobuje anemii, nejrozšířenější poruchu související s výživou, na světě a postihuje každou druhou těhotnou ženu a až 40 % dětí předškolního věku (Eggersdorfer & Wyss 2018).

Nedostatečný příjem zinku souvisí s opožděním růstu, pomalým dozráváním kostí nebo alopecií. Bohatým zdrojem zinku se zdají být brouci z čeledi nosatcovitých s 26 mg zinku na 100 g, což je více než 12 mg na 100 g sušiny u hovězího masa (Rubio Ruiz et al. 1991).

## **Vitamíny**

Další důležitou formou mikroživin důležitých pro správné fungování metabolismu jsou vitamíny. Vitamínu B1, neboli thiaminu, se ve hmyzím těle nachází až 4 mg na 100 g sušiny, vitamínu B2, neboli riboflavinu, je až 8,9 mg na 100 g sušiny. Cvrček domácí obsahuje vysoké množství vitamínu B12, 5,4 µg na 100 g, některé druhy naopak vykazují jeho nízký obsah. Hmyz všeobecně není výrazně bohatý na vitamín A, vyšší hodnoty jsou zaznamenány u vitamínu E, někteří brouci obsahují až 35 mg tokoferolu na 100 g (Rubio Ruiz et al. 1991).

### **3.3.4 Vliv stravy na nutriční hodnoty**

Strava je nejlivnější faktor, který se projevuje na rychlosti vývojového cyklu hmyzu i na výsledných nutričních hodnotách. Na základě dostupných dat lze usuzovat, že úpravou stravy lze zlepšit výživové hodnoty hmyzu (Baiano 2020).

Ve studii Lehtovaara et al. (2017) bylo uvedeno, že přidáním různých typů mastných kyselin do jídelníčku sarančat byl obsah těchto kyselin v jejich těle značně navýšen. Sedm diet jednotlivých skupin sarančat bylo sestaveno podle obsahu nutrientů a jako zdroje byly použity různě namíchané směsi. Například dieta založená na vysokém obsahu kyseliny linolové byla sestavena z poloviny slunečnicových a poloviny sezamových semínek; karbohydrátová dieta sestávala ze směsi fruktózy, rýžové mouky, vlákniny z cukrové řepy, kukuřičného škrobu,

kaseinu a pšeničných klíčků. Výsledky ukázaly, že každá skupina sarančat po analýze vykazovala vysoké hodnoty právě těch mastných kyselin, které byly přítomny v jejich stravě (Lehtovaara et al. 2017). Podobný výzkum proběhl již v roce 1966, kdy Barlow (1966) zkoumal ovlivnění tuku v larvách dvoukřídlého hmyzu jejich potravou a vyšly podobné výsledky, tedy že po přidání mastných kyselin do stravy se tyto látky v těle akumulují.

Další studie se zabývala navýšením obsahu vápníku v larvách potěmníků moučných určených jako potrava pro plazy, kdy bylo zjištěno, že podání vitamínového preparátu 24 hodin před zkrmením mělo pozitivní vliv na výsledný obsah vápníku v těle larev (Zwart & Rulkens, 1979).

S rozdílnou stravou je možné ovlivnit nejen obsah žádoucích živin, ale také stopových prvků. Tento efekt sledovala studie o vlivu stravy na obsah stopových prvků u dravých kněžic a potvrdila ukládání 10 sledovaných prvků v tělech kněžic (Coudron et al. 2012).

Je tedy prokázáno, že hmyz je schopný akumulovat určité látky obsažené ve stravě. Tento fakt může být překážkou při bezpečnosti konzumace hmyzu z přírody, pokud není jasné, v jakých podmínkách jedinci žili a jakou potravu přijímali. Tato vlastnost ale představuje velký potenciál v obohacení lidské stravy. Přidáním jistých ingrediencí do hmyzího krmiva lze vylepšit jejich nutriční hodnotu a tím posunout přínos entomofágie na vyšší úroveň.

### **3.4 Karotenoidy**

Karotenoidy jsou nejčastěji vyskytující se přírodní barviva. Mají zbarvení žluté, oranžové, červené i fialové. Vyskytují se ve fotosyntetických bakteriích, řasách, plísniích i některých rostlinách a živočichách. Prvním popsáním karotenoidem, co se struktury týče, byl  $\beta$ -karoten v roce 1930 a popsali ho Karrer & Khun. Od té doby se každoročně objeví několik nových typů. Karotenoidy se dělí na karoteny, kterých je dosud v přírodě známo cca 50 a xantofyly, kterých je cca 800. Stavba se většinou skládá z osmi izoprenů (2-methylbuta-1,3-dien) dohromady tvořících čtyřicetihlčíkovou jednotku. Vyšší karotenoidy obsahují uhlíků až 50. Karotenoidy s méně než 40 uhlíky se nazývají apokarotenoidy (Maoka, 2020).

#### **3.4.1 Rostlinné karotenoidy**

Karotenoidy se spolu s chlorofyly nachází ve všech fotosyntetizujících organismech, jako jsou bakterie, řasy a rostliny, protože se jedná o fotosyntetická barviva. Účelem karotenoidů je pochyťat energii ze slunečního záření o jiné vlnové délce, než kterou umí absorbovat chlorofyly. Pokud se do fotosystému dostane příliš energie, xantofyly jsou schopné ji absorbovat a uvolnit ji v podobě vibrace, aby nedošlo k poškození jiných částí fotosystému. Můžeme je najít i v nefotosyntetizujících částech rostlin, kde mají funkci antioxidantů, prekurzorů hormonů a barevných lákadel (Maoka 2020).

#### **3.4.2 Karotenoidy a živočichové**

Živočichové, s výjimkou býložravých roztočů, karotenoidy nedokáží syntetizovat sami. Převážná většina musí tyto pigmenty přijímat s potravou, nebo je pozměnit pomocí

metabolických reakcí (Sun et al. 2018), jako je oxidace, redukce nebo translace dvojných vazeb. Některá barviva slouží jako provitamíny vitamínu A. Nejznámnějším provitamínem jsou  $\alpha$ -karoten a  $\beta$ -karoten, které pomáhají s reprodukcí, zlepšují imunitu a jsou silnými antioxidanty (Maoka 2020). Zároveň díky výraznému zabarvení slouží při mnoha vnějších provejch, ať už u mezidruhových, tak vnitrodruhových. Uplatňují se při rozeznávání jednotlivých druhů. Pomocí těchto barev mohou například někteří živočichové mimitizovat toxicitu a chránit se tak před predátory. Dále bylo prokázáno, že karotenoidy některé druhy používají při krypsi, tedy při maskování a splynutí s prostředím. Při komunikaci mezi jednotlivci stejného druhu hrají karotenoidy roli například při sexuální signalizaci. Při pohlavním dimorfismu založeném na odlišnosti barev jsou samičky přitahovány k samcům se sytými barvami. U některých druhů ptáků i ryb výrazné zbarvení indikuje dominanci a agresivitu. V některých případech syté barevné skvrny na zobáčkách rodičů evokují otevření zobáků mláďat (Britton et al. 2008). Protože karoteny hrají v metabolismu organismů důležitou roli, měly by se u zvířat chovaných v zajetí dodávat s potravou (Sun et al. 2018).

### 3.4.3 Karotenoidy a člověk

Lidé běžně požívají v jídle zhruba 50 druhů karotenoidů, z nichž až 90 % tvoří následujících šest:  $\beta$ -karoten,  $\alpha$ -karoten, lykopen,  $\beta$ -kryptoxantin, lutein a zeaxantin (Maoka, 2020). Zdrojem je téměř všechno ovoce a listová zelenina. Potraviny bohaté na  $\beta$ -karoten jsou například meruňky, špenát, kapusta, rajčata nebo brokolice. V mrkvích se nachází jak vysoké množství  $\beta$ -karotenu, tak  $\alpha$ -karotenu. Lykopen je pak obsažen v rajčatech a  $\beta$ -kryptoxantin v mandarinkách a papáje. Lutein můžeme najít v zelenině typu špenátu, kapusty, listy řepy nebo hrášku (Rao & Rao 2007).

Jsou vstřebávány v tenkém střevě a akumulují se v erytrocytech a krevní plazmě. Odtud se distribuují do orgánů, jako jsou oči, játra, nadledviny, vaječníky, plíce, varlata a prostata. Lutein a zeaxantin se nachází v pokožce a podkožních tkáních, kde absorbují UV záření. Tyto dvě barviva můžeme najít i v mozku, spolu s  $\beta$ -kryptoxantinem (Maoka 2020).

Pozitivní vliv na lidský organismus je zapříčinen především díky antioxidačním účinkům, schopnosti  $\beta$ -karotenu přeměnit se na vitamín A a schopnosti zachytávat světelné paprsky v očích. Konzumací potravin bohatých na karotenoidy lze v jisté míře předejít kardiovaskulárním chorobám, rakovině i osteoporóze. Některé výzkumy uvádí, že dostatek karotenoidů má vliv i na kognitivní funkce mozku a prevenci onemocnění (Rao & Rao 2007).

V sítnici se nachází lutein a zeaxantin, kde pochytávají modrou část spektra, zajišťují ochranu proti fotochemickým vlivům a proti peroxidaci způsobené UV zářením. Tyto karotenoidy jsou klíčové pro správné fungování oka, včetně vnímání kontrastu a tolerance prudkého světla. Nedostatek vitamínu A může v krajních případech způsobovat poruchy růstu, slepotu i smrt (Eggersdorfer & Wyss 2018).

## 3.5 Chov hmyzu

Převážná část hmyzu konzumovaného po světě pochází z přírody, kde je sbírána. Jak již bylo zmíněno výše, tato metoda má mnoho nedostatků, a proto se začíná přecházet

k chovu hmyzu na speciálních hmyzích farmách. K tomu, aby bylo možné hmyz chovat v zajetí k lidskému zisku, musí hmyz splňovat několik požadavků. Je to schopnost snadné manipulace, vysoké míry konverze živin z krmiva, vysoký denní přírůstek, krátký vývojový cyklus, vysoká schopnost přežití u nedospělých jedinců, rychlý reprodukční cyklus, schopnost žít ve velkých společenstvech a odolnost vůči patogenům. Tyto požadavky splňuje hned několik druhů z čeledí cvrčovitých, potemníkovitých nebo bráněnkovitých (Food and Agriculture Organization of the United Nations 2013).

Vzhledem k odlišné bionomii vyžaduje každý druh specifickou technologii chovu, proto nelze popsat univerzální podmínky chovu pro veškerý hmyz. Z tohoto pohledu hraje roli krmivo, doba a intenzita osvětlení, teplota, vlhkost, hustota jedinců v prostoru a další (Skriverik 2020).

### 3.5.1 Chov cvrčka banánového

Rovnokřídlí jsou všeobecně bohatí na bílkoviny a mají relativně nízký obsah tuků, což platí i pro cvrčka banánového. Cvrčci patří mezi hmyz, který má již v historii entomofágie dlouholetou tradici a je chován v mnoha zemích světa (Kim et al. 2019). Konkrétně cvrček banánový má tu výhodu, že je v porovnání s ostatními pomalejší, dobře zvládá výkyvy teplot i vlhkosti a díky tomu nepodléhá stresu. Navíc je při chovu výhodou, že cvrčí potichu (Friedrich & Volland, 2004).

Doba líhnutí i vývojového cyklu *G. assimilis* se stoupající teplotou klesá. Při 25 °C trvá líheň 13 dní, při 30 až 33 °C trvá jen 9 dní. Teplota v chovu by neměla klesnout pod 24 °C a zároveň by neměla přesáhnout 33 °C. Topení je zajištěno externím zdrojem. Čersvě vylíhlým cvrčkům trvá 5 až 7 týdnů, než dosáhnou dospělosti, v závislosti na teplotě. Vlhkost v nádobách je ideální udržovat na 50 až 60 %, a nádoby by se neměly zapařovat. Samičky žijí průměrně 12 týdnů a jsou schopy naklásat 250 až 350 vajíček. Na chov cvrčků banánových je vhodná jakákoliv nádoba s hladkým povrchem, může být z plastu nebo ze skla. Měla by být vysoká minimálně 25 cm, ale ideálně víc, aby bylo možné na sebe vrstvit materiál, ve kterém cvrčci naleznou úkryty. Ideální jsou například plata od vajec. Na zvětšení povrchu lze použít i kartonové role. Nádobu je potřeba utěsnit víkem, které musí mít větrací otvory o velikosti 0,5 mm. V jedné nádobě o velikosti 50 × 20 × 25 cm by nemělo být více než 250 jedinců. Jako kladiště postačí jakákoliv krabice o rozměrech minimálně 8 × 8 × 5 cm vyplněná 1 cm pod okraj substrátem. Vhodné substráty jsou např. písek o velikosti zrn 1 až 2 mm, rašelina nebo zahrádkářská zemina. Substrát je nutné udržovat neustále vlhký. Na pití se zdá být nejefektivnější hydrogel, ale lze použít i namočenou vatu, v miskách s vodou se cvrčci mohou utopit. Cvrčky lze krmit celou řadou krmiv, od obilných otrub přes zvířecí granule po ovoce a zeleninu v závislosti záměru chovu a požadovaných vlastnostech odchovaných cvrčků (Friedrich & Volland, 2004). Pro experimentální práce se jako kontrolní krmivo využívá krmná směs pro kuřecí brojlerů (Harsányi et al. 2020).

### 3.6 Cvrček banánový

<b>Říše:</b>	živočichové	(Animalia)
<b>Kmen:</b>	členovci	(Arthropoda)
<b>Podkmen:</b>	šestinozí	(Hexapoda)
<b>Třída:</b>	hmyz	(Insecta)
<b>Podtřída:</b>	křídlatí	(Pterygota)
<b>Řád:</b>	rovnokřídlí	(Orthoptera)
<b>Podřád:</b>	kobylky	(Ensifera)
<b>Nadčeleď:</b>	cvrčci	(Grylloidea)
<b>Čeleď:</b>	cvrčkovití	(Gryllidae)
<b>Rod:</b>	cvrček	(Gryllus)
<b>Druh:</b>	banánový	(Assimilis)



**Obrázek č 1:** cvrček banánový (autor: Martin Kulma)

Cvrčci patří mezi hmyz, který má již v historii entomofágie dlouholetou tradici a je chován v mnoha zemích světa (Kim et al. 2019). Poprvé byl popsán roku 1775 na Jamajce a přirozeně se vyskytuje v jižních částech Severní Ameriky, ve Střední i Jižní Americe, na Karibských ostrovech a Galapágách. Jelikož je hojně chován jako krmivo pro domácí zvířata, s vysokou pravděpodobností byl zavlečen i do nepůvodních oblastí, potvrzen je jeho výskyt např. na Floridě (Weissman et al. 2009). Délka samic se pohybuje v rozmezí od 19 - 24 mm a mají šířku 7 - 9 mm. Samci dorůstají délky 18 - 23 mm a šířky 5 - 7 mm. Mají světle hnědé zbarvení s tmavými skvrnami. Chování cvrčka banánového má tu výhodu, že je v porovnání s ostatními pomalejší, dobře zvládá výkyvy teplot i vlhkosti a díky tomu nepodléhá stresu při chování v zajetí a cvrká potichu (Friedrich & Volland, 2004).

### 3.7 Legislativa jedlého hmyzu

V Evropě se označuje termínem „nová potravina“ taková potravina, která nebyla běžně konzumována do 15. 5. 1997. Hmyz a jeho části byl zařazen mezi nové potraviny v nařízení (EU) 2015/2283 Evropského parlamentu a Rady, které bylo vyhlášeno 25. listopadu 2015 a platné bylo od 1. ledna 2018 (Gałęcki & Sokół 2019). Každý druh, který se objeví na evropském trhu,

musí předem projít schvalovacím procesem. Od 2. 1. 2020 je možné uvádět na trh pouze ty druhy, které jsou uvedeny v Seznamu Unie.

V České republice Ministerstvo zemědělství vypracovalo v roce 2018 dokument „Zásady správné zemědělské a výrobní praxe produkce hmyzu určeného pro lidskou spotřebu“, který slouží k předání informací chovatelům hmyzu. Tato příručka doporučuje k chovu potměníka moučného, potměníka stájového, cvrčka domácího, cvrčka krátkokřídlého a cvrčka banánového. Chovatelé jsou nuceni dodržovat povinnosti uvedené v § 4 a § 5 zákona č. 166/1999 Sb., o veterinární péči a o změně některých souvisejících zákonů (veterinární zákon). K lidské konzumaci nesmí být použit hmyz, který je chován jako krmivo pro zvířata. Na chov hmyzu dohlíží orgány veterinární péče a pokud je v chovu zjištěna kontaminace, hmyz musí být zničen. Produkty musí být náležitě tepelně upraveny, minimálně však pasterací. Balení potravin z hmyzu musí odpovídat nařízení EP a R (ES) č. 1935/2004 o materiálech a předmětech určených pro styk s potravinami.

### **3.8 Proč je tento výzkum důležitý**

Vzhledem k rostoucí světové populaci a k zhoršujícím se globálním podmínkám vyvstal problém, jak do budoucna nasycit lidstvo. Hledají se alternativy jídla, které jsou šetrnější k přírodním zdrojům a jednou z nich je jedlý hmyz (Premalatha et al. 2011). Hmyz má navíc tu výhodu, že je schopen akumulovat látky, které přijímá s potravou (Food and Agriculture Organization of the United Nations 2013). Pokud se prokázalo, že je cvrček banánový schopný akumulovat v těle karotenoidy, byla by konzumace takto obohaceného hmyzu jednou z možností v boji proti nedostatku vitamínu A. Tím trpí mnoho dětí předškolního věku, a to hlavně v rozvojových zemích, kde je přístup k živočišným produktům obsahujícím retinol omezený. U chudších lidí z těchto zemí je suplementace vitamínu nebo pro-vitamínu příliš finančně náročná, proto se hledají jiné alternativy, jak zpřístupnit potraviny bohaté na karotenoidy i v rozvojových oblastech (Eggersdorfer & Wyss 2018).

## **4 Metodika**

### **4.1 Chov cvrčků**

Pro výzkum byl zvolen již zmíněný cvrček banánový. Chov probíhal v insektáriu v budově Fakulty agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů. V místnosti byla udržována teplota  $27 \pm 1$  °C a relativní vlhkost 30 - 50 %. Délka fotoperiody odpovídala půlce dne, tedy 12 hodinám. Na pokus bylo založeno 15 chovných boxů o velikosti 39 × 28 × 28 cm s hliníkovou síťovinou umožňující ventilaci a zamezující úniku hmyzu. Uvnitř každé z krabic byly umístěny plata od vajec, které cvrčkům zprostředkovaly úkryt a zvětšily plochu vnitřního prostoru. Pitný režim byl zajištěn v podobě hydrogelu podávaného na Petriho miskách, které bylo nutno pravidelně, nejdéle obden, vyměňovat, aby byla zajištěna hygienická nezávadnost pitného zdroje. Jako krmný substrát byla použita krmná směs pro brojlerová kuřata (BK), přičemž přesně naměřené množství bylo podáváno opět na Petriho miskách ad libitum. U juvenilních cvrčků bylo nutné k misce s hydrogelem i substrátem umístit plato tak, aby se jedinci mohli dostat dovnitř a také bezpečně ven.

**Tabulka 1:** složení krmné směsi BK

Suroviny	%	Min	Max
Pšenice Van. 2018 13,3	77,970	0,000	100,00
Ex. sojový šrot 48	17,600	0,000	100,00
Olej řepkový	1,800	0,000	100,00
Vápenec	1,000	0,000	100,00
Sůl	0,130	0,000	100,00
MCP	0,650	0,000	100,00
Uhličitan sodný	0,350	0,000	100,00
Amv SK-PLUS-E	0,500	0,500	0,500

K pohlavně dospělým cvrčkům byly do boxů umístěna kladiště. Kladiště bylo složené z plastové krabičky o velikosti 11 × 8 × 5 cm, vlhkého substrátu pro pěstování palm a víčka se síťovinou, která zabraňovala dospělým jedincům vyhrabávat a konzumovat nebo jinak poškodit vajíčka. Kladiště bylo potřeba udržovat neustále vlhké, což bylo zajištěno každodenním rosením vodou. Po 3 - 5 dnech byla kladiště přemístěna do inkubačního boxu, kde byla každodenním rosením udržována vysoká vlhkost. Při zakládání pokusu byl do každého pokusného boxu navážen 1 gram čerstvě vylíhlých cvrčků.

Celkem bylo na pokus použito 15 pokusných boxů, tři nádoby (opakování) pro každou testovanou skupinu. První trojice dostávala přídavek mrkve pouze 3 dny před sklizní, druhá 7 dní před sklizní, třetí měla přístup k mrkvi 14 dní před usmrcením a čtvrtá po 60 dní. Poslední trojice boxů byla kontrolní, nedostávala tedy mrkev vůbec. Chovné nádob byly dle potřeby čištěny a nahromaděné zbytky krmiva, exkrementy, svlečky a těla uhynulého hmyzu byly skladovány pro pozdější vážení.



**Obrázek 2:** cvrčci banánoví na hydrogelu (autor: Martin Kulma)

#### 4.1.1 Vážení

Během pokusu byla každá krabice podrobena vážení cvrčků celkem 4krát, a to na analytických vahách (KERN, Německo). První vážení probíhalo již první den, kdy byla požadovaná celková hmotnost všech cvrčků již zmiňovaný 1 gram. K druhému vážení, které bylo uskutečněno 20. den od založení, bylo vybráno

20 náhodných jedinců tak, aby co nejlépe reprezentovali celý vzorek. Stejným způsobem bylo zváženo 20 jedinců i 40. den. V den 60. byla zjištěna celková hmotnost sklizené biomasy i individuální hmotnost cvrčků v jednotlivých pokusných boxech.

#### **4.1.2 Krmení**

Při založení bylo do každé krabice naváženo cca 10 gramů krmného substrátu. K dalšímu doplnění došlo vždy až tehdy, pokud bylo zkonsumováno téměř vše, nebo pokud byl zbylý substrát znečištěn a cvrčci ho odmítali jíst. Zbylé krmivo bylo následně zváženo. Hmotnost podaného substrátu se zvyšovala s růstem a zvyšujícím se apetitem cvrčků podle potřeby. BK tedy dostávala každá testovaná skupina, bez ohledu na přísun mrkve. Mrkev byla každé pokusné skupině podávána v jiném vývojovém stádiu, u všech však platilo, že byla vyměňována denně. Mrkev bylo nutno nejprve nakrájet na tenké plátky, aby byla lehce rozkousatelná obzvláště pro čerstvě vylíhlé jedince. Hmotnost podávané mrkve se opět lišila podle stáří cílové skupiny. U cvrčků příkrmovaných mrkví po celých 60 dní byla hmotnost navážené mrkve v prvních dnech cca 1 gram na skupinu. V posledních dnech života dostávala tato skupina denně až 20 gramů. Kontrolní trojice boxů byla krmena pouze BK, bez příkrmu mrkve.

Aby se cvrčkům vyčistil trávicí trakt, 24 hodin před sklizní bylo odstraněno veškeré krmivo. Analýzy by mohly být nevyloženými zbytky krmiva narušeny. Cvrčci poté byli přemístěni z velkého boxu do malé plastové krabice, ve které byli následně usmrceni mrazem v mrazicím boxu o teplotě  $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Po usmrcení bylo z každé pokusné krabice vybráno 10 náhodných samic a 10 náhodných samců, u kterých byla změřena hmotnost.

## **4.2 Laboratorní analýzy**

### **4.2.1 Lyofilizace**

Lyofilizace se provádí za účelem odstranění vlhkosti. Před samotným pokusem byly zváženy nádoby i s víčky, ve kterých lyofilizace probíhala a nevysušený hmyz po zmrazení. Vzorky byly umístěny do lyofilizačního přístroje ScanSpeed MaxiVac (LaboGene, Dánsko) na 72 hodin při teplotě  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , ve tmě, při 1 - 5 milibarech a 200 otáčkách za minutu. Po skončení byla zjištěna hmotnost naplněné nádoby i s víčkem. Z těchto údajů bylo možné vypočítat hmotnost lyofilizovaných cvrčků i hmotnost odstraněné vody ze vzorku, což bylo potřeba k přepočítání na sušinu i na čerstvý hmyz. Následně byl hmyz rozemlet na homogenizovaný vzorek v laboratorním mlýnku Gringomix 200 (Haan, Německo), nejprve 8 sekund při 2000 otáčkách za minutu, poté 6 sekund při 6000 otáčkách za minutu a naposledy 8 sekund při 10 000 otáčkách za minutu. Mezi jednotlivými úkony byl obsah zamíchán. Vzorky byly uloženy v mrazáku s teplotou  $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

### **4.2.2 Sušina**

Jelikož se lyofilizací neztratí všechna vlhkost, vzorky byly následně sušeny v sušárně Memmert (Schwabach, Německo) při  $103,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Porcelánový kelímek byl umístěn přes noc do sušárny, poté do exsikátoru cca na hodinu a následně byl zvážen. Do něj byly naváženy



3 gramy homogenizovaného vzorku, které se poté nechaly sušit přibližně 16 hodin. Po vysušení se vzorky nechaly vychladnout v exsikátoru jednu hodinu a zvážením a odečtením od nevysušeného vzorku byl zjištěn obsah vody ve vzorku po lyofilizaci. Tyto hodnoty byly použity k výpočtu podílu sušiny. Pro přesnost byly všechny vzorky takto měřeny 2krát.

#### **4.2.3 Popeloviny**

Spálení vzorků, které byly použity již na stanovení sušiny, probíhalo v peci Muffle furnace (Nabertherm, Německo). Teplota v peci byla nastavena na 550 °C. Vzorky hmyzu byly naváženy do předem zvážených porcelánových kelímků a uloženy do muflové pece přes noc. Na vychladnutí byl použit cca na hodinu exsikátor. Když byly vzorky vychladlé, bylo možné je znovu zvážit, čímž byly získány podklady důležité pro vypočítání popelovin. Z každého vzorku byly opět popeloviny stanoveny 2krát.

#### **4.2.4 Tuky**

Princip stanovení tuků byl následován podle Soxhleta. V sušárně se při 103,5 °C nejprve přes noc nechaly vysušit skleněné nádoby, které byly poté vyskládány do exsikátoru. Lyofilizované vzorky v podobě dobře zhomogenizované hmoty byly po 3 gramech naváženy do papírových patron tak, aby se co nejméně vzorku zachytilo na vnitřních stranách. Z každého vzorku byly uskutečněny 3 opakování. Do naplněných patron byla následně vložena vata. Do suchých a vychladlých skleněných kelímků bylo nalito 70 ml petroletheru. Na extrakci tuků byl použit přístroj Velp SER 148/6 Solvent Extraction Unit (VELP Scientifica, Itálie), do kterého byly dány patrony se vzorky i skleněné kelímky s petroletherem. Extrakční přístroj zvýšil teplotu na 90 °C, přičemž započala první fáze „Immersion“, při které byly naplněné patrony ponořeny do horkého petroletheru. Při tom docházelo k rozpouštění lipidů do rozpouštědla. Tento program trval 20 minut. Ve druhé fázi byl spuštěn program „Washing“, při němž byly vzorky vysunuty z kelímků nahoru. Tento program zabral 45 minut. Po uplynutí celé extrakce, tedy po 110 minutách, byly kelímky s nashromážděným tukem umístěny do sušárny na 12 hodin. Teplota byla nastavena na 103,5 °C. Po uplynutí doby sušení byly horké vzorky ve skleničkách přeneseny do exsikátoru a po vychladnutí již mohly být zváženy.

#### **4.2.5 Hrubý protein**

Na stanovení obsahu proteinu byla využita metoda Kjeldahla. Z každého vzorku bylo naváženo  $3 \times 0,2$  g do skleněných zkumavek. Každá zkumavka byla doplněna o tabletu s mědí a o 10 ml 96% kyseliny sírové. Stojan se zkumavkami byl přemístěn k topnému hnízdu, kde bylo ještě ke každému vzorku stříknuto 10 ml peroxidu vodíku. Vzorky potom byly ponechány v topném hnízdě mineralizovat při 420 °C 45 minut. Zkumavky se vzorky zelené barvy po zmineralizování se nechaly vychladnout na pokojovou teplotu, při čemž došlo ke změně barvy na světle modrou. Před zavedením zkumavky do přístroje bylo nutné ke každému vzorku přilít 10 ml destilované vody a protřepat, aby se obsah rozpustil. Ke změření obsahu proteinů byl použit přístroj Kjeltec™ 2400/2460 Auto Sampler System (Foss Tecator, Dánsko), do kterého byly vkládány vzorky po jednom. Kjeltec™ fungoval na principu titrace roztokem 0,1 M HCl a indikátorem byl roztok kyseliny borité

s methylčervení a bromkresolovou zelení. Jedno měření trvalo cca 3 minuty. V přístroji byl nastaven koeficient 6,25, kterým byly výsledky násobeny.

#### 4.2.6 Karoteny a tokoferoly

50 mililitrové kyvety byly naplněny po 0,5 gramech lyofilizovaných cvrčků, ke kterým bylo přilito 12 ml směsi etanolu, acetonu a hexanu v poměru 1:1:2 a 100  $\mu$ l standardu. Obsah kyvety byl zamíchán na vortexu (Basic 3, IKA, KG, Německo) a uložen na 24 hodin do lednice o teplotě 4 °C. Po jednom dni byl obsah opět promíchán a vložen do ultrazvukové lázně (PS 04, Powersonic-Notus, Ltd., Slovensko). Po 10 minutách byla kyveta přemístěna do centrifugy (5810R, Eppendorf, Německo), kde došlo při relativní odstředivé síle 8228 po 10 minutách k oddělení supernatantu a sedimentu. Sediment byl extrahován směsí etanolu, acetonu a hexanu a supernatanty z obou extrakcí byly přelity do 50 mililitrové odparné baňky. Tento vzorek byl pomocí vakua odpařen na vakuové odparce při teplotě lázně 40 °C (Rotavapor R-200, Büchi Labortechnik, AG, Švýcarsko). Po odpaření bylo ke vzorku přidáno 6 ml dietytheru a 6 ml hydrolyzačního média a 2 hodiny byl vzorek třepán (GFL 3006, Německo) při pokojové teplotě bez přístupu světla. Do nové kyvety bylo přelito 6 ml hydrolyzátu spolu s 6 ml vody a 6 ml směsi dietytheru a hexanu v poměru 1:1. Obsah kyvety byl 10 minut třepán a poté byl odstředován dalších 10 minut při teplotě 4 °C a relativní odstředivé síle 2057. Spodní vodná fáze obsahující hydroxid draselný byla z kyvety odebrána injekční stříkačkou a ke zbytku v kyvetě bylo přidáno 6 ml destilované vody. Kyveta byla na dalších 10 minut třepána a následně centrifugována. Poté byla organická vrstva přemístěna do odparné baňky. Odparná baňka se nechala na vakuové odparce odpařovat při teplotě lázně 30 °C. Byla připravena směs etanolu a acetonu v poměru 3:2 o objemu 2 ml, která byla přidána k vysušenému vzorku. Do směsi byl přimíchán 0,2% roztok butylovaného hydroxytoulenu. Obsah baňky byl zfiltrován do vialky přes stříkačkový filtr (PVDF, 0,45  $\mu$ m). K analýze karotenů a tokoferolů byla vybrána vysokoúčinná kapalinová chromatografie s detektorem diodového pole Ultimate 3000 HPLC (Thermo Fisher Scientific, MA, USA), za použití kolony YMC C30 Carotenoid Column (150 mm  $\times$  3,0 mm, S-3  $\mu$ m, YMC Co., Japonsko) a s gradientovou elucí (mobilní fáze - methanol, voda, *terc*-butylmethyl ether). Z každého vzorku proběhlo měření ve dvou opakováních.

### 4.3 Statistické vyhodnocení pokusu

Hodnoty byly vyjádřeny jako aritmetické průměry se směrodatnou odchylkou anova (analýza rozptylu), schéffův post hoc s  $\alpha = 0,05$  v počítačovém softwaru STATISTICA 12 (DataFriends s.r.o.).

## 5 Výsledky

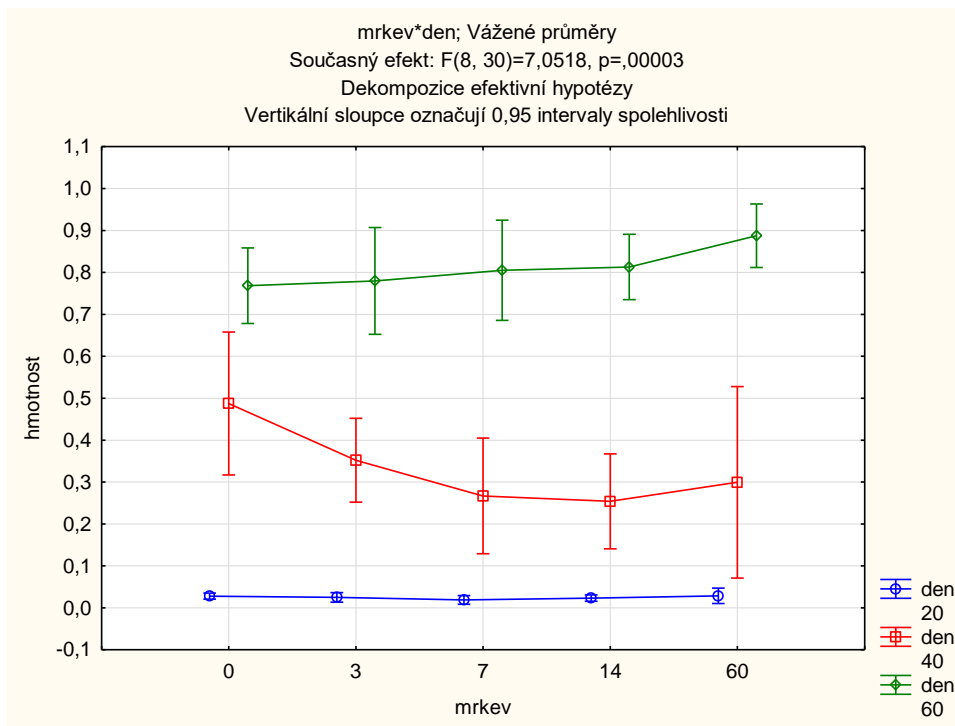
### 5.1 Hmotnost

Hmotnost samic u všech pokusných skupin byla statisticky významně vyšší než u samců. Cvrčci, kteří byli krmeni po celých 60 dní jejich života, měli hmotnost vyšší, než ostatní skupiny a zároveň kontrolní cvrčci měli hmotnost jasně nejnižší. Statisticky významné rozdíly byly nalezeny mezi většinou skupin (Tabulka 2 a Graf 1).

**Tabulka 2:** Průměrná hmotnost cvrčků z pokusných skupin ve věku 20, 40 a 60 dní.

hmotnost cvrček	mrkev 60 dní		mrkev 14		mrkev 7		mrkev 3 dny		kontrola	
	$\bar{x}$	sd	$\bar{x}$	sd	$\bar{x}$	sd	$\bar{x}$	sd	$\bar{x}$	sd
20 dní (g)	0,0287	0,0219	0,0233	0,0111	0,0191	0,0104	0,0250	0,0164	0,0279	0,0203
40 dní (g)	0,2996	0,1525	0,2540	0,1339	0,2669	0,1443	0,3520	0,1694	0,4874	0,1762
60 dní samice (g)	0,9972	0,1487	0,9084	0,1604	0,9416	0,1264	0,8693	0,1496	0,8600	0,1421
60 dní samci (g)	0,7775	0,0947	0,7177	0,1492	0,6687	0,1202	0,6902	0,1364	0,6770	0,1426

**Graf 1:** Porovnání hmotností mez všemi skupinami pomocí ANOVY



## 5.2 Finální charakteristiky

**Tabulka 3:** Finální životní charakteristiky cvrčků *G. assimilis* pokusně přikrmovaných mrkví.

	mrkev 60 dní		mrkev 14		mrkev 7		mrkev 3 dny		kontrola	
	$\bar{x}$	sd	$\bar{x}$	sd	$\bar{x}$	sd	$\bar{x}$	sd	$\bar{x}$	sd
počáteční hmotnost (g)	1,03	0,01	1,04	0,02	1,02	0,01	1,04	0,01	1,05	0,03
sklizeň (g)	122,31	10,96	111,77	20,62	95,25	7,19	98,79	16,09	79,20	7,10
rezidua (g)	120,86	10,66	97,21	21,06	60,49	9,77	102,99	7,19	76,41	5,35
mrkev celkem (g)	400,24	49,64	254,18	12,13	127,97	5,07	52,82	8,08	0,00	0,00
krmný substrát (g)	314,82	18,69	268,87	42,68	279,85	29,57	294,03	46,36	251,25	40,01
nespotřebovaný substrát (g)	26,73	12,85	21,98	12,75	35,91	4,13	45,69	24,99	61,43	26,58
konverze (g)	2,35	0,04	2,19	0,09	2,56	0,21	2,52	0,23	2,41	0,20

Nejvíce krmného substrátu bylo spotřebováno pokusnou skupinou krmenou mrkví 60 dní. Nejnížší konverze živin byla zaznamenána u pokusné skupiny s příkrmem mrkve 14 dní, naopak nejvyšší u skupiny, která byla krmená mrkví 7 dní. Dle statistického vyhodnocení ovšem mezi vzorky nebyl shledán statisticky významný rozdíl ( $p < 0,05$ ) v konverzi živin (viz Tabulka 3).

## 5.3 Konverze živin

**Tabulka 4:** Porovnání konverze živin mezi skupinami *G. assimilis* pomocí ANOVY

Č. buňky	mrkev	Scheffého test; proměnná konverze (cvrčci statistika) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. $PC\check{c} = ,04425$ , $sv = 10,000$				
		{1} 2,4070	{2} 2,5152	{3} 2,5625	{4} 2,1930	{5} 2,3516
1	0		0,980253	0,929914	0,812714	0,998455
2	3	0,980253		0,999171	0,509755	0,917149
3	7	0,929914	0,999171		0,385698	0,820211
4	14	0,812714	0,509755	0,385698		0,925238
5	60	0,998455	0,917149	0,820211	0,925238	

## 5.4 Sušina a popeloviny

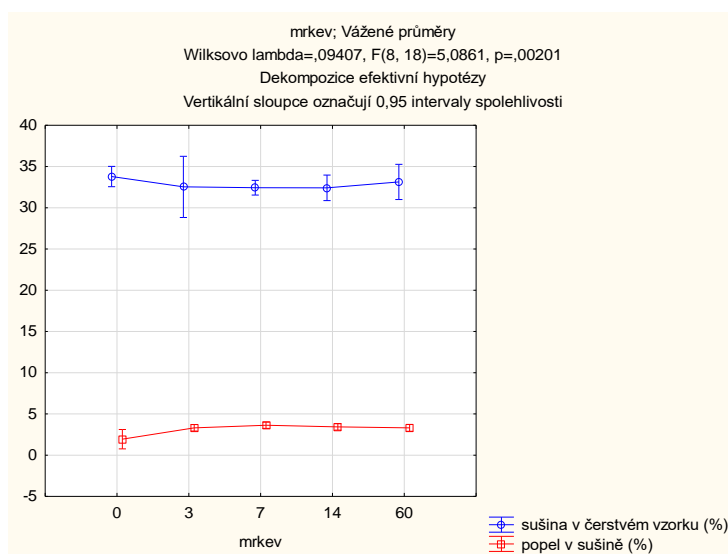
Nejvíce sušiny bylo naměřeno u kontrolní skupiny (33,79 %), nejméně u skupiny krmené mrkví 14 dní (32,42 %). V obsahu sušiny nebyly shledány statisticky významné rozdíly. Průměr popela u skupin přikrmovaných 7 dní byl nejvyšší (3,63 %), průměr u kontrolních skupin byl značně nejnižší (1,94 %) a ze statistického hodnocení byly prokázány rozdíly na hladině významnosti ( $p < 0,05$ ) mezi kontrolní skupinou a všemi ostatními.

**Tabulka 5:** Průměrné obsahy sušiny a popelovin z pokusných skupin *G. assimilis*.

mrkev dní	průměr sušiny (%)	sd	průměr popela v čerstvém (%)	sd	průměr popela v sušině (%)	sd
60	33,13	0,77	1,10	0,10	3,32	0,31
14	32,42	0,56	1,11	0,06	3,43	0,18
7	32,43	0,32	1,18	0,06	3,63	0,15
3	32,53	1,34	1,08	0,17	3,32	0,52
0	33,79	0,59	0,66	0,38	1,94	1,13

Č. buňky	Scheffeho test; proměnná popel v sušině (%) (cvrčci statistika) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,06496, sv = 10,000					
	mrkev	{1} 1,9418	{2} 3,3194	{3} 3,6258	{4} 3,4273	{5} 3,3158
1	0		0,001122	0,000218	0,000616	0,001146
2	3	0,001122		0,709036	0,990439	1,000000
3	7	0,000218	0,709036		0,916782	0,700633
4	14	0,000616	0,990439	0,916782		0,989188
5	60	0,001146	1,000000	0,700633	0,989188	

**Graf 2:** Porovnání obsahu sušiny v čerstvém vzorku a obsahu popelovin v čerstvém vzorku mezi všemi skupinami *G. assimilis* pomocí ANOVY.



## 5.5 Bílkoviny

U cvrčků krmených 60 dní mrkví byl zjištěn obsah hrubého proteinu v sušině nevyšší (64,27 %) a nejnižší byl zaznamenán u skupiny krmené mrkví 7 dní (61,69 %). Mezi skupinami neexistovaly statisticky významné rozdíly.

**Tabulka 6:** Obsah hrubého proteinu ve cvrčcích *Gryllus assimilis*.

mrkev dní	protein v čerstvém hmyzu (%)	sd	protein v sušině (%)	sd	průměr proteinu v čerstvém (%)	sd	průměr proteinu v sušině (%)	sd
60	20,99	0,18	62,65	0,55	21,29	0,41	64,27	1,31
	21,08	0,13	65,55	0,41				
	21,80	0,05	64,59	0,14				
14	20,77	0,06	63,05	0,18	20,11	0,58	62,02	0,84
	20,10	0,14	61,69	0,43				
	19,45	0,08	61,31	0,24				
7	20,20	0,07	62,01	0,21	20,01	0,70	61,69	1,59
	20,71	0,06	63,34	0,19				
	19,12	0,03	59,71	0,10				
3	20,13	0,05	62,41	0,15	20,74	0,54	63,80	2,04
	20,74	0,10	66,49	0,31				
	21,34	0,18	62,51	0,53				
0	21,41	0,18	63,71	0,52	21,44	0,40	63,47	0,56
	21,04	0,15	62,97	0,46				
	21,89	0,16	63,72	0,47				

**Tabulka 7:** Porovnání obsahu hrubého proteinu mezi skupinami *G. assimilis* pomocí ANOVY.

Č. buňky	Scheffého test; proměnná hrubý protein v sušině (%) (cvrčci statistika) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 2,3958, sv = 10,000					
	mrke v	{1} 63,467	{2} 63,799	{3} 61,686	{4} 62,017	{5} 64,265
1	0		0,999305	0,739322	0,852346	0,980039
2	3	0,999305		0,610111	0,738736	0,997388
3	7	0,739322	0,610111		0,999318	0,433145
4	14	0,852346	0,738736	0,999318		0,556798
5	60	0,980039	0,997388	0,433145	0,556798	

Mezi vzorky nebyl shledán statisticky významný rozdíl v obsahu hrubého proteinu za použití statistického vyhodnocení na hladině významnosti ( $p < 0,05$ ).

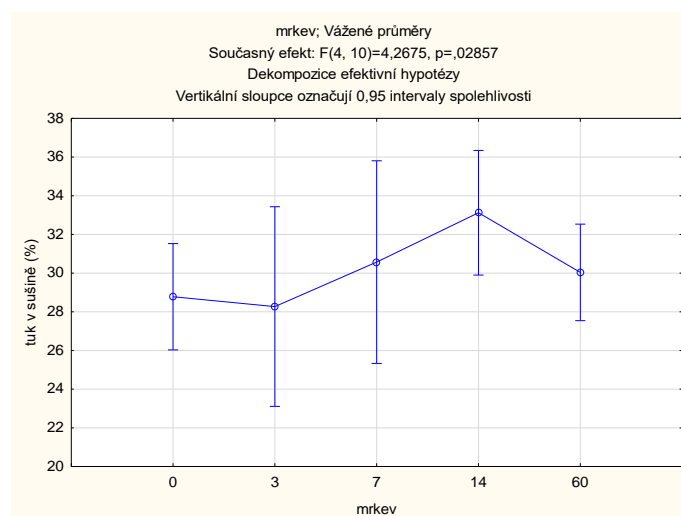
## 5.6 Tuk

**Tabulka 8:** Obsah tuku v pokusných skupinách *G. assimilis*.

mrkev dní	tuk v čerstvém hmyzu (%)	sd	tuk v sušině (%)	sd	průměr tuku v čerstvém (%)	sd	průměr tuku v sušině (%)	sd
60	10,45	0,01	31,19	0,03	9,95	0,42	30,04	0,91
	9,50	0,18	29,56	0,55				
	9,91	0,03	29,37	0,09				
14	10,42	0,05	31,63	0,16	10,73	0,27	33,12	1,06
	11,05	0,06	33,92	0,19				
	10,73	0,11	33,82	0,35				
7	9,89	0,03	30,37	0,10	9,91	0,54	30,57	1,93
	9,34	0,02	28,57	0,07				
	10,50	0,40	32,77	1,26				
3	9,55	0,37	29,60	1,14	9,21	0,90	28,27	1,89
	8,07	0,04	25,88	0,13				
	10,02	0,06	29,34	0,19				
0	9,26	0,41	27,55	1,22	9,72	0,45	28,78	1,27
	9,92	0,15	29,69	0,45				
	9,99	0,35	29,09	1,03				

V Tabulce 8 jsou zaznamenány hodnoty obsahu tuku jak v sušině, tak v čerstvém hmyzu společně s odchylkami. Nejvyšší obsah tuku byl zaznamenán u pokusné skupiny krmené mrkví 14 dní před smrtí ( $33,12 \pm 1,06$  g na 100 g vzorku v sušině).

**Graf 3:** Porovnání obsahu tuku v sušině mezi všemi skupinami *G. assimilis* pomocí ANOVY. Statisticky výrazný rozdíl byl nalezen mezi skupinami s přidáním mrkve do výživy 3 dny a 14 dní. Mezi pokusnými skupinami krmenými mrkví 7 a 60 dní je rozdíl pouze 0,53 %.



## 5.7 Karoteny a tokoferoly

**Tabulka 9:** Obsah vybraných karotenů a tokoferolů u pokusných skupin *G. assimilis* v  $\mu\text{g}$  na g sušiny.

Obsah luteinu,  $\alpha$ -karotenu,  $\beta$ -karotenu a  $\alpha$ -tokoferolu postupně stoupal se zvyšujícím se obdobím příkrmování mrkve s tím, že nejméně bylo naměřeno u kontrolní skupiny a nejvíce u skupiny krmené 60 dní. U  $\delta$ -tokoferolu,  $\gamma$ -tokoferolu a  $\beta$ -tokoferolu nebyl nárůst tak pravidelný.

mrkev	60 dní		14 dní		7 dní		3 dny		0 dní	
	$\bar{x}$	sd	$\bar{x}$	sd	$\bar{x}$	sd	$\bar{x}$	sd	$\bar{x}$	sd
<b>lutein</b>	0,411	0,319	0,288	0,065	0,211	0,096	0,217	0,027	0,037	0,039
<b><math>\alpha</math>-karoten</b>	15,175	1,901	13,690	0,309	7,941	1,030	5,384	0,150	0,042	0,060
<b><math>\beta</math>-karoten</b>	37,220	6,801	34,638	2,680	19,944	1,810	12,774	0,557	0,126	0,101
<b><math>\delta</math>-tokoferol</b>	0,238	0,047	0,206	0,018	0,209	0,024	0,196	0,020	0,159	0,024
<b><math>\gamma</math>-tokoferol</b>	2,025	0,211	2,219	0,221	2,022	0,475	2,053	0,249	1,954	0,274
<b><math>\beta</math>-tokoferol</b>	1,704	0,229	1,646	0,155	1,574	0,109	1,633	0,112	1,624	0,222
<b><math>\alpha</math>-tokoferol</b>	25,496	0,707	25,161	1,849	23,267	2,268	21,928	0,998	20,005	2,755

**Tabulka 10:** Porovnání obsahu  $\alpha$ -karotenu mezi skupinami *G. assimilis* pomocí ANOVY.

Č. buňky	mrkev	Scheffeho test; proměnná $\alpha$ -karoten (cvrčci statistika) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 1,4394, sv = 10,000				
		{1} ,04216	{2} 5,3843	{3} 7,9414	{4} 13,690	{5} 15,175
1	0		0,004784	0,000224	0,000002	0,000001
2	3	0,004784		0,225181	0,000146	0,000035
3	7	0,000224	0,225181		0,002814	0,000467
4	14	0,000002	0,000146	0,002814		0,687348
5	60	0,000001	0,000035	0,000467	0,687348	

Ze statistického hodnocení bylo zjištěno, že mezi pokusnými skupinami byly nalezeny statisticky významné rozdíly v obsahu  $\alpha$ -karotenu. Pouze mezi skupinami krmenými 3 dny a 7 dní mrkvi a mezi skupinami krmenými 14 a 60 dní mrkvi nebyly významné rozdíly potvrzeny.

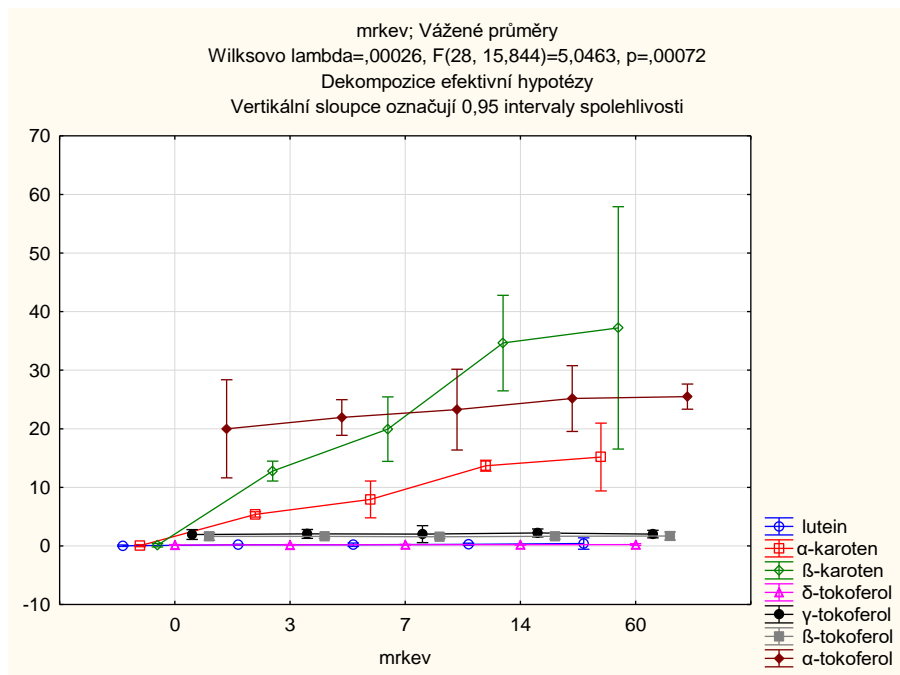
**Tabulka 11:** Porovnání obsahu  $\beta$ -karotenu mezi skupinami *G. assimilis* pomocí ANOVY.

Č. buňky	mrkev	Scheffeho test; proměnná $\beta$ -karoten (cvrčci statistika) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 17,110, sv = 10,000				
		{1} ,12638	{2} 12,774	{3} 19,944	{4} 34,638	{5} 37,220
1	0		0,048974	0,002815	0,000028	0,000015
2	3	0,048974		0,397341	0,001337	0,000550
3	7	0,002815	0,397341		0,021091	0,007465
4	14	0,000028	0,001337	0,021091		0,960583
5	60	0,000015	0,000550	0,007465	0,960583	



Ve statistickém hodnocení obsahu  $\beta$ -karotenu byly naměřeny statisticky významné rozdíly u stejných pokusných skupin, jako u  $\alpha$ -karotenu.

**Graf 4:** Porovnání obsahu karotenů a tokoferolů mezi všemi skupinami *G. assimilis* pomocí ANOVY.



Při statistickém hodnocení bylo zjištěno, že statisticky významné rozdíly se nacházejí jenom v obsahu  $\alpha$ -karotenu  $\beta$ -karotenu, u žádného tokoferolu nebylo toto pravidlo potvrzeno.

## 6 Diskuze

Nutriční hodnoty jsou konkrétně u hmyzu velmi variabilní, protože jsou ovlivnitelné mnoha faktory (Jantzen da Silva Lucas et al. 2020). Tato bakalářská práce se zabývala ovlivněním nutriční hodnoty stravou, konkrétně přidáním mrkve do výživy cvrčka banánového.

### 6.1 Konverze

Obecně se udává, že konverze cvrčků bývá 1,7, tedy převyšuje všechny konvenčně chovaná zvířata (Paoletti 2020). Ze studie Dennis G.A.B. Oonincx et al. (2019) vyšla konverze cvrčka domácího  $2,3 \pm 0,57$ . Konverze živin se u pokusných skupin pohybovala od 2,19 do 2,56 což je vyšší než u citované literatury. Na základě statistického zhodnocení nebyly nalezeny mezi skupinami statisticky významné rozdíly, za odchylkou tedy nestojí přidaná mrkev ve stravě. Rozdíly mohly nastat v důsledku odlišných podmínek chovu nebo jiného krmiva. Dalším faktorem, který by mohl mít na tuto charakteristiku vliv je problematické oddělení zbytků krmiva od ostatních reziduí (exkrementy, zbytky mrtvých těl, svlečky apod.), při kterém může dojít ke zkreslení hmotnosti nezkonsumovaného krmiva. Jelikož byl krmný substrát použitý pro účely této studie jemně drcený a mohl tak být oddělen od jiných zbytků pomocí cedníku, lze konstatovat, že toto zkreslení bylo minimalizováno.

### 6.2 Sušina a popeloviny

Výsledek analýzy ukázal průměrnou hodnotu sušiny  $32,86 \pm 0,53$  g na 100 g čerstvého vzorku. Ve výzkumu Mlček et al. (2018) byly stanoveny hodnoty sušiny  $22,6 \pm 1,0$  g na 100 g čerstvého vzorku. Ve své práci uvádějí Bednářová et al. (2013) hodnotu pro obsah sušiny 33,28 %, což se od naměřených hodnot této práce téměř neliší. Ze statistické analýzy bylo zjištěno, že přidání mrkve do výživy cvrčka banánového nijak neovlivnilo obsah sušiny. Obsah popelovin se pohyboval v rozmezí mezi 1,94 až 3,63 % v sušině, přičemž výrazně nejnižší obsah byl nalezen u kontrolní skupiny. Statisticky významné rozdíly byly nalezeny mezi kontrolou a ostatními skupinami. Výzkum Bednářová et al. (2013) udává obsah popelovin v sušině 4,26 %, což neodpovídá rozsahu naměřeném pro tuto práci. Odlišnosti mohly být zapříčiněné neshodující se dobou pálení vzorků v muflové peci s citovaným výzkumem.

### 6.3 Bílkoviny

Obsah bílkovin se napříč druhy hmyzu může velmi lišit. Většina hmyzu ale spadá do kategorie obsahující 50 - 70 % proteinu v sušině (Sosa & Fogliano 2017). Podle Nyangena et al. (2020) bývá průměrný obsah bílkovin v sušině u rovnokřídlých 61,3 %. Z výzkumu Rumpold & Schlüter (2013) zabývajícím se nutričními hodnotami vybraných druhů hmyzu kolísala obsah bílkovin cvrčka domácího mezi 64,1 - 70,8 %. Bednářová et al. (2013) uvádějí hodnoty bílkovin u cvrčka banánového 59,23 %, na základě měření Mlček et al. (2018) jsou hodnoty bílkovin o něco nižší ( $55,6 \pm 1,1$  %).

V rámci tohoto výzkumu vyšel obsah bílkovin v sušině v rozmezí mezi 61,69 – 64,27 %, což se shoduje s citovanými zahraničními zdroji, ale v porovnání s lokálními výzkumy

Bednárová et al. (2013) a Mlček et al. (2018) jsou hodnoty vyšší. Vliv suplementace mrkve na obsah bílkovin v této práci ovšem nebyl prokázán.

## 6.4 Tuky

Z práce Sosa & Fogliano (2017) vyplývá, že obsah tuku v hmyzím těle se pohybuje mezi 10 - 50 % v sušině. Obsah tuku v sušině u rovnokřídlých zkoumali např. Rumpold & Schlüter (2013), kteří uvádí hodnotu 13,41 %, nebo Nyangena et al. (2020), kteří uvádějí hodnotu stejnou (13, 4 %). Konkrétně u cvrčka banánového naměřili Soares Araújo et al. (2019) hodnoty  $21,8 \pm 2,7$  % tuku, podle analýz Bednárová et al. (2013) je obsah tuku cvrčka banánového vyšší, a to 34,34 %. V této práci byly zjištěny hodnoty v rozsahu  $28,27 \pm 33,12$  %. Variabilita výsledků výzkumů může být zapříčiněna odlišnou teplotou chovu nebo vývojovým stadiem pokusných jedinců (Soares Araújo et al. 2019). Stejně jako u bílkovin se přidáním mrkve do potravy cvrčků neprojevil statisticky významný trend ovlivňující množství tuků, jak o tom referovali ve své práci Oonincx & van der Poel (2011).

## 6.5 Karoteny a tokoferoly

Z chemické analýzy karotenů a luteinu bylo zjištěno, že se jejich obsah zvyšuje přidáním mrkve do stravy, zároveň bylo potvrzeno, že čím déle byli cvrčci mrkví přikrmováni, tím vyšší obsah  $\alpha$ -karotenu a  $\beta$ -karotenu vykazovali. Vysokých hodnot karotenů je ale možné dosáhnout již při krmení mrkví 14 dní před sklizní. Podobný výzkum provedli D. G.A.B. Oonincx & Van Der Poel (2011), kteří sledovali vliv tří různých diet na sarančata a uvádějí, že sarančata krmená mrkví vykazovaly vyšší obsah  $\beta$ -karotenu. V obsahu tokoferolů nebyly nalezeny významné statistické rozdíly, které by prokazovaly vliv mrkve.

## 7 Závěr

Pro tuto práci byli zkoumáni cvrčci banánovní z pěti pokusných skupin. První skupina dostávala mimo krmné směsi i mrkev ad-libitum po celých 60 dní života, druhá skupina 14 dní před usmrcením, třetí 7 dní, čtvrtá pouze 3 dny a poslední, kontrolní, nedostávala mrkev vůbec. Z chemických analýz byly zjištěny hodnoty sušiny ( $32,86 \pm 0,53$  %), popelovin (1,94 - 3,63 %), bílkovin (61,69 – 64,27 %), tuků ( $28,27 \pm 33,12$  %) a karotenoidů a tokoferolů. Statisticky významné rozdíly na hladině významnosti ( $p < 0,05$ ) tak byly nalezeny pouze u popelovin, tuků,  $\alpha$ -karotenu a  $\beta$ -karotenu. U popelovin byl shledán rozdíl mezi kontrolní a všemi ostatními skupinami, v tucích byl nalezen rozdíl pouze mezi skupinami příkrmovanými 3 dny a 14 dní, nejedná se tedy o prokazatelný trend. Ze statistické analýzy karotenů vyplývá jasná souvislost mezi krmením mrkví a obsahem karotenů v tělech cvrčků s tím, že vysokých hodnot je možné dosáhnout již při přidání mrkve do výživy 14 dní před usmrcením. Pozitivní zprávou je také to, že zvýšený obsah těchto látek měla i skupina krmená mrkví pouze 3 dny před sklizní. Nejvyšší hodnoty karotenů ale vykazovala ta skupina, která měla přístup k mrkvi po celou dobu vývoje.

Hypotéza této práce byla potvrzena a bylo znovu dokázáno, že nutriční hodnoty hmyzu jsou významně ovlivňovány jeho potravou. Hlavní látkou tohoto výzkumu byl  $\beta$ -karoten, prekurzor vitamínu A, který je nedostatkový především v rozvojových zemích. Žádoucí budou výzkumy zabývající se dalšími prospěšnými látkami, které je možné akumulovat ve hmyzím těle, a tak zprostředkovat lidem spolu s jedlým hmyzem.

## 8 Literatura

- Alexander P, Brown C, Arneith A, Dias C, Finnigan J, Moran D, Rounsevell MDA. 2017. Could consumption of insects, cultured meat or imitation meat reduce global agricultural land use? *Global Food Security* **15**: 22-32.
- 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.
- Barlow JS. 1966. Effects of diet on the composition of body fat in *Lucilia sericata* (Meigen) *Nature* **212(5069)**: 1478-1479.
- Bednářová M, Borkovcová M, Mlcek J, Rop O, Zeman L. 2013. Edible insects - Species suitable for entomophagy under condition of Czech Republic. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis* **61**:587–593.
- Britton G, Liaaen-Jensen S, Pfander H. 2008. Carotenoids volume 4: Natural Functions. Springer Science & Business Media. London.
- Cerritos R, Cano-Santana Z. 2008. Harvesting grasshoppers *Sphenarium purpurascens* in Mexico for human consumption: A comparison with insecticidal control for managing pest outbreaks. *Crop Protection* **27**:473–480.
- Chai BC, van der Voort JR, Grofelnik K, Eliasdottir HG, Klöss I, Perez-Cueto FJA. 2019. Which diet has the least environmental impact on our planet? A systematic review of vegan, vegetarian and omnivorous diets. *Sustainability* **11(15)**: 4110.
- Coudron TA, Mitchell LC, Sun R, Robertson JD, Pham N V., Popham HJR. 2012. Dietary composition affects levels of trace elements in the predator *Podisus maculiventris* (Say) (Heteroptera: Pentatomidae). *Biological Control* **61**:141–146.
- Craig WJ. 2009. Health effects of vegan diets. *Page American Journal of Clinical Nutrition*.
- de Beukelaar MFA, Zeinstra GG, Mes JJ, Fischer ARH. 2019. Duckweed as human food. The influence of meal context and information on duckweed acceptability of Dutch consumers. *Food Quality and Preference* **71**:76–86.
- Eggersdorfer M, Wyss A. 2018. Carotenoids in human nutrition and health. *Archives of Biochemistry and Biophysics* **652**:18–26.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2013. Edible insects. Future prospects for food and feed security. *Page Food and Agriculture Organization of the United Nations*.
- Friedrich & Volland 2004. *Breeding Food Animals: Live Food for Vivarium Animals*. Krieger publishing company. Malabar, Florida.
- Gałęcki R, Sokół R. 2019. A parasitological evaluation of edible insects and their role in the transmission of parasitic diseases to humans and animals. *PLoS ONE* **14**:1–19.
- Grafton RQ, Daughjerg C, Qureshi ME. 2015. Towards food security by 2050. *Food Security* **7**:179–183.
- Herrero M, Wirsenius S, Henderson B, Rigolot C, Thornton P, Havlík P, De Boer I, Gerber P. 2015. Livestock and the Environment: What Have We Learned in the Past Decade? *Annual Review of Environment and Resources* **40**:177–202.
- Jantzen da Silva Lucas A, Menegon de Oliveira L, da Rocha M, Prentice C. 2020. Edible insects: An alternative of nutritional, functional and bioactive compounds. *Food Chemistry* **311**:126022. Elsevier Ltd.
- Jongema Y. 2017. World list of edible insects. Wageningen University:1–100.
- Kim TK, Yong HI, Kim YB, Kim HW, Choi YS. 2019. Edible insects as a protein source: A review of public perception, processing technology, and research trends. *Food science of animal resources* **39(4)**: 521.
- Kouřimská L, Adámková A. 2016. Nutritional and sensory quality of edible insects. *NFS*

Journal 4: 22-26.

- Kulma M, Kouřimská L, Plachý V, Božik M, Adámková A, Vrabec V. 2019. Effect of sex on the nutritional value of house cricket, *Acheta domestica* L. *Food Chemistry* **272**:267–272.
- Lehtovaara VJ, Valtonen A, Sorjonen J, Hiltunen M, Rutaro K, Malinga GM, Nyeko P, Roininen H. 2017. The fatty acid contents of the edible grasshopper *Ruspolia differens* can be manipulated using artificial diets. *Journal of Insects as Food and Feed* **3**:253–262.
- Maoka T. 2020. Carotenoids as natural functional pigments. *Journal of Natural Medicines* **74(1)**: 1-16..
- Meyer-Rochow VB, Jung C. 2020. Insects used as food and feed: Isn't that what we all need? *Foods* **9**: 102-109.
- Mlček J, Adámková A, Adámek M, Borkovcová M, Bednářová M, Kouřimská & L. 2018. Selected nutritional values of field cricket (*Gryllus assimilis*) and its possible use as a human food. *Indian Journal of Traditional Knowledge* **12**: 103-116.
- Mohan K, Ganesan AR, Muralisankar T, Jayakumar R, Sathishkumar P, Uthayakumar V, Chandirasekar R, Revathi N. 2020. Recent insights into the extraction, characterization, and bioactivities of chitin and chitosan from insects. *Trends in Food Science and Technology* **105**:17–42.
- Nyangena DN, Mutungi C, Imathiu S, Kinyuru J, Affognon H, Ekesi S, Nakimbugwe D, Fiaboe KKM. 2020. Effects of Traditional Processing Techniques on the Nutritional and Microbiological Quality of Four East Africa. *Foods* **9**:574.
- Oonincx D, Van der Poel AFB. 2011. Effects of diet on the chemical composition of migratory locusts (*Locusta migratoria*). *Zoo biology* **30**:9–16.
- Oonincx DGAB, van Broekhoven S, van Huis A, van Loon JJA. 2019. Correction: Feed conversion, survival and development, and composition of four insect species on diets composed of food byproducts (PLoS One (2015) 10:12 (e0144601) DOI: 10.1371/journal.pone.0144601). *PLoS ONE* **14**:1–7.
- Paoletti MG. 2020. Human Consumption of Lepidoptera, Termites, Orthoptera, and Ants in Africa. *Ecological Implications of Minilivestock* **2**: 175-230.
- 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.
- Pretty J. 2008, February. *Agricultural sustainability: Concepts, principles and evidence*. Royal Society. Birmingham.
- Raheem D, Carrascosa C, Oluwole OB, Nieuwland M, Saraiva A, Millán R, Raposo A. 2019. Traditional consumption of and rearing edible insects in Africa, Asia and Europe. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* **59**:2169–2188.
- 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.
- Rao A V., Rao LG. 2007. Carotenoids and human health. *Pharmacological Research* **55**:207–216.
- Rubio Ruiz J, Giménez García R, Naveiro Rilo J, Salcedo Joven V, Díez Estrada M, Mayoral Gómez A. 1991. Estudio epidemiológico y clínico del melanoma maligno cutáneo en el área sanitaria de León. *Medicina Clinica*.
- Rumpold BA, Schlüter OK. 2013. Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular nutrition & food research* **57**:802–823.
- Salomone R, Saija G, Mondello G, Giannetto A, Fasulo S, Savastano D. 2017. Environmental impact of food waste bioconversion by insects: Application of Life Cycle Assessment to process using *Hermetia illucens*. *Journal of Cleaner Production* **140**:890–905..

- Schlup Y, Brunner T. 2018. Prospects for insects as food in Switzerland: A tobit regression. *Food Quality and Preference* **64**:37–46.
- Skrivervik E. 2020. Insects' contribution to the bioeconomy and the reduction of food waste. *Heliyon* **6**:e03934.
- Soares Araújo RR, dos Santos Benfica TAR, Ferraz VP, Moreira Santos E. 2019. Nutritional composition of insects *Gryllus assimilis* and *Zophobas morio*: Potential foods harvested in Brazil. *Journal of Food Composition and Analysis* **76**:22–26.
- Sosa DAT, Fogliano V. 2017. Potential of Insect-Derived Ingredients for Food Applications. *Insect Physiology and Ecology*.
- Stephens N, Di Silvio L, Dunsford I, Ellis M, Glencross A, Sexton A. 2018. Bringing cultured meat to market: Technical, socio-political, and regulatory challenges in cellular agriculture.
- Sun YX, Hao YN, Liu TX. 2018. A  $\beta$ -carotene-amended artificial diet increases larval survival and be applicable in mass rearing of *Harmonia axyridis*. *Biological Control* **123**:105–110.
- van Huis A, Oonincx DGAB. 2017. The environmental sustainability of insects as food and feed. A review. *Agronomy for Sustainable Development* **37(5)**: 1-14.
- Weissman DB, Walker TJ, Gray DA. 2009. The field cricket *Gryllus assimilis* and two new sister species (orthoptera: Gryllidae). *Annals of the Entomological Society of America* **102**:367–380.
- Yi L, Lakemond CMM, Sagis LMC, Eisner-Schadler V, van Huis A, van Boekel MAJS. 2013. Extraction and characterisation of protein fractions from five insect species. *Food chemistry* **141**:3341–3348.
- Zwart P, Rulkens RJ. 1979. Improving the calcium content of mealworms. *International Zoo Yearbook* **19**:254–255.