

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra zoologie a rybářství (FAPPZ)**



**Fakulta agrobiologie,  
potravinových a přírodních zdrojů**

**Senzorická analýza jedlého hmyzu dostupného v České republice**

**Diplomová práce**

**Autor práce: Karolína Bartáková**

**Obor studia: Chov hospodářských zvířat N-ANIMAM**

**Vedoucí práce: Ing. Martin Kulma, Ph. D.**

**©2022 ČZU v Praze**

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci „Senzorická analýza jedlého hmyzu dostupného v České republice“ jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne



## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala svému vedoucímu diplomové práce panu Ing. Martinu Kulmovi, Ph.D. za velmi pevné nervy a ochotu. Dále paní prof. Ing. Lence Kouřimské, Ph.D. za spolupráci při zpracování dotazníků, zorganizování senzorické analýzy a pomocí se zpracováním dat. V neposlední řadě bych chtěla poděkovat svým rodičům, kteří mě při studiu značně podporovali.

# Senzorická analýza jedlého hmyzu dostupného v České republice

## Souhrn

Tato diplomová práce vznikla na základě mé vypracované bakalářské práce na téma přístupu spotřebitelů v České republice k hmyzu jako nové potraviny. Závěrem této práce bylo, že lidé v České republice mají překvapivě častou zkušenost s entomofágií, avšak pouze malé procento z nich hmyz nadále pravidelně konzumuje. Při konzumaci celého hmyzu byl mezi jednotlivými druhy hmyzu významný rozdíl, zatímco při konzumaci hmyzu ve skryté formě tyto preference statisticky významné nebyly. Tato diplomová práce tak navazuje ověřením tohoto zjištění pomocí senzorické analýzy.

Teoretická část diplomové práce se skládá ze souhrnu základních informací ohledně využití hmyzu jako nové potraviny. Praktická část práce je zaměřena na senzorickou analýzu šesti vybraných druhů jedlého hmyzu (*Tenebrio molitor*, *Zophobas morio*, *Gryllus assimilis*, *Locusta migratoria*, *Blatta lateralis* a *Blaberus discoidalis*), které byly respondentům předloženy v celém, kulinářsky upraveném stavu (osmaženy na oleji se solí) a následně poté drceny v spotřebitelsky známých produktech, přičemž bylo nahrazeno 10 procenty klasické mouky za hmyzí moučku. K posuzování bylo tedy použito šest druhů hmyzí moučky, z nichž byly následně upečeny housky a čokoládové sušenky „crinkles“. Hmyz i výrobky s obsahem hmyzí moučky byly následně předloženy panelu 16 respondentů na senzorickou analýzu.

Výsledky testů ukázaly, že výrobky s hmyzem ve skryté formě jsou hodnoceny lépe než celý kulinářsky upravený hmyz. Co se týče celého hmyzu, v hodnocení hrál roli druh i velikost hmyzu. Pořadové zkoušky odhalily druhové rozdíly i u hodnocení bílého pečiva s hmyzí moučkou. Zatímco ve slaném pečivu se nahrazení 10 procentní mouky hmyzí moučkou ukázalo jako hraniční a mnohé senzorické vlastnosti včetně barvy a textury byly tímto ovlivněné, u sladkých sušenek nebyly pozorovány mezi experimentálními vzorky a kontrolou bez přídavku hmyzu žádné rozdíly. Z tohoto pohledu lze k obohacení nutričního složení sladkého pečiva použít i méně oblíbený hmyz nebo hmyz s horšími senzorickými vlastnostmi, aniž by to mělo vedlejší účinky pokud jde o přijímání. Celkově se na základě tohoto výzkumu jako nejslibnější druhy v rámci testovaných druhů hmyzu jeví cvrčci banánovní *G. assimilis* a larvy potěmníků moučných *T. molitor*, kteří získali vysoké hodnocení v celé i skryté formě.

**Klíčová slova:** jedlý hmyz, hédonická analýza, hmyzí moučka, senzorické vlastnosti hmyzu, nové potraviny.

# Acceptance of edible insects by Czech consumers

## Summary

This thesis is based on my bachelor's thesis on the attitude of consumers in the Czech Republic towards insects as a new food. The conclusion of this thesis was that people in the Czech Republic have a surprisingly common experience with entomophagy, but only a small percentage of them continue to consume insects regularly. There was a significant difference between insect species when eating whole insects, whereas these preferences were not statistically significant when eating insects in hidden form. This thesis thus follows up by validating this finding using sensory analysis.

The theoretical part of the thesis consists of a summary of basic information regarding the use of insects as a new food. The practical part of the thesis focuses on the sensory analysis of six selected edible insects (*Tenebrio molitor*, *Zophobas morio*, *Gryllus assimilis*, *Locusta migratoria*, *Blatta lateralis* and *Blaberus discoidalis*), which were presented to the respondents in a whole, culinary condition (fried in oil and salt) and then crushed in consumer products, replacing 10 percent of conventional flour with insect meal. Thus, six types of insect meal were used for the assessment, which were then used to bake buns and chocolate crinkles. The insects and the products containing insect meal were then submitted to a panel of 16 respondents for sensory analysis.

The test results showed that products with insects in hidden form are rated better than whole culinary insects. For whole insects, both the species and the size of the insect played a role in the evaluation. The rank order tests also revealed species differences in the evaluation of white pastries with insect meal. While in the savoury biscuits the replacement of 10 percent flour by insect meal proved to be borderline and many sensory properties including colour and texture were affected, no differences were observed between the experimental samples and the control without insect addition in the sweet biscuits. From this point of view, less popular insects or insects with poorer sensory properties can be used to enrich the nutritional composition of sweet biscuits without having side effects in terms of acceptance. Overall, based on this research, the banana crickets *G. assimilis* and the flour beetle larvae *T. molitor* appeared to be the most promising species within the insect species tested, scoring highly in both whole and hidden forms.

**Keywords:** edible insect, hedonical analysis, insect meal, sensory properties of insect, novel foods.

## Obsah

1.	Úvod .....	7
2.	Cíl .....	8
3.	Literární rešerše .....	9
3.1	Charakteristika hmyzu .....	9
3.2	Entomofágie .....	9
3.3	Hmyz jako alternativní zdroj bílkovin .....	11
3.4	Neofobie v potravinovém průmyslu .....	13
3.5	Hmyz ve výživě lidí .....	14
3.6	Nutriční hodnota hmyzu .....	18
3.7	Senzorické vlastnosti hmyzu.....	21
4.	Metodika .....	23
4.1	Složení a receptura .....	24
4.2	Statistické vyhodnocení dat .....	29
5.	Výsledky .....	30
5.1	Hmyz vcelku .....	30
5.2	Housky s hmyzí moučkou.....	38
5.3	Sušenky s hmyzí moučkou.....	45
5.4	Hodnocení pořadové zkoušky a párového preferenčního testu .....	52
6.	Diskuze .....	53
7.	Závěr .....	57
8.	Zdroje.....	58

# 1. Úvod

Hlad je jedním z nejpřednějších světových problémů v důsledku nárůstu populace a představuje tak i vážné nebezpečí pro zachování světového míru (FAO 2008). Počet obyvatel na Zemi roste každým dnem a je proto více než nutné hledat alternativní a obnovitelné zdroje potravin, které budou mít dobrou nutriční hodnotu a zároveň co nejnižší ekologickou stopu.

Důraz je kladen na naplnění světové poptávky po kvalitních zdrojích potravin, aby na světě nedocházelo k hladovění obyvatelstva. U hladu rozlišujeme tři základní formy: akutní hlad (vzniká důsledkem nedostatečného energetického příjmu a končí smrtí), specifický hlad (je deficitem některých životně důležitých látek) a chronická podvýživa, která je způsobena trvale nedostatečným energetickým příjmem. Dle Worldometers.com se nyní v podvyživeném stavu nachází necelá 1 miliarda z celkových 8 miliard obyvatel planety. Vědci navíc v budoucnu předpokládají další nárůst populace. V roce 2055 by měla světová populace dosáhnout 10 miliard lidí, čímž dosáhne svého takzvaného „kapacitního limitu“, který Země dokáže uživit. Nezastavitelný nárůst populace nezastavila ani celosvětová pandemie koronaviru, který dle statistik worldometers.info byl součástí či příčinnou úmrtí skoro 6,5 miliónů lidí po celém světě (Worldometers 2022).

Fakt, že současné zdroje jsou přetíženy a není možné je již do budoucna udržet, nutí lidstvo hledat alternativy jak pro zdroje živin pro hospodářská zvířata, tak i přímo pro lidskou populaci.

Mezi potenciální zdroje bílkovin, o kterých se v současné době hodně diskutuje v této souvislosti, patří právě i třída hmyzu. Pojídání hmyzu jako potravy (tzv. entomogáie) bylo a doposud je součástí stravy lidí po celém světě. Ve světovém měřítku se jedná o více než 2 miliardy obyvatel, kteří hmyz pravidelně zařazují na své jídelníčky. Jedná se především o Asii, Afriku a Jižní Ameriku, kdy je k tomuto účelu využíváno přes 2000 druhů jedlého hmyzu. Hmyz určený k lidské spotřebě lze konzumovat celý, ale i ve formě jeho částí, jako například bílkovinných či lipidových extraktů. Na rozdíl od výše uvedených tropických oblastí, v západní kultuře je entomofágie většinou společností považována za nechutnou a primitivní. V posledních letech se však začíná pomalu ale jistě dostávat do popředí především díky vyšší informovanosti veřejnosti.

Velký vliv na tuto skutečnost měl 1) turismus do zemí, kde je pro turisty konzumace hmyzu atrakcí a mnoho lidí si z exotických destinací přivezlo svoji první zkušenost s entomofágií a za 2) týmy vědeckých nadšenců, které se tímto tématem zabývají. V České republice se první výzkum na toto téma datuje k roku 2002 (Mlček et al. 2018).

Zvyšující se poptávku po hmyzích produktech potvrzovala vzrůstající návštěvnost kulinařských akcí a „food festivalů“ zaměřených na ochutnávku hmyzu. Po zařazení hmyzu mezi povolené nové potraviny se pak na evropském trhu objevily i první produkty s hmyzem nejčastěji v podobě proteinových tyčinek s obsahem hmyzí moučky. Aby bylo možné plně uspokojit poptávku po produktech s hmyzem, je zásadní vybrat pro tento účel nejvhodnější druh. Proto je nutné znát nejen jeho nutriční hodnoty, ale i sensorické vlastnosti.

Cílem této práce je proto ohodnotit sensorické vlastnosti různých druhů jedlého hmyzu, který je komerčně dostupný v České republice a popsat faktory, které tyto vlastnosti ovlivňují, ať už jde o konzumaci celého hmyzu nebo produktů s obsahem hmyzí moučky.

## 2. Cíl

Cílem práce je pomocí senzorické analýzy zjistit, které druhy hmyzu jsou pro české konzumenty nejvíce atraktivní a dále, zda-li tato preference platí i pro skrytou formu konzumace.

Vědecká hypotéza: Při konzumaci celého hmyzu bude mezi jednotlivými druhy hmyzu významný rozdíl, zatímco při konzumaci hmyzu ve skryté formě tyto preference statisticky významné nebudou.

### 3. Literární rešerše

#### 3.1 Charakteristika hmyzu

Hmyz (Insecta) je třída živočichů patřících do kmene členovců (Arthropoda), podkmene šestinozů (Hexapoda) (Rosypal et al. 2003). Tvoří až 75 procent veškerých známých živočišných druhů žijících na planetě Zemi a čítá přes jeden milión druhů. Nejstarší nálezy hmyzu pochází z doby před 400 miliony let (Conrad et al. 1988).

Tělo členovců je rozděleno na hlavu (nesoucí jeden pár tykadla a jeden pár složených očí), hrud' (skládající se ze tří článků, na nichž se nachází orgány pohybu – tři páry článkovaných nohou a obvykle jeden až dva páry křídel) a zadeček, který obsahuje jedenáct článků, přičemž poslední článek zpravidla obsahuje různé přívěsky.

Vývoj hmyzu se uskutečňuje dvěma druhy proměny. Z vajíčka se líhnou larvy, v zásadě podobné dospělci, což je proměna nedokonalá. Nebo se z vajíček líhnou larvy, které nemají ani základy křídel, mají primitivní larvální očka a často i jiný typ ústního ústrojí než dospělý hmyz. Larvy se kuklí a teprve z tohoto klidového stádia se líhne dospělec. V tomto případě hovoříme o proměně dokonalé (Rosypal et al. 2003).

Během evoluce došlo u některých skupin hmyzu ke změnám v ústním ústrojí. U některých druhů došlo k metamorfóze z kousacího na lízací, sací či bodavě sací ústní ústrojí.

Ze smyslových orgánů vyniká čich a hmat (například tykadla). Poměrně dobře vyvinutý je i zrak (složené i jednoduché oči) a schopnost vnímat vlnění (nahrazuje sluch, jedná se o takzvané chorodontální orgány) (Rosypal et al. 2003).

Třída Insecta zahrnuje různé velké druhy od 0,139 mm do 16,7 cm. Ty nejmenší jsou chalcidky, jmenovitě druh *Dicopomorpha echmepterygis* z čeledi Mymaridae (Parker & Johnston 2006), a největší známý žijící druh dorůstající délky 16,7cm je *Titanus giganteus*, což je druh tesařika obývajícího deštné pralesy Jižní Ameriky (Whitman 2008).

Hmyz zkolonizoval veškeré ekosystémy a přežil obrovské vymírání v permu. Jak již bylo řečeno, obývá různé ekosystémy – terestrické i sladkovodní a existuje i jeden druh vyskytující se na moři (bruslařka z rodu *Halobates*). V těchto ekosystémech zastává různé funkce a díky adaptacím má kapacitu ovlivňovat tok energie a materiálů jako herbivoři (stimulují růst a ovlivňují koloběh živin v rostlinách), opylovači, dekompozitoři (získávají organický materiál z uhynulých organismů a jejich zbytků, a tím ho začleňují zpět do oběhu) a predátoři. Zároveň se také může nacházet v roli hostitele či kořisti. Jak vyplývá z výše uvedených informací, hmyz má nezaměnitelnou roli v potravinovém řetězci pro nespočet organismů obývajících planetu Zemi (Rosypal et al. 2003).

#### 3.2 Entomofágie

Entomofágie (z řeckého *éntomon*, „hmyz“ a *phagein*, „jíst“) je výraz pro využívání hmyzu jako potravin. Julie Lesnik – jediná antropoložka zabývající se entomofágií, je autorkou knihy „Jedlý hmyz a evoluce člověka“, pokračuje v objevování informací o tom, jak lidé konzumovali hmyz z mezikulturní a evoluční perspektivy. Zjistila, že požívání hmyzu v pravěku (tedy období před 3 miliony až 3500 let před našim letopočtem) bylo především výsadou žen, které takto trávily čas s ostatními ženami, zatímco muži chodili lovit. Požívání hmyzu již v pravěku se potvrdilo i díky analýze zkamenělých exkrementů v jeskyních na území USA a Mexika, prokazující

přítomnost mravenců, larev brouků, vši, klíšťat a roztočů (Lesnik 2018). Další z nejstarších dochovaných písemných zpráv popisující hmyz jako potravu, se nachází ve Starém zákoně, který povoluje požívání různých druhů kobylek, sarančat, cvrčků a koníků (Anonym 2001). Hmyz je také zmíněn v Novém zákoně, kdy Jan Křtitel káže o Judské poušti a mluví o pojídání kobylek a divokého medu (Anonym 2001). Mezi pozdější doložené zprávy patří Aristotelův popis ze 4. století před naším letopočtem, kdy nymfy (larvální stádium cikády), byly ve starém Řecku považovány za pochoutku (Aristoteles 384-322 před naším letopočtem). V 5. století před naším letopočtem také Hérodot z Halikarnassu popisuje Nosamonce, kteří při sběru palmových datlí „loví“ bezkřídlé kobyly, jež usušili na slunci, nadrtili a nasypali do mléka, které následně pili (Herodotus, 1920.). Také na počátku 3. století popisuje Aelian z Říma dezert z larev z palmy tawny, který podával indický král skupině řeckých návštěvníků (Bodenheimer 1951).

Důvodem, proč v současnosti není hmyz na jídelníčku západních zemích, je fobie, předávaná z generace na generaci, pravděpodobně v počátku úzce spjata s vírou. V Bibli je totiž hmyz zobrazován jako „To nečisté“, kdy Třetí Mojžíšova 11 B21 – Zákon čistoty doslova tvrdí „Všechn křídlatý hmyz lezoucí po čtyřech pro vás bude ohavností“ a „Všechn ostatní křídlatý čtvernohý hmyz pro vás bude ohavností“ (Schouteten et al. 2016). Dále také i fakt, že konzumace hmyzu je spojena s primitivním chováním a nedostatkem potravin (období válečných tažení) a strachem z potenciálně přenosných chorob (Looy et al. 2014).

V České republice je nejstarší dochovanou zmínkou o zařazení hmyzu na jídelníček kuchařka z roku 1928 od Luisy Ondráčkové, kdy se jedná o recept na chroustovou polévku (Ondráčková 1928). Inspirace pocházela z Francie či Německa, kde byla tato polévka konzumována pravidelně (Warner 2006).

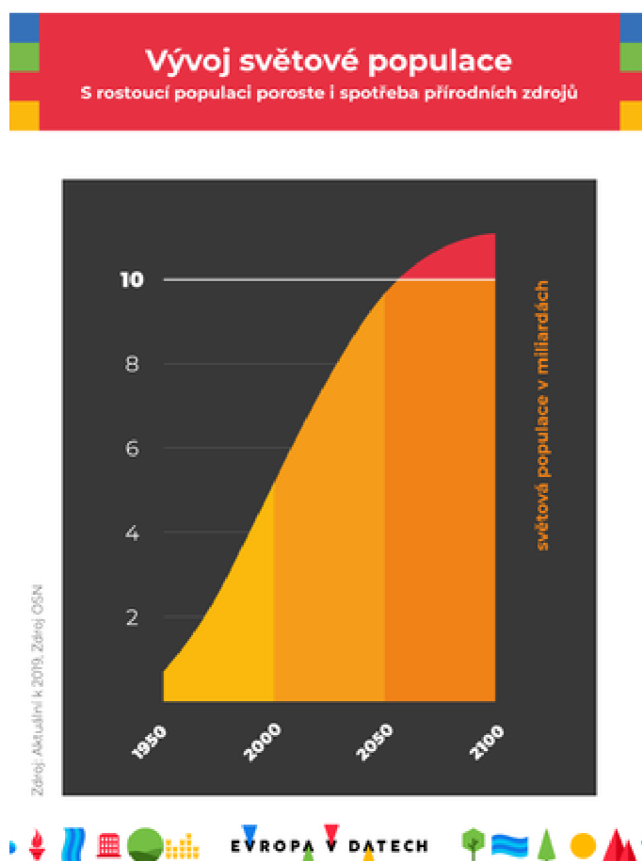


Obrázek 1: Entomofágie. Zdroj: <https://eldefinido.cl>



### 3.3 Hmyz jako alternativní zdroj bílkovin

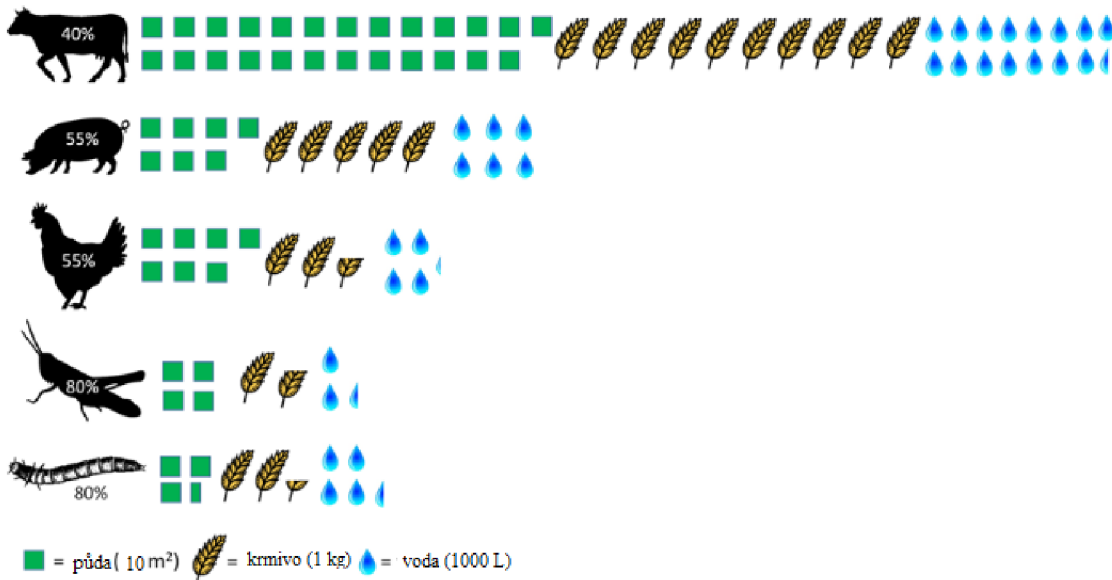
Jak bylo zmíněno v úvodu práce, předpokládá se, že do roku 2055 by planetu mělo obývat 10 miliard lidí (viz Obrázek 2). Vzhledem ke zvyšování životního komfortu a změny stravovacích návyků zejména v rozvojových zemích se poptávka po živočišných produktech oproti současnosti zvýší až o 70 procent (FAO 2011).



Obrázek 2: Vývoj světové populace na planetě Zemi do roku 2100. Zdroj: <https://evropavdatech.cz>

Vliv výroby potravin na životní prostředí se stále častěji dostává do popředí debat o udržitelnosti životního prostředí v souvislosti se snižováním emisí oxidu uhličitého (CO<sub>2</sub>). Existují však další dva důležité environmentální faktory, které bývají často opomíjeny – voda a půda. Předpokládá se, že do roku 2025 budou až 2 milióny obyvatelstva žít v oblastech, kde bude problém zajistit dostatek pitné vody a další dvě třetiny celosvětové populace budou pod tlakem ubývajících vodních zdrojů (FAO 2012). Sladká voda je vyčerpateľným zdrojem a až 70 procent spotřebovává právě živočišná výroba a zemědělství (Doreau et al. 2012). S rostoucí poptávkou po mase roste také tlak na výrobce živočišných produktů, což znamená zvýšit počet chovaných zvířat, a tím pádem větší potřeba půdy. Tento nárůst dále zapříčiňuje vyšší potřebu orné půdy, vyšší spotřebu vody a zvýšenou spotřebu hnojiv pro pěstování krmiva pro hospodářská zvířata. V nynější době využívá živočišná výroba okolo 70 procent dostupné zemědělské půdy (Oonincx & de Boer 2012). Obrázek 3 ukazuje využití půdy, krmiva a vody pro tři hlavní skupiny

hospodářských zvířat (skot, prasata a kuřata) a dva druhy hmyzu (saranče a potměšník). Dále je také hmyz z hlediska konverze krmiva výrazně účinnější než ostatní hospodářská zvířata (van Huis 2013). Avšak je nutno podotknout, že o účinnosti konverze krmiva, nárocích na půdu a spotřebu vody jsou u hmyzu zatím omezené údaje.



Obrázek 3: Srovnání jednotlivých druhů při ohledu na využití půdy, krmiva a vody. Zdroj: <https://onlinelibrary.com>

Zemědělský sektor se podílí 18 procenty na produkci veškerých skleníkových plynů (zejména výše zmíněného oxidu uhličitého, oxidu dusného a metanu) z fosilních paliv a zemědělsko-průmyslových procesů. Studie, jež zohledňovaly pouze podmínky chovu, zjistily, že hmyz si vede příznivě ve srovnání s hovězím dobytkem a prasaty. Dostupné výsledky naznačují, že hmyz produkuje mnohem méně skleníkových plynů, než standardní hospodářská zvířata a v přepočtu na kilogram hmoty se vyrovná kuřatům (Halloran et al. 2017). V současné době nejsou k dispozici žádné přesnější údaje o skleníkových plynech, neboť průmyslová produkce hmyzu stále spoléhá na stejná obilná krmiva používaná pro hospodářská zvířata. Při optimalizaci technologie chovu hmyzu například za využití odpadních či vedlejších produktů z potravinářského průmyslu lze očekávat podstatné snížení hodnoty celkových emisí produkovaných hmyzem. Návrh na zkrmování bio odpadu představili například Lundy a Parrella v roce 2015, kdy jako krmivo použili tři zdroje organického odpadu (nekvalitní nezpracovaný potravinářský odpad, krmivo převážně na bázi slámy a filtrát z potravinářského odpadu zpracovaný enzymatickou digescí). Výsledkem jejich studie bylo, že cvrčci prospívali na zpracovaném filtrátu a jejich efektivita využití krmiva byla stejná, až vyšší než u kuřat, což z něj dělá vhodný alternativní zdroj bílkovin (Lundy & Parrella 2015). V neposlední řadě je též znám jeho negativní dopad na biodiverzitu (různorodost života, představuje základní předpoklady pro fungování ekosystému, kdy její ohrožení představuje problém pro populaci všech druhů včetně lidského) při chovu zvířat a pěstování krmiva pro zvířata díky plošné fertilizaci půdy a následnému celoplošnému používání insekticidů a pesticidů (Sakadevan & Nguyen 2017).

O hmyzu, jakožto potenciálním řešením světového problému s nedostatkem živin, se poprvé zmínil Dr. Meyer Rochow již v roce 1975 (Meyer-Rochow 1975). Velké pozornosti se ovšem hmyzu začalo dostávat až na prahu 21. století, kdy se tématem začala zabývat světová organizace s názvem Organizace pro výživu a zemědělství (FAO), která také uspořádala první velké konferenci zaměřené právě na hmyz, jakožto potravinu budoucnosti. I díky těmto konferencím se výzkum rozběhl v celosvětovém měřítku.

### 3.4 Neofobie v potravinovém průmyslu

Neofobie je definována jako chorobný strach z něčeho nového, osoba trpící touto fobií má velký strach z nových věcí a zkušeností, to se v praxi projevuje například neochotou zkoušet nové věci nebo narušovat své zaběhlé a ozkoušené rutiny. Stává se, že tento jedinec může mít zájem danou věc vyzkoušet, nicméně jeho iracionální strach mu to nedovolí (Antony et al. 1997).

Potravinová neofobie doslova znamená „strach z nových potravin“, kdy se projevuje neochotou jíst nebo se vyhýbat určitému jídlu. Ačkoli tento rys kdysi býval adaptivní v evolučním smyslu tím, že se snižovala pravděpodobnost příjmu potenciálně škodlivých látek a toxinů, většina těchto rizik byla v současném světě téměř odstraněna.

Téma se zabývá také novými inovacemi procesů výroby potravin či nanotechnologií. Při jejich vývoji je tak nutné v určité fázi provést plošný průzkum, jak velký by byl o výsledný produkt zájem a zároveň tím předejít negaci ze strany spotřebitelů (van Kleef et al. 2005). Je také nutné následně investovat do informačních a vzdělávacích programů, které eliminují strach spotřebitelů (Siegrist 2008).



Obrázek 4: Neofobie, zdroj: [www.wormup.com](http://www.wormup.com)

#### 3.4.1 Hmyz schválený ke konzumaci v EU

Hmyz je považován za novou potravinu (potraviny, které se na našem území běžně nevyskytovaly a nekonzumovaly před datem 15. 5. 1997, než vstoupilo v platnost nařízení Evropského Parlamentu č. 258/1997, ze dne 27. ledna 1997 - „O nových potravinách a nových složkách potravy“). Od 1. ledna 2018 platí nové nařízení o nových potravinách - nařízení

Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 2015/2283. Nové potraviny mohou být nově vyvinuté, vyrobené novou technologií nebo novým technologickým procesem, ale také potraviny, které jsou tradičně konzumovány mimo státy EU. Díky tomuto nařízení je tedy možno využívat hmyz pro lidskou konzumaci (Pěchová 2019).

Pro potravinářské účely se chovají jen následující druhy:

- Cvrček domácí (*Acheta domestica*)
- Saranče stěhovavá (*Locusta migratoria*)
- Potemník stájový (*Alphitobius diaperinus*)
- Potemník moučný (*Tenebrio molitor*)
- Potemník brazilský (*Zophobas atratus*)
- Bourec morušový (*Bombyx mori*)
- Zavíječ voskový (*Galleria mellonella*)
- Cvrček banánový (*Gryllus assimilis*)
- Saranče pustinná (*Schistocerca gregaria*)

V květnu roku 2021 se podle nařízení 2015/2283 prvním schváleným hmyzem vedeným jako potravina staly larvy potemníka moučného (*T. molitor*). (EFSA 2021). V listopadu téhož roku se povolenou potravinou stalo i saranče stěhovavé (*L. migratoria*).

Dalším schváleným hmyzem se stal v roce 2022 cvrček domácí (*A. domestica*), kdy vědci došli k závěru, že ani u tohoto druhu nehrozí nebezpečí při konzumaci s výjimkou alergenů u vnímavých jedinců na primární proteiny cvrčka domácího (EFSA 2021).

Posledním zástupcem schváleným ke konzumaci se staly larvy potemníka stájového (*A. diaperinus*). Aktuálně se projednává ještě dalších 8 žádostí zástupců hmyzu, který by mohl být potenciálně zařazen na běžný jídelníček (Entoway 2021).

## 3.5 Hmyz ve výživě lidí

### 3.5.1 Formy konzumace hmyzu

Z bezpečnostního hlediska se obecně nedoporučuje konzumace hmyzu v syrovém stavu, byť z historického hlediska probíhala právě konzumace v tomto stavu nejčastěji (Ramos-Elorduy 1997). Pokud dochází ke konzumaci hmyzu vcelku, tak nejčastější úpravou bývá smažení, pečení, dušení a vaření živočichů, kteří jsou následně podáváni například napíchaní na špejli nebo zabalení do sáček (Yong et al. 2019). Konzervace hmyzu probíhá nejčastěji za použití chladírenských zařízení, sušením nebo okyselováním.

Další možností konzumace je ve skryté formě, kdy je hmyz nadrcen na jemný prášek (moučku), který se pak přidává do pečiva, dortů, proteinových tyčinek, těstovin, párků, pizzy a dalších běžně známých produktů (Verbeke 2015). Moučka nemá specifickou chuť, po přidání do potravin tedy vylepší výživovou hodnotu, ovšem na chuti to nelze poznat. To například dokazuje i studie, kdy byly použity dva vzorky tortill. Jedna „obyčejná“ kukuřičná a druhá s přídavkem hmyzí moučky. I přes „handicap“ hmyzí tortilly v podobě tmavšího zbarvení dopadla při sensorickém hodnocení lépe než varianta klasická. Panelisté ohodnotili hmyzí tortillu jako chuťově velmi dobrou, barvou i texturou přijatelnou. Navíc díky přídavku hmyzu došlo k nárůstu proteinu o dvě procenta, významnému nárůstu esenciálních aminokyselin a jednoho procenta tuku (Aguilar-Miranda et al. 2002). Vzhledem k tomu, že lidé v západních zemích by byli ochotni hmyz konzumovat hlavně kvůli jeho příznivé nutriční hodnotě, ovšem často se hmyzu štítí, konzumace

ve skryté formě je považována za první krok ve snižování neofobie (Elzerman et al. 2011).

### **Příklady konzumace hmyzu ze světa**

Konzumace hmyzu v různých světových kulturách není zvláštností. V různých státech, popřípadě jejích částech, jsou konzumovány různé druhy s různými způsoby přípravy, což je dáno kulturou zeměpisné oblasti nebo náboženstvím. Entomofágie je rozšířena víceméně v celém tropickém pásu, ať už v chudých či vyspělých oblastech.

Například Thajsko je zemí vyznačující se nejrozmanitějším výběrem jedlého hmyzu. Hmyz je zde možné sehnat v podstatě kdekoliv, a to od cvrčků až po vodní ploštice. Nejdražší pochutinou je larva bource morušového (*Bombyx mori*), který se zde hojně chová pro hedvábí (Bednářová et al. 2015). V Indonésii vede naopak čeleď cikádovití (Cicadidae), o němž místní obyvatelé tvrdí, že má dokonce lepší chuť než vepřové maso (Bednářová et al. 2015). V severním Vietnamu se tradičně konzumuje bambusový červ nakládáný v rýžovém víně, který se následně upraví varem (Václavík 2018).

Na Sardinii (ostrov ve středozezemním moři patřící k Itálii) se za delikatesu považuje červí sýr Casu Marzu, který je zvláštní tím, že je záměrně infikovaný larvami sýrohlodky drobné (*Piophilidae casei*). Casu Marzu se vyrábí z místní varianty sýra Pecorino Sardo. Pojídá se ve vysokém stadiu rozkladu i s živými larvami. Sardinský znamená Casu Marzu „shnilý sýr“ (Kittler & Sucher 2008).

### **3.5.2 Sběr hmyzu**

V zemích, kde má entomofágie tradičně místo mezi stravovacími návyky, je nejvíce hmyzu, určeného k následné konzumaci, sbíráno ve volné přírodě. Celosvětově se 92 procent jedlých druhů hmyzu sklízí právě ve volné přírodě. Místní obyvatelé mají rozsáhlé a podrobné znalosti o životních cyklech a bionomii různých druhů hmyzu, což umožňuje efektivní sběr. Tím si zajistí nejen pravidelný přísun bílkovin, ale i případnou potravinovou rozmanitost. Načasování sběru závisí tedy na konkrétním druhu a jeho vývojovém cyklu (některé druhy se sbírají pouze sezónně, jiné lze sbírat celý rok) (Yotapan et al. 2014).

Tyto historicky zažitě znalosti by v budoucnu mohly tvořit velkou výhodu z hlediska domestikace hmyzu, díky nimž bude možné přejít z extenzivních na intenzivní chovy a z divokých forem k plně domestikovaným formám. To zahrnuje celou řadu možností, od ochrany či obnovy přírodních zdrojů a stanovišť, po rozmnožování jedlého hmyzu za vysoce kontrolovaných podmínek v zajetí.

Jak bylo zmíněno výše, bude-li se entomofágie uplatňovat ve větším měřítku, bude nutné přejít na rozsáhlý farmový chov, který zajistí dostatek hmyzího proteinu a zamezí tak vysbírání ve volné přírodě, kde by došlo k narušení přirozené rovnováhy přírody (Schabel 2010).

### **3.5.3 Domestikace hmyzu**

Domestikace je jedním z nejdůležitějších vývojových trendů v historii lidstva. Začala v pozdním pleistocénu domestikací psů a nezvratně ovlivnila lidskou historii, demografii a evoluci, což vedlo k našim současným civilizacím. Domestikované druhy hrají pro člověka důležitou roli v mnoha aspektech našeho každodenního života (Diamond 2002).

Otázkou zůstává, zda hmyz prochází domestikáčnými procesy. Vědecká literatura dosud domestikaci hmyzu příliš neprozkoumala. Hlavním důvodem do dnešní doby byl fakt, že až na

několik výjimek (larvy bource morušového či včela medonosná, kteří jsou považováni za již zdomestikované druhy) hmyz, jakožto potravina, do značné míry chybí. U hmyzu mnoho vědeckých článků zhodnotilo chov/produkci různých druhů hmyzu, aniž by tyto procesy výslovně popsali jako „domestikaci“, přesto je zde lidská kontrola nad hmyzím životním cyklem. Vzhledem k faktu, že jsou některé druhy hmyzu produkovány v podmínkách zajetí a jsou izolovaní od jejich divokých protějšků, lze je považovat za druhy procházející procesem domestikace (Lecocq 2018).

### **Domestikace *Bombyx mori***

*Bombyx mori* vykazuje při srovnání se svým fylogeneticky nejbližším žijícím protějškem významné specifity, které poukazují na domestikační znaky i) posílené nebo ii) zlepšující podpořené selekčními tlaky utvářenými neúmyslným/úmyslným působením člověka a modifikací prostředí: větší velikost kokonu a těla, vyšší produkce hedvábí, vyšší rychlost růstu, větší tolerance k lidské přítomnosti a manipulaci, přizpůsobivost žít ve stísněnějších podmínkách a lepší účinnost předkládaného krmiva. Dále byly změněny i specifické vlastnosti, které lze vysvětlit zmírněním selekce probíhající ve volné přírodě (např. tlakem predátorů) jako například leucismus (ztráta maskování) či neschopnost létat. Tyto dvě výše zmíněné vlastnosti tak způsobily, že domestikovaný *B. mori* je z hlediska přežití plně závislý na člověku. Díky nezávislým selektivním šlechtitelským programům tak vzniklo více než 1000 inbredních linií po celém světě (Xiang et al. 2018).

## **3.5.4 Chov hmyzu**

### **3.5.4.1 Chov hmyzu ve světě**

V současné době je nejvíce hmyzu chováno v Thajsku, kde je registrováno více než 20 000 chovatelů, a kteří v průměru vyprodukují 7 500 tun hmyzu za rok (Hanboonsong et al. 2013). Chov hmyzu v Thajsku se rychle rozrůstá, poskytuje pracovní příležitosti pro desetitisíce lidí, kteří si díky chovu hmyzu, zpracováním, přepravou a marketingem vydělávají a pozvedávají tak ekonomiku celé země (Durst & Hanboonsong 2015). Thajsko také dováží do Číny velké množství kukel bourců morušových pro lidskou spotřebu, protože lokální produkce již není schopna pokrýt poptávku (Hanboonsong et al. 2013). Kromě bource morušového je v jihovýchodní Asii také velice rozšířený velkochov cvrčka domácího. V různých státech se pak chovají další různé druhy rovnokřídlých, hlavně kobyly a sarančata. Dále jsou za účelem entomofágie chovány některé druhy brouků. Například v subsaharské Africe je zase tradičně chován za účelem konzumace brouk rodu *Rhynchoporus*, jehož krmným substrátem je dřevo palem rodu rafia. Celosvětově se chovají další brouci z čeledi potěmnikovitých, švábi, nebo například bráněnky (van Huis & Tomberlin 2017).

### **3.5.4.2 Chov hmyzu v České republice**

V České republice je podle Spolku výrobců a zpracovatelů hmyzu (Spolek výrobců a zpracovatelů hmyzu 2023) v současné době chováno osm nejrozšířenějších druhů, u kterých se dá předpokládat i využití v gastronomii.

potěmnikovití: moučný červ (*Tenebrio molitor*), potěmník brazilský (*Zophobas morio*) a potěmník stájový (*Alphitobius diaperinus*)

rovnokřídlí: cvrček domácí (*Acheta domestica*), cvrček banánový (*Gryllus assimilis*), saranče všežravá (*Schistocerca gregaria*) a saranče stěhovavá (*Locusta migratoria*).



švábi: šváb argentinský (*Blaptica dubia*)

V současné době se chovu hmyzu v České republice ve velkém věnuje odhadem 20 farem, které dokáží dohromady vyprodukovat několik tisíc kilogramů hmyzu za měsíc. Přestože je entomofágie v České republice poměrně novým směrem, naši chovatelé se řadí mezi zkušené chovatele a v budoucnu budou hrát v produkci hmyzu významnou roli. Již nyní se vyváží 70 – 80 procent produkce do západní Evropy. Momentální poptávka ze zahraničí řádově překračuje tuzemskou nabídku a není možno ji v současné době uspokojit (SVZH 2022).

Jednou takovou firmou je právě olomoucká farma Insect Farm, která produkuje okolo 1200 litrů hmyzu měsíčně (Insect Farm 2023). Firma produkuje několik druhů hmyzu, které následně prodává. U objednávky je možné si vybírat dokonce i z velikostí u jednotlivých druhů, viz. obrázek č. 5.

The screenshot shows the Insect Farm website interface. At the top, there is a navigation bar with the logo and menu items: 'Nabídka a ceny', 'Informace o firmě', 'Kontakt', and 'O nás'. The main content area displays three product listings:

- Saranče všežravé (OPRAVENÉ)**: A table with columns for quantity, price, and availability. A photograph shows a large number of crickets on a plant.
- Saranče stěhovavá (VYPRODÁNO)**: A table with columns for quantity, price, and availability. A green box with the text 'Pracujeme na fotkách' is placed to the right of the table.
- Cvrček Banánový**: A table with columns for quantity, price, and availability. A photograph shows a banana with many crickets on it.

Obrázek č. 5: Ukázka ceníku na webových stránkách firmy Insect Farm, zdroj: <https://insect-farm.cz/nabidka-a-cenik/>

## 3.6 Nutriční hodnota hmyzu

Chemické složení hmyzu závisí jak na faktorech vnějšího prostředí (vliv ročního období) či na technologickém postupu v chovu v zajetí (Oonincx et al. 2015), tak i na faktorech vnitřních (vývojové stádium, pohlaví jedince) (Finke & Oonincx 2014).

Jak bylo zmíněno, hmyz je považován za velmi dobrý zdroj především bílkovin a tuku, ovšem lze z něj získávat i polysacharidy v podobě chitinu. Dále je hmyz velmi dobrým zdrojem pro stopové prvky a minerály jako je třeba zinek a železo (Aguilar-Miranda et al. 2002; Xiaoming et al. 2008; Yen 2008; Gahukar 2011)

Nutriční potenciál hmyzu můžeme ovlivnit i následným zpracováním, kam spadá hlavně tepelná úprava, kdy může dojít ke snížení stravitelnosti (tvorba disulfidických vazeb) (Stanley & Tunaz 2009) nebo zvýšení stravitelnosti proteinu díky rozbalení polypeptidového řetězce (Kinyuru et al. 2010).

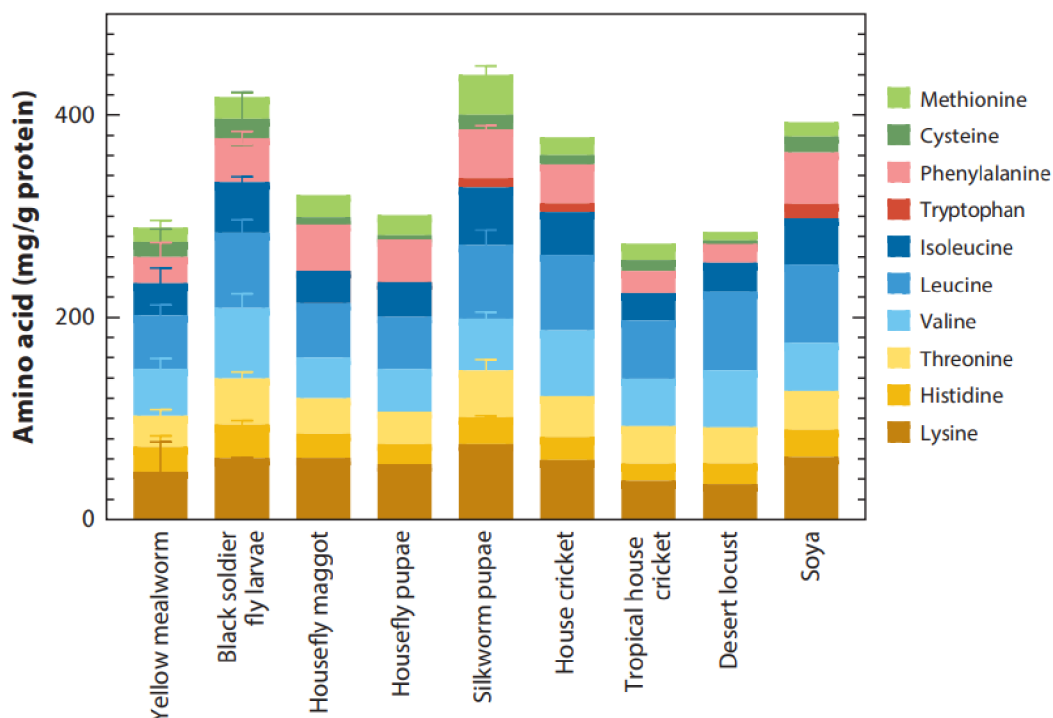
### 3.6.1 Proteiny

Je již známo, že hmyz je srovnatelný s tradičními zdroji bílkovin, jako například rybí moučka či sójový šrot. Obsah bílkovin v jedlém hmyzu se měří nejčastěji pomocí metody dle Kjeldahla s použitím přepočítacího koeficientu dusíku a nejčastěji se pohybuje od 45 – 65 procent v sušině (van Huis 2013). Například druhy z řádu Orthoptera (kobylinky, sarančata a cvrčci) představují cenný zdroj bílkovin (Yi et al. 2013). Pro porovnání: v hovězí svíčkové se nachází 18 g / 100 g proteinu v sušině, kdežto u cvrčka stepního je přítomno 59 g / 100 g proteinu v sušině. To se blíží modelu doporučeného denního příjmu dle FAO a WHO (Mlček et al. 2014). V roce 2017 však Jonas-Levia a Martinez poukázali na fakt, že tato metoda není pro hmyz vhodná. Pokud by se obsah dusíku měřil právě na základě dusíku, byl by hmyz potenciálně nadhodnocený, jelikož je chemicky vázaný v exoskeletu, který navíc obsahuje chitin, který obsahuje také dusík (Jantzen da Silva Lucas et al. 2020).

Hmyz je obecně považován za dobrý zdroj EAMK (esenciální aminokyseliny, tedy kyseliny, které naše tělo neumí samo vytvořit). Na obrázku číslo [6] je znázorněno zastoupení jednotlivých EAMK v porovnání se sójou. V jednotkách miligramů na gram bílkoviny.

I přes to, že se obsah EAMK liší u jednotlivých druhů a vývojových stádií, dají se obecně dobře srovnat s konvenčně dostupnými zdroji bílkovin v lidské i zvířecí výživě.





Obrázek č. 6: Přehled zastoupení jednotlivých AMK v různých druzích hmyzu a sóji, zdroj: [www.annualreviews.org](http://www.annualreviews.org)

Obrázek č. 6 poukazuje na jednotlivé zastoupení AMK v jednotlivých druzích hmyzu. Jednotky v miligramech na gram hrubého proteinu. Chybové úsečky označují směrodatnou odchylku. Esenciální aminokyseliny jsou rozděleny do skupin: sirné (zelené), aromatické (červené), větvené (modré) a ostatní (žluté). Hmyz je rozdělen do skupin podle taxonomického řádu. Zleva se jedná o druhy: potměnk moučný, larvy bráněnek, larvy mouchy domácí, kukly mouchy domácí, kukly bource morušového, cvrček domácí, cvrček krátkokřídý, saranče pustinná a sója.

Stravitelnost bílkovin nebyla plně vyhodnocena u všech druhů hmyzu, nicméně se pracuje s hodnotami od 77 procent do 98 procent (Hawkey et al. 2021).

V literatuře jsou k dispozici studie hodnotící nutriční a funkční vlastnosti bílkovin různých druhů hmyzu (Mishyna, Itzhak, Chen, & Benjamin, 2019; Hall et al., 2017; Zielińska et al., 2015; Zhao et al., 2016), ale bohužel kvůli nedostatku standardizovaných frakcionací zpracování, se studie technologické funkčnosti hmyzích proteinů nemohou uskutečnit a jsou stále vzácné. Sosa & Fogliano (2017) se zabývali nejen nutričními, ale také funkčními přínosy hmyzích proteinů a uvedli, že hlavními funkčními vlastnostmi, které je třeba hodnotit, jsou zadržování vody a lipidů, schopnost zahušťování, emulgační schopnost a schopnost pění, schopnost želírování a schopnost strukturovat (Jantzen da Silva Lucas et al. 2020).

### 3.6.2 Lipidy

Lipidy představují druhou největší část výživové kompozice jedlého hmyzu a jejich obsah je vyšší v larválním stádiu hmyzu. Jejich obsah se pohybuje od 10 procent do 50 procent v sušině. (Xiaoming et al., 2010). Obsah a složení mastných kyselin lipidů hmyzu souvisí s druhem, pohlavím, životním stadiem, stravou, životním prostředím, teplotou a migračním letem (Oonincx, Van Broekhoven, Van Huis, & Van Loon, 2015).

U larev hmyzu jsou hlavními mastnými kyselinami kyselina palmitová a olejová, zatímco u dospělého hmyzu jsou hlavními mastnými kyselinami kyselina palmitová a linolová (Ekpo, Onigbinde, & Asia, 2009). Není neobvyklé, že se profily mastných kyselin mezi

jednotlivými vývojovými stádii liší. Lipidy u hmyzu pocházejí z jejich potravy nebo jsou jimi syntetizovány. Tyto lipidy se ukládají v tělesném tuku, odbourávají se, zpracovávají a poté se dopravují na místo použití (Jantzen da Silva Lucas et al. 2020).

Asi 80 procent lipidů pocházejících z hmyzu tvoří triglyceridy – slouží jako zásobárna energie v případě vysokého energetického výdeje. Fosfolipidy hrající důležitou roli ve struktuře buněčných membrán, bývají zpravidla zastoupeny do 20 procent. Jejich množství je opět závislé na aktuálním vývojovém stádiu a druhu hmyzu.

Co se týče kvality tuků, hmyz má podobné složení mastných kyselin jako drůbeží a rybí maso (Kulma et al. 2019), ve stupni jejich nenasycenosti ovšem obsahují více PUFA než konvenční zdroje tuku (Rumpold & Schluter 2013).

Většina hmyzích lipidů je při pokojové teplotě (25 °C) tekutá, proto se jim říká "hmyzí olej". Pro extrakci jednotlivých olejů z hmyzu je důležité zvolit správnou metodu. Například se používá vodní extrakce, při které jsou extrahovány pouze triacylglyceroly. Naopak při použití organických rozpouštědel se extrahují fosfolipidy, glyceridy a triacylglyceroly (Tzompa-Sosa et al. 2014). Kapalné hmyzí oleje jsou ideální pro použití v majonézách a fritovacích olejích nebo v potravinářských mazivech. Hmyzí lipidy, které jsou při pokojové teplotě pevné, se nazývají "hmyzí tuk". Hmyzí tuk v pevném stavu poskytuje vysoký obsah nasycených mastných kyselin, který se pohybuje od 57 procent do 75 procent (Ushakova et al., 2016), což je zajímavé zejména pro použití v těstovinách, cukrovinkách a margarínech, mimo jiné i v dalších potravinách (Sosa & Fogliano, 2017).

### 3.6.3 Sacharidy

Obsah sacharidů se pohybuje do 10 procent a jsou zastoupeny převážně polysacharidem chitinem, jehož obsah se mění v závislosti na druhu jedince (Mlček et al. 2018).

V přírodě se chitin jen velmi zřídka vyskytuje v čisté formě, tvoří převážně komplex s dalšími sloučeninami. U hmyzu se jedná převážně o sloučeniny s bílkovinami a lipidy. Tento komplex sice může ovlivnit jejich stravitelnost, na druhé straně je však chitin považován za nerozpustnou vlákninu s ochrannými účinky na lidské zdraví. V žaludcích primátů byly nedávno nalezeny trávicí enzymy, které jsou do určité míry schopny štěpit právě výše zmíněný chitin. Tyto enzymy se také nachází u prasat a drůbeže. Naštěpené fragmenty jsou pak využívány jako zdroj uhlíku, dusíku a energie pro organismus. V důsledku toho je potenciálně možno zvýšit glukózovou intoleranci, zvýšit sekreci inzulínu, zmírnit dyslipidemii (geneticky podmíněné poruchy metabolismu lipoproteinů) a chránit střevní integritu (Adámková et al. 2017, Finke 2015).

Chitin není pro lidi stravitelný, přestože naši předkové, kteří hmyz konzumovali pravidelně, měli ve svém trávicím ústrojí enzym zvaný chitináza, který dokáže tuto vnější kostru tvořenou chitinem štěpit. Z toho důvodu chitin pouze pasivně prochází lidským zažívacím traktem (ScienceWorld 2010). Nicméně se chitin využívá jako potravinářské aditivum, které má pozitivní vliv na stav trávicího traktu a inhibuje růst patogenů (Lopez-Santamarina et al. 2020).

### 3.6.4 Minerální látky a vitamíny

Hmyz je bohatý i na minerální látky, zvláště pak na železo a zinek, kdy je obsah vyšší než ve vepřovém, hovězím i kuřecím mase (Durst et al. 2010).

Pro představu v hovězím mase se nachází průměrně 6 mg/ 100g, kdežto obsah železa u housenky druhu *Gonimbrasia belina* se pohybuje v rozmezí 31 až 77mg / 100g. U zinku se u

hověziho masa dostáváme na 12,5 mg / 100 g, kdežto u larev nosatce *Rhynchophorus phoenicis* je množství zinku téměř dvojnásobné - 26,5 mg / 100g (Zielinska et al. 2015).

Další významnou skupinou obsaženou v hmyzu jsou vitamíny skupiny B (například riboflavin), vitamíny rozpustné v tucích (A, D, E, K), případně vitamín C (Kouřimská & Adámková 2016).

Jako poslední stojí za zmínku i příznivý obsah kyseliny pantothenové, vitamínu H a v některých případech i kyseliny listové a fytosterolů (struktury podobající se cholesterolu) (Rumpold 2013).

Tabulka č. 1: Přehled minerálních látek u jednotlivých druhů, zdroj: <https://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle>

(mg/kg)	Bourec morušový		Včelí plod	Saranče stěhovavá	Zavíječ voskový
	larvy	kukly			
Vápník	177 - 417	1 810	138	520 - 3 030	243
Fosfor	1 554 - 2 370	-	1790	5 550 - 7 020	1 590
Hořčík	498	890	211	740 - 990	316
Sodík	136 - 475	296	128	1 510 - 1990	165
Draslík	1 387 - 3 160	4 770	2690	8 250 - 11 500	2210
Železo	16 - 18	30	13	30 - 78	20,9
Zinek	30,7	244	16	137 - 172	25,4
Měď	3,6	15,2	4	24 - 41	3,8

### 3.7 Senzorické vlastnosti hmyzu

#### 3.7.1 Chuť a vůně hmyzu

Vedle nutričních vlastností jsou však důležité i další aspekty jako chuť a vůně. Tyto faktory vedou k ochotě vyzkoušet nové potraviny, kam spadá i hmyz (Wilkinson et al. 2018).

U hmyzu byla popsána celá škála chutí od příjemných chutí až po ty méně lákavé. Mezi příjemné se řadí ořechová, sladinová, avokádová chuť a mezi ty méně lákavé například zuhelnatěný citrón či rybí pachůň. Chutě se mohou lišit i v rámci stejného rodu. Například lesní mravenci mají aroma po spáleném citrónu, naopak mravenec černošklý chutná po kafrové limetě (Halloran et al., 2014). Larvy moučného červa mají charakteristickou nasládlou, téměř oříškovou chuť, zatím co většina zástupců z rovnokřídlých má podobnou chuť jako vařené luštěniny a zemitou vůni (Roncolini et al. 2019).

Chuť může být značně ovlivněna způsobem vaření a přidáváním látek jako je sůl, cukr či sójová omáčka a další ochucovadla (Halloran et al. 2014).

#### 3.7.2 Textura hmyzu

Při konzumaci je důležité si uvědomit, že hmyz patří do kmene členovců a díky chitinovému vnějšímu skeletu je ovlivněna jeho textura. Tělo je tedy pevné a na skus křupavé (Ruby et al. 2015). Textura je křupavější u druhů majících tvrdý exoskelet (například cvrčci, kobylky) než u larev potměníka moučného (Wang & Shelomi 2017). Doporučuje se tedy určité části hmyzu před konzumací odstranit a předejít tak i případné zácpě. Jedná se především o končetiny a křídla kobylek, cvrčků a sarančat (van Huis et al. 2013).

Textura je ovlivnitelná kulinářskou úpravou. Například u včelího plodu je díky vaření měkká, tělo nabobtná, ale drží si svůj pevný tvar, zatímco při vaření v páře se stává plod tvrdým a zrnitým (Jensen et al. 2016). Kukly včely medonosné mají žvýkavou texturu, zatímco jejich larvy mají texturu jemnější díky křehčímu obalu (Evans et al. 2016).

Přestože nutriční hodnota hmyzu je obecně velmi dobrá, pokud hmyz bude chutnat odporně, nikdy nebude možné jej konzumovat. Z tohoto pohledu je sensorická analýza klíčovým nástrojem pro definici chuti hmyzu a preference potenciální cílové skupiny, která by byla ochotna hmyz konzumovat. Z toho důvodu je výzkum v této práci zaměřen na sensorické hodnocení jedlého hmyzu s ohledem na vlastnosti, které mohou přijímání hmyzu jako potravy významně ovlivňovat: druh, velikost a forma konzumace.

## 4. Metodika

Pro vyhodnocení sensorického hodnocení hmyzu bylo pozváno 16 školených hodnotitelů dle normy ISO 8586:2012 (11 žen a 5 mužů) ve věku 19-26 let. Hodnotitelé byli předem informováni, že se jedná o sensorické hodnocení hmyzu a projevíli o toto hodnocení zájem. Vzorky byly označeny čtyřmístnými kódy a byly servírovány v pořadí vzorků od méně sensoricky výrazných, kde byl hmyz ve skryté formě (bílé pečivo), přes vzorky více chuťově výrazné se skrytou formou hmyzu (čokoládové sušenky) až po zjevnou formu hmyzu – celý hmyz smažený na pánvičce na tenké vrstvě řepkového oleje. U bílého pečiva a sušenek bylo servírováno vždy 7 vzorků najednou (6 s hmyzem a 1 kontrola bez přidaného hmyzu – viz fotografie 3 - 5). V případě celého smaženého hmyzu byla podávána vždy dvojice vzorků ze stejné skupiny hmyzu, přičemž jeden reprezentoval druhu větší a jeden druhu menší velikosti, a to v následujícím pořadí: *T. molitor* (menší) + *Z. morio* (větší), *G. assimilis* (menší) + *L. migratoria* (větší), *B. lateralis* (menší) + *B. discoidalis* (větší).

Hodnocení probíhalo v sensorické laboratoři za podmínek ISO 8589:2007. Pro neutralizaci byla podávána voda. Všechny vzorky byly hodnoceny metodou všeobecného sensorického profilu (ISO 13299:2016) za použití grafické lineární nestrukturované orientované stupnice o délce 100 mm, kdy 0 procent = odmítnutí a 100 procent vynikající; v případě deskriptorů intenzity byla 0 procent = neznatelná a 100 procent = velmi silná. Pro hodnocení vzorků pečiva a sušenek byla pak ještě použita pořadová zkouška dle ISO 8587:2006. Vzorky celého smaženého hmyzu byly porovnány párovou preferenční zkouškou (ISO 5495:2005) tak, aby se ukázaly rozdíly mezi velkými a malými druhy. Hodnotitelé byli požádáni, aby každou dvojici ohodnotili před ochutnávkou (celková příjemnost vzorku, příjemnost barvy a příjemnost vůně) a po ochutnávce (příjemnost textury, celková příjemnost chuti, celková intenzita chuti, intenzita nepříjemné chuti a celkové přijetí vzorku). Nakonec byli hodnotitelé požádáni, aby všechny vzorky hmyzu hodnotili společně – pořadová zkouška. Účastníci panelu byli informováni o účelu, pro který budou získaná data využita a výzkum byl schválen Etickou komisí České zemědělské univerzity v Praze (č. 05062021).

Veškerý hmyz použitý při tomto pokusu byl získán z insektárií na České zemědělské univerzitě v Praze (ČZU) ve Státním zdravotním ústavu. Před analýzou byly vzorky po dobu 24 hodin vyhladověny a vysušeny mrazem. Pro výrobu hmyzí moučky byl hmyz sušen v sušárně (Memmert, Schwabach) po dobu 5 h při 80 °C a následně homogenizován pomocí laboratorního mlýnku (Grindomix 200, Haan). Celý hmyz i rozemletý hmyz byl před provedením zkoušek uložen v -80 °C.

## 4.1 Složení a receptura

### 4.1.1 Sušenky

Složení:

- 1 vejce
- 28,5 g másla
- 100 g moučkového cukru
- 31,2 g holandského kakaa
- 56,25 g pšeničné mouky
- 6,25 g hmyzí moučky
- ½ čajové lžičky prášku do pečiva
- ½ čajové lžičky vanilkového aromatu
- špetka soli

Návod k přípravě:

1. Máslo bylo utřeno s cukrem, vanilkovým extraktem a následně se vmíchalo vejce.
2. Do směsi másla, cukru, extraktu a vejce bylo vmícháno holandské kakao.
3. V druhé míse bylo smícháno vše zbylé „suché“ - pšeničná mouka s hmyzí moučkou (v kontrolní skupině pouze pšeničnou mouku) s práškem do pečiva a solí. Poté se vše důkladně smíchalo s již připravenou směsí.
4. Těsto bylo dále zakryto plastovou fólií a odleženo v chladničce po dobu 4 hodin.
5. Z vychlazeného těsta byly ručně modelovány kuličky o průměru 3 cm.
6. Každá kulička byla následně obalena v moučkovém cukru, položena na pečicí papír a přenesena do vyhřáté trouby na 175 °C.
7. Po 10 minutách pečení byly sušenky ponechány 2 minuty na pečícím papíře a poté byly přeneseny na drátěné mřížky k vychlazení.

#### 4.1.2 Bílé pečivo:

Složení:

- 50 g droždí
- 6 g cukru
- 604 g vody
- 38 g oleje (směs řepkového a slunečnicového)
- 945 g pšeničné mouky
- 15 g hmyzí moučky
- 14 g soli

Návod k přípravě:

1. Ingredience byly smíchány a vloženy do pekárny na chleba (program: kynutí těsta - 5 min hnětení, 20 min odpočinek, 5 min hnětení).
2. Těsto bylo rozděleno na sedm stejných dílů (po 236 g) a do těsta bylo vmícháno 15 g hmyzí moučky nebo 15 g pšeničné mouky (v případě kontrolního vzorku).
3. Těsto bylo ponecháno 60 minut kynout. Poté bylo znovu prohněteno, rozváleno, vytvarováno do podlouhlých bagetek (viz Fotografie 6) a znovu ponecháno 30 min kynout na plechu z pečicího papíru.
4. Poté byly vzorky přeneseny do předehřáté trouby (220 °C) a pečeny 20 min (každý vzorek byl před pečením lehce porosen vodou).
5. Po vyjmutí z trouby byly vzorky ponechány na pečicích papírech po dobu 2 min a poté byly přeneseny na drátěné mřížky k vychladnutí.

#### 4.1.3 Hmyz

V případě celého hmyzu servírovaného hodnotitelům byl veškerý hmyz upraven smažením na slunečnicovém oleji po dobu 4 – 8 minut v závislosti na velikosti a druhu hmyzu. Smažený hmyz byl připravován přímo v přípravně senzoričké laboratoře stavebně oddělené od senzoričké laboratoře, a podáván bezprostředně po skončení úpravy.



Fotografie z přípravy a senzorkého hodnocení hmyzu, zdroj: vlastní.

**Příprava a pečení sušenek a bílého pečiva**

Fotografie č. 1 Ingredience



Fotografie č.2 Příprava těsta



Fotografie č. 3 Připravené těsto



Fotografie č. 4 Hotové sušenky



Fotografie č. 5 Hotové bagetky





## Příprava a provedení senzoričkého šetření

Fotografie č. 6 a 7: Příprava vzorků pro senzoričskou analýzu.



Fotografie č. 8 a 9: Hodnocení vzorků.





Fotografie č. 10 a 11: Smažení cvrčků banánových (vlevo) a larev potěmníků brazilských.



Fotografie č. 12 a 13: Smažení švábů *B. discoidalis* (vlevo) a servírování sarančat *Locusta migratoria*.



## 4.2 Statistické vyhodnocení dat

Všechna získaná data byla statisticky vyhodnocena dle metody senzorického profilu (ISO 13299:2016) za použití grafické lineární nestrukturované orientované stupnice o délce 100 mm. Rozdíly mezi jednotlivými vzorky byly hodnoceny jednofaktorovým testem rozptylu ANOVA a Scheffého post-hoc testem (StatSoft, Inc., Tulsa, OK, USA), přičemž rozdíly byly považovány za významné, pokud  $p < 0,05$ . Výsledky pořadové zkoušky byly vyhodnoceny pomocí Friedmanova testu a pro zjištění vlivu velikosti hmyzu na jeho senzorické hodnocení, byly vzorky celého smaženého hmyzu porovnávány párovou preferenční zkouškou dle ISO 5459:2005 ( $\alpha = 0,05$ ).

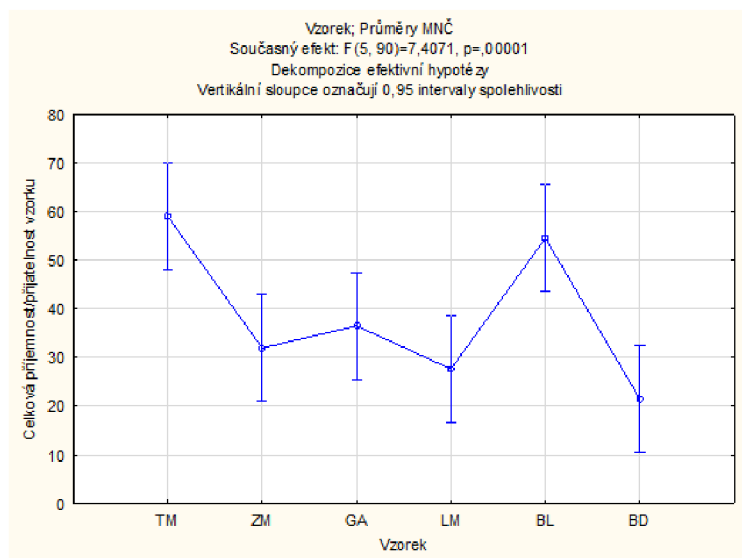
## 5. Výsledky

### 5.1 Hmyz vcelku

#### 5.1.1 Celková přijatelnost

Celková přijatelnost vzorku, tedy veličina hodnocená před konzumací hmyzu, poukazuje na střední až nízké hodnoty (21,50 – 59,00), přičemž byly zjištěny statisticky významné preference. Nejlépe z tohoto pohledu dle statistického vyhodnocení dopadly vzorky *T. molitor* a *B. lateralis*, nejhůře vzorek *B. discoidalis* viz Graf č. 1 a Tabulka č. 3.

Graf č. 1: Hodnocení celkové přijatelnosti celého smaženého hmyzu (TM – *T. molitor*, ZM – *Z. morio*, GA – *G. assimilis*, LM – *L. migratoria*, BL – *B. lateralis*, BD – *B. discoidalis*).



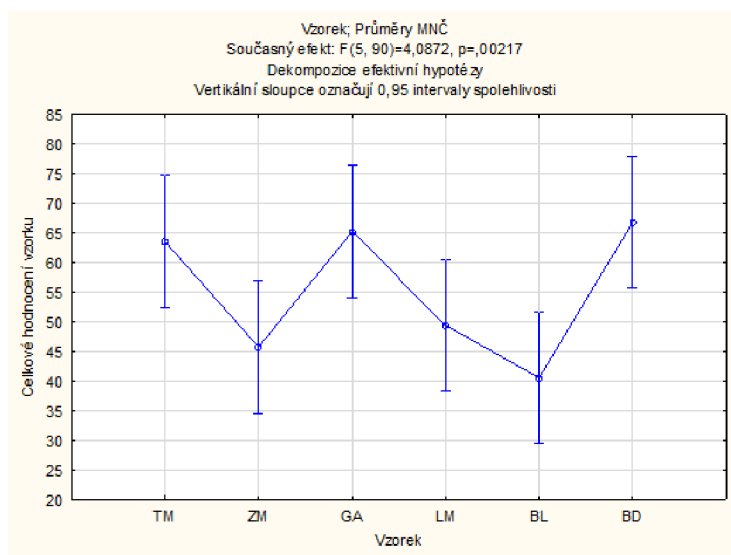
Č. buňky	Scheffeho test; proměnná Celková příjemnost/přijatelnost vzorku (Sensorika hmyz Bartáková statistika) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 489,30, sv = 90,000						
	Vzorek	1	2	3	4	5	6
		59,000	31,938	36,500	27,625	54,563	21,500
1	TM		0,043553	0,153578	0,010155	0,997111	0,000880
2	ZM	0,043553		0,996703	0,997478	0,148984	0,876987
3	GA	0,153578	0,996703		0,934948	0,384106	0,598571
4	LM	0,010155	0,997478	0,934948		0,045263	0,987002
5	BL	0,997111	0,148984	0,384106	0,045263		0,005395
6	BD	0,000880	0,876987	0,598571	0,987002	0,005395	

Tabulka č. 3: Hodnocení celkové přijatelnosti celého smaženého hmyzu, statisticky významné rozdíly jsou označeny červeně (TM – *T. molitor*, ZM – *Z. morio*, GA – *G. assimilis*, LM – *L. migratoria*, BL – *B. lateralis*, BD – *B. discoidalis*).

### 5.1.2 Celkové hodnocení hmyzu

Celkové hodnocení přineslo poměrně zajímavý výsledek. Přestože rozdíly mezi jednotlivými vzorky nebyly statisticky významné (Graf č. 2 a Tabulka č. 4), nejvyšší celkové hodnocení (66,75 procent) z tohoto hlediska byla zjištěno pro druh švába *B. discoidalis*, jehož přijatelnost před ochutnáním byla nejnižší.

Graf č. 2: Celkové hodnocení celého smaženého hmyzu (TM – *T. molitor*, ZM – *Z. morio*, GA – *G. assimilis*, LM – *L. migratoria*, BL – *B. lateralis*, BD – *B. discoidalis*).



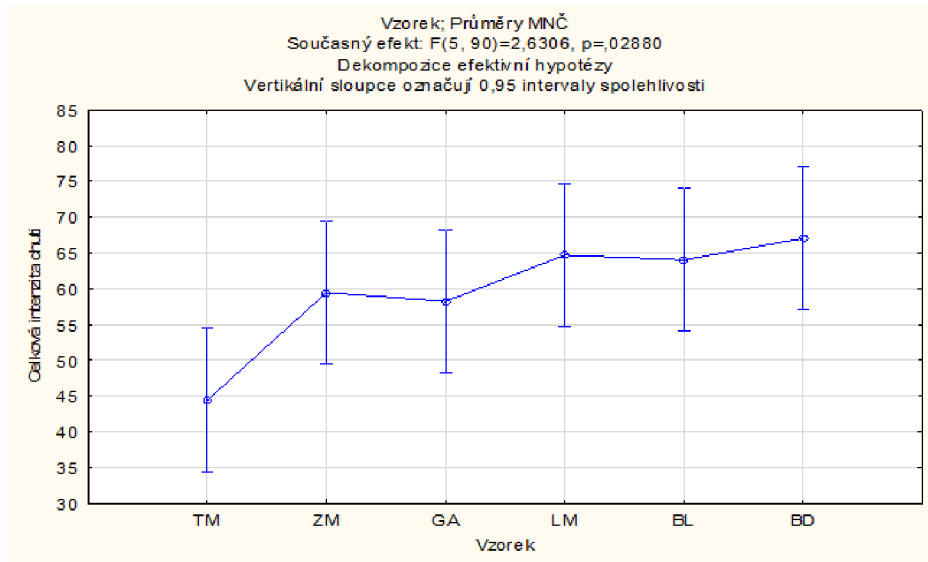
Č. buňky	Scheffeho test; proměnná Celkové hodnocení vzorku (Senzorika hmyz Bartáková statistika) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 503,07, sv = 90,000						
	Vzorek	1	2	3	4	5	6
1	TM	63,500	45,688	65,188	49,375	40,500	66,750
2	ZM	0,417088		0,999976	0,673859	0,146892	0,999398
3	GA	0,999976	0,311238		0,555914	0,095682	0,999984
4	LM	0,673859	0,998889	0,555914		0,938543	0,446609
5	BL	0,146892	0,994342	0,095682	0,938543		0,062013
6	BD	0,999398	0,227908	0,999984	0,446609	0,062013	

Tabulka č. 4: Celkové hodnocení celého smaženého hmyzu (TM – *T. molitor*, ZM – *Z. morio*, GA – *G. assimilis*, LM – *L. migratoria*, BL – *B. lateralis*, BD – *B. discoidalis*).

### 5.1.3 Celková intenzita chuti

Žádné statisticky významné rozdíly nebyly nalezeny ani u celkové intenzity chuti, nejnižší intenzitu (44,44 procent) chuti měli mouční červi (*T. molitor*), nejvyšší intenzitu (67,06 procent) pak druh švába *B. discoidalis* viz Graf č. 3 a Tabulka č. 5.

Graf č. 3: Celková intenzita chuti celého smaženého hmyzu (TM – *T. molitor*, ZM – *Z. morio*, GA – *G. assimilis*, LM – *L. migratoria*, BL – *B. lateralis*, BD – *B. discoidalis*).



Č. buňky	Scheffeho test; proměnná Celková intenzita chuti (Sensorika hmyz Bartáková statistika) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 406,09, sv = 90,000						
	Vzorek	1	2	3	4	5	6
1	TM		0,488753	0,586990	0,161274	0,192269	0,083718
2	ZM	0,488753		0,999991	0,990165	0,994879	0,950666
3	GA	0,586990	0,999991		0,974263	0,984360	0,908155
4	LM	0,161274	0,990165	0,974263		1,000000	0,999808
5	BL	0,192269	0,994879	0,984360	1,000000		0,999314
6	BD	0,083718	0,950666	0,908155	0,999808	0,999314	

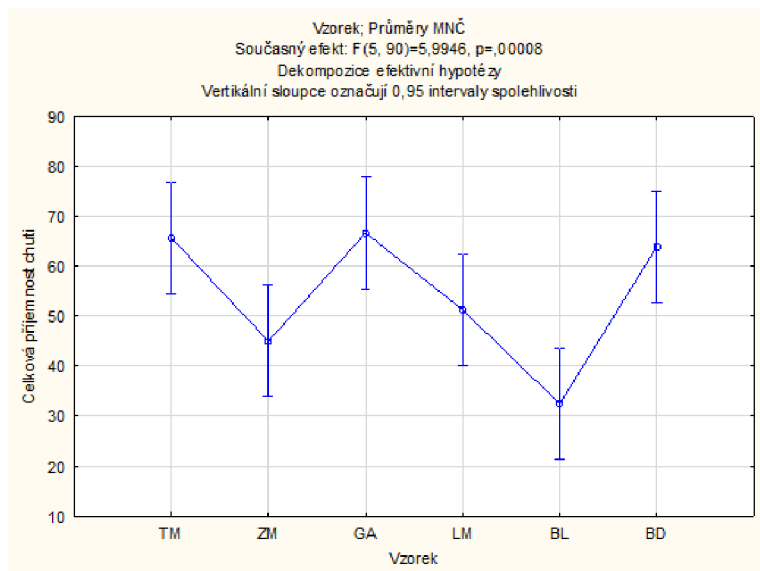
Tabulka č. 5: Celková intenzita chuti celého smaženého hmyzu (TM – *T. molitor*, ZM – *Z. morio*, GA – *G. assimilis*, LM – *L. migratoria*, BL – *B. lateralis*, BD – *B. discoidalis*).



### 5.1.4 Celková příjemnost chuti

Nejnižší skóre (32,44 procent) v příjemnosti chuti bylo zjištěno u vzorku švába *B. lateralis*. Statisticky se tato hodnota lišila od nejlépe hodnocených vzorků *Gryllus assimilis* (66,69), *Tenebrio molitor* (65,69 procent) a *B. discoidalis* (63,94 procent) - viz Graf č. 4 a Tabulka č. 4.

Graf č. 4: Celková příjemnost chuti celého smaženého hmyzu (TM – *T. molitor*, ZM – *Z. morio*, GA – *G. assimilis*, LM – *L. migratoria*, BL – *B. lateralis*, BD – *B. discoidalis*).



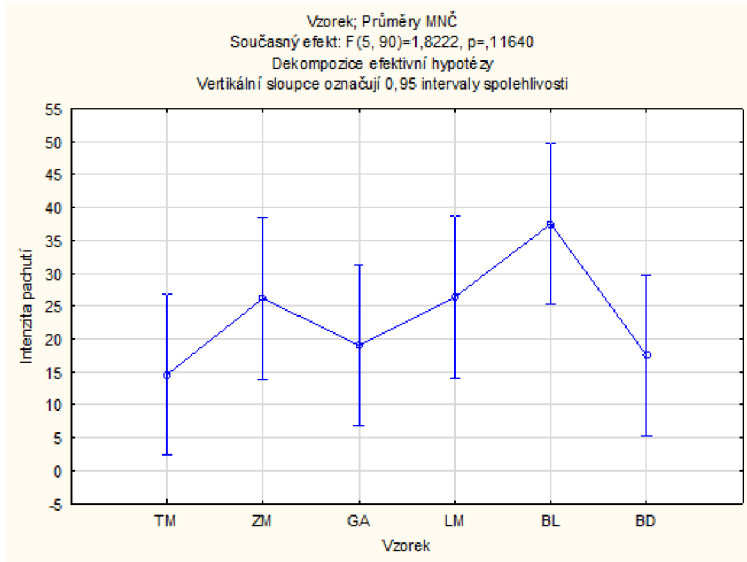
Č. buňky	Scheffeho test; proměnná Celková příjemnost chuti (Sensorika hmyz Bartáková statistika) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 506,75, sv = 90,000						
	Vzorek	1	2	3	4	5	6
1	TM	65,688	0,250300	0,999998	0,660368	<b>0,006263</b>	0,999972
2	ZM	0,250300	45,000	0,202542	0,986234	0,776768	0,349126
3	GA	0,999998	0,202542	66,688	0,590844	<b>0,004287</b>	0,999739
4	LM	0,660368	0,986234	0,590844	51,313	0,352982	0,773062
5	BL	<b>0,006263</b>	0,776768	<b>0,004287</b>	0,352982	32,438	<b>0,011834</b>
6	BD	0,999972	0,349126	0,999739	0,773062	<b>0,011834</b>	63,938

Tabulka č. 6: Celková příjemnost chuti celého smaženého hmyzu, statisticky významné rozdíly jsou vyznačeny červenou barvou (TM – *T. molitor*, ZM – *Z. morio*, GA – *G. assimilis*, LM – *L. migratoria*, BL – *B. lateralis*, BD – *B. discoidalis*).

### 5.1.5 Intenzita pachutí

Přestože statistické vyhodnocení neukázalo statistické rozdíly mezi hodnoceným hmyzem, nejvyšší intenzita pachutí byla nalezena u švába (37.50 procent) *B. lateralis*, viz Graf č. 5 a Tabulka. č. 7.

Graf č. 5: Celková intenzita pachutí celého smaženého hmyzu (TM – *T. molitor*, ZM – *Z. morio*, GA – *G. assimilis*, LM – *L. migratoria*, BL – *B. lateralis*, BD – *B. discoidalis*).



Č. buňky	Scheffeho test; proměnná Intenzita pachutí (Senzorika hmyz Bartáková statistika) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 609,46, sv = 90,000						
	Vzorek	1	2	3	4	5	6
1	TM	14,563	0,877930	0,998173	0,870389	0,238827	0,999771
2	ZM	0,877930	26,188	0,984317	1,000000	0,889923	0,962438
3	GA	0,998173	0,984317	19,063	0,982373	0,489715	0,999990
4	LM	0,870389	1,000000	0,982373	26,375	0,896771	0,958853
5	BL	0,238827	0,889923	0,489715	0,896771	37,500	0,393459
6	BD	0,999771	0,962438	0,999990	0,958853	0,393459	17,500

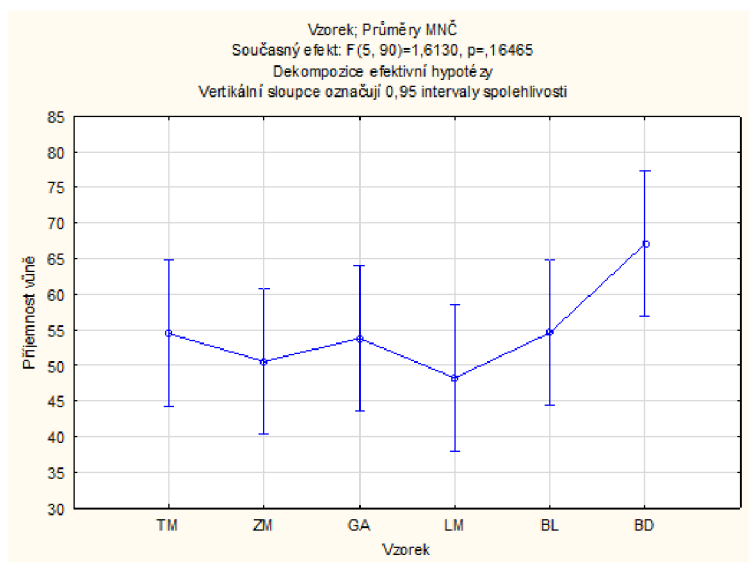
Tabulka č. 7: Intenzita pachutí celého smaženého hmyzu (TM – *T. molitor*, ZM – *Z. morio*, GA – *G. assimilis*, LM – *L. migratoria*, BL – *B. lateralis*, BD – *B. discoidalis*).



### 5.1.6 Příjemnost vůně

Statisticky významné rozdíly nebyly nalezeny ani v rámci hodnocení příjemnosti vůně, přičemž nejvyšší hodnota (67,13 procent) byla naměřena u švába *B. discoidalis*, ostatní hodnoty byly v rozmezí 48,25 – 54,63 procent) viz Graf č. 6 a Tabulka č. 8.

Graf č. 6: Příjemnost vůně celého smaženého hmyzu (TM – *T. molitor*, ZM – *Z. morio*, GA – *G. assimilis*, LM – *L. migratoria*, BL – *B. lateralis*, BD – *B. discoidalis*).



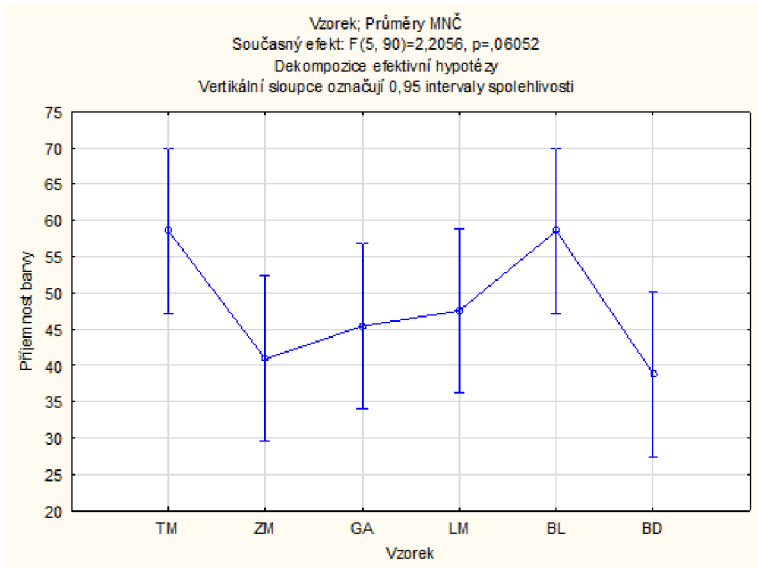
Č. buňky	Scheffeho test; proměnná Příjemnost vůně (Senzorika hmyz Bartáková statistika) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 424,28, sv = 90,000						
	Vzorek	1	2	3	4	5	6
1	TM	54,500	0,997705	1,000000	0,980367	1,000000	0,699193
2	ZM	0,997705		0,999090	0,999828	0,997335	0,402349
3	GA	1,000000	0,999090		0,988404	0,999999	0,648446
4	LM	0,980367	0,999828	0,988404		0,978558	0,253347
5	BL	1,000000	0,997335	0,999999	0,978558		0,708176
6	BD	0,699193	0,402349	0,648446	0,253347	0,708176	

Tabulka č. 8: Příjemnost vůně celého smaženého hmyzu (TM – *T. molitor*, ZM – *Z. morio*, GA – *G. assimilis*, LM – *L. migratoria*, BL – *B. lateralis*, BD – *B. discoidalis*).

### 5.1.7 Příjemnost barvy

V hodnocení příjemnosti barvy celého smaženého hmyzu nebyly nalezeny statisticky významné rozdíly, přičemž nejvyšší hodnocení (58,56 procent) bylo shodně vypočítáno pro vzorky moučného červa (*T. molitor*) a švába *B. lateralis*, naopak nejhůře hodnocen byl druhý šváb *B. discoidalis*, viz Graf č. 7 a Tabulka č. 9.

Graf č. 7: Příjemnost barvy celého smaženého hmyzu (TM – *T. molitor*, ZM – *Z. morio*, GA – *G. assimilis*, LM – *L. migratoria*, BL – *B. lateralis*, BD – *B. discoidalis*).



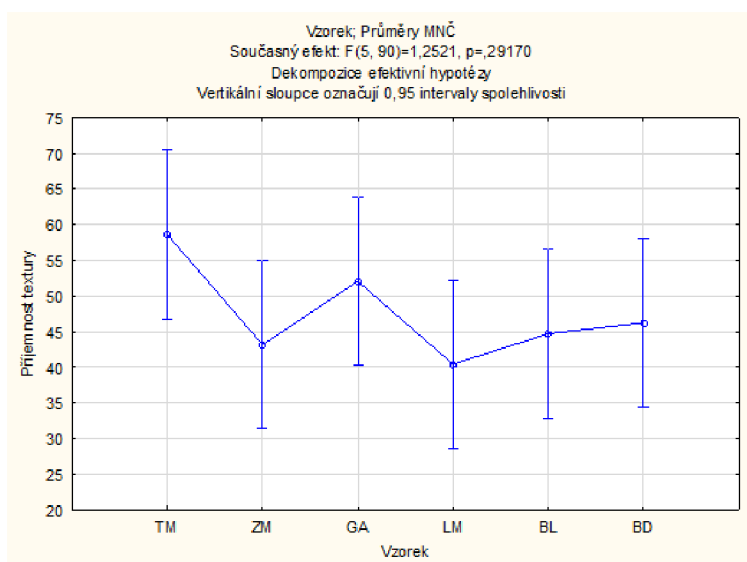
Č. buňky	Scheffeho test; proměnná Příjemnost barvy (Sensorika hmyz Bartáková statistika)						
	Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 525,80, sv = 90,000						
	Vzorek	1	2	3	4	5	6
		58,563	40,938	45,438	47,563	58,563	38,875
1	TM		0,455861	0,757377	0,869150	1,000000	0,325542
2	ZM	0,455861		0,997398	0,984242	0,455861	0,999942
3	GA	0,757377	0,997398		0,999933	0,757377	0,984903
4	LM	0,869150	0,984242	0,999933		0,869150	0,948665
5	BL	1,000000	0,455861	0,757377	0,869150		0,325542
6	BD	0,325542	0,999942	0,984903	0,948665	0,325542	

Tabulka č. 9: Příjemnost barvy celého smaženého hmyzu (TM – *T. molitor*, ZM – *Z. morio*, GA – *G. assimilis*, LM – *L. migratoria*, BL – *B. lateralis*, BD – *B. discoidalis*).

### 5.1.8 Příjemnost textury

V hodnocení příjemnosti textury byl nejlépe hodnoceným druhem moučný červ (*T. molitor*), který dosáhl skóre 58,63 procent. Naopak nejnižší skóre bylo zjištěno u sarančete *L. migratoria*. Rozdíly v hodnocení ovšem nebyly statisticky významné, viz Graf č. 8 a Tabulka č. 10.

Graf č. 8: Příjemnost textury celého smaženého hmyzu (TM – *T. molitor*, ZM – *Z. morio*, GA – *G. assimilis*, LM – *L. migratoria*, BL – *B. lateralis*, BD – *B. discoidalis*).



Č. buňky	Scheffeho test; proměnná Příjemnost textury (Senzorika hmyz Bartáková statistika) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 567,79, sv = 90,000						
	Vzorek	1	2	3	4	5	6
1	TM	58,625	0,646025	0,987317	0,464129	0,743584	0,825518
2	ZM	0,646025	43,188	0,952206	0,999803	0,999988	0,999665
3	GA	0,987317	0,952206	52,062	0,860725	0,979351	0,992746
4	LM	0,464129	0,999803	0,860725	40,438	0,998234	0,992746
5	BL	0,743584	0,999988	0,979351	0,998234	44,750	0,999990
6	BD	0,825518	0,999665	0,992746	0,992746	0,999990	46,250

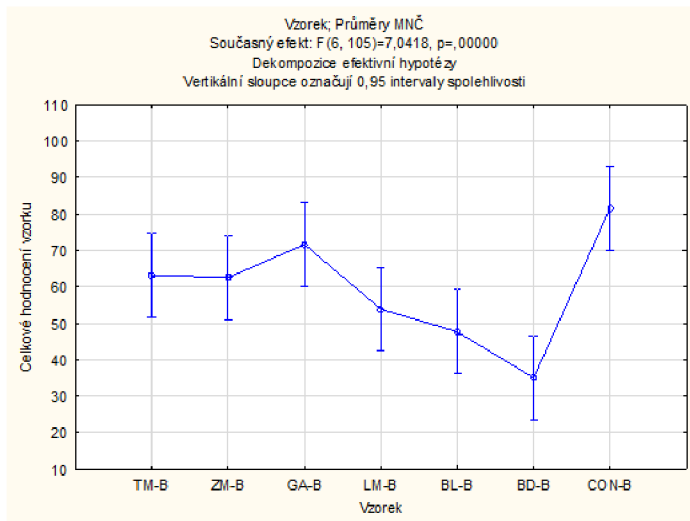
Tabulka č. 10: Příjemnost textury celého smaženého hmyzu (TM – *T. molitor*, ZM – *Z. morio*, GA – *G. assimilis*, LM – *L. migratoria*, BL – *B. lateralis*, BD – *B. discoidalis*).

## 5.2 Housky s hmyzí moučkou

### 5.2.1 Celkové hodnocení

Nejlépe celkově hodnoceným pečivem byla bagetka bez obsahu hmyzí moučky, která dosáhla hodnocení 81,63 procent. Co se týče pečiva s obsahem hmyzí moučky, byly nejlépe hodnoceny bagetky s obsahem cvrčků *G. assimilis* (71,62 procent), červů *T. molitor* (63,25 procent) a švábů *Z. morio* (62,56 procent). Statisticky významný rozdíl byl zjištěn pouze mezi kontrolním vzorkem a pečivem se švábí moukou (*B. discoidalis* a *B. lateralis*) viz Graf č. 9 a Tabulka č. 11.

Graf č. 9: Celkové hodnocení pečiva s obsahem hmyzu (TM – *T. molitor*, ZM – *Z. morio*, GA – *G. assimilis*, LM – *L. migratoria*, BL – *B. lateralis*, BD (TM-B – *T. molitor*, ZM-B – *Z. morio*, GA-B – *G. assimilis*, LM-B – *L. migratoria*, BL-B – *B. lateralis*, BD-B – *B. discoidalis*, CON-B – kontrolní vzorek bez hmyzí moučky).



Č. buňky	Scheffeho test; proměnná Celkové hodnocení vzorku (Sensorika hmyz Bartáková statistika)							
	Vzorek	1	2	3	4	5	6	7
1	TM-B	63,250	62,563	71,625	53,875	47,688	35,063	81,625
2	ZM-B	1,000000	1,000000	0,983568	0,970743	0,732089	0,078178	0,547542
3	GA-B	0,983568	0,975344	0,975344	0,980136	0,772494	0,093817	0,500932
4	LM-B	0,970743	0,980136	0,589990	0,589990	0,216667	0,005192	0,959722
5	BL-B	0,732089	0,772494	0,216667	0,996796	0,996796	0,517834	0,087864
6	BD-B	0,078178	0,093817	0,005192	0,517834	0,882127	0,882127	0,013319
7	CON-B	0,547542	0,500932	0,959722	0,087864	0,013319	0,000076	0,000076

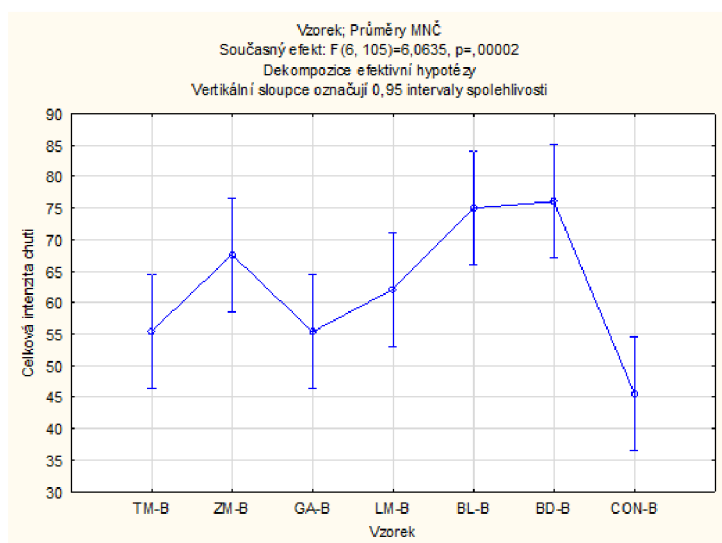
Tabulka č. 11: Celkové hodnocení pečiva s obsahem hmyzu, statisticky významné rozdíly jsou vyznačeny červeně (TM-B – *T. molitor*, ZM-B – *Z. morio*, GA-B – *G. assimilis*, LM-B – *L. migratoria*, BL-B – *B. lateralis*, BD-B – *B. discoidalis*, CON-B – kontrolní vzorek bez hmyzí

moučky).

### 5.2.2 Celková intenzita chuti

U celkové intenzity chuti byl zjištěn stejný trend jako v celkovém hodnocení, když statisticky významné rozdíly byly nalezeny mezi kontrolním vzorkem a vzorky se šváby *B. lateralis* a *B. discoidalis*. Nejnižší intenzita chuti byla zaznamenána u kontrolních housek (45,62 procent), naopak nejvyšší chuťová intenzita byla zjištěna u švábů (75,00 – 76,06 procent) viz Graf č. 10 a Tabulka č. 12.

Graf č. 10: Celková intenzita chuti pečiva s obsahem hmyzu (TM-B – *T. molitor*, ZM-B – *Z. morio*, GA-B – *G. assimilis*, LM-B – *L. migratoria*, BL-B – *B. lateralis*, BD-B – *B. discoidalis*, CON-B – kontrolní vzorek bez hmyzí moučky).



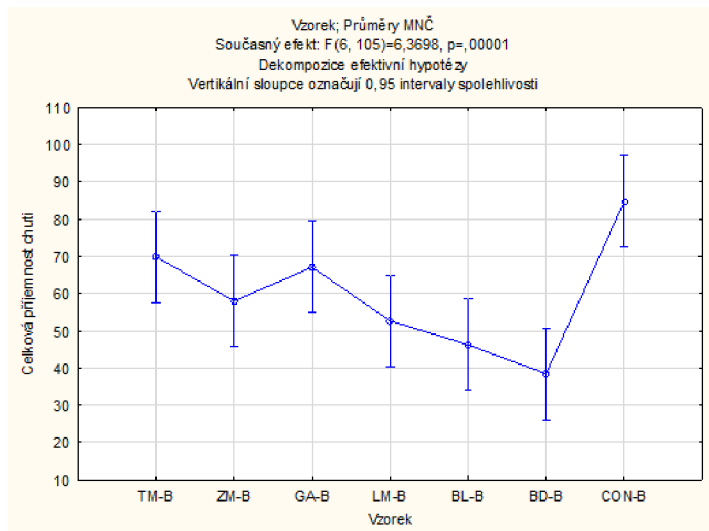
Č. buňky	Scheffeho test; proměnná Celková intenzita chuti (Sensorika hmyz Bartáková statistika) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 330,72, sy = 105,00							
	Vzorek	1	2	3	4	5	6	7
1	TM-B		0,730680	1,000000	0,981682	0,171437	0,124618	0,885166
2	ZM-B	0,730680		0,725803	0,993516	0,969851	0,941960	0,079311
3	GA-B	1,000000	0,725803		0,980780	0,168376	0,122200	0,888289
4	LM-B	0,981682	0,993516	0,980780		0,675409	0,585001	0,368790
5	BL-B	0,171437	0,969851	0,168376	0,675409		1,000000	0,003549
6	BD-B	0,124618	0,941960	0,122200	0,585001	1,000000		0,002085
7	CON-B	0,885166	0,079311	0,888289	0,368790	0,003549	0,002085	

Tabulka č. 12: Celkové hodnocení pečiva s obsahem hmyzu, statisticky významné rozdíly jsou vyznačeny červeně (TM-B – *T. molitor*, ZM-B – *Z. morio*, GA-B – *G. assimilis*, LM-B – *L. migratoria*, BL-B – *B. lateralis*, BD-B – *B. discoidalis*, CON-B – vzorek bez hmyzí moučky).

### 5.2.3 Celková příjemnost chuti

U celkové příjemnosti chuti byly opět nalezeny rozdíly mezi kontrolním vzorkem (84,75 procent) a druhy *L. migratoria*, *B. lateralis* a *B. discoidalis*, kdy nejhůře hodnoceným vzorkem byly bagetky obsahující švábí moučku (38,44 a 46,25 procent) viz Graf č. 11 a Tabulka č. 13.

Graf č. 11: Celková příjemnost chuti pečiva s obsahem hmyzu (TM-B – *T. molitor*, ZM-B – *Z. morio*, GA-B – *G. assimilis*, LM-B – *L. migratoria*, BL-B – *B. lateralis*, BD-B – *B. discoidalis*, CON-B – kontrolní vzorek bez hmyzí moučky).



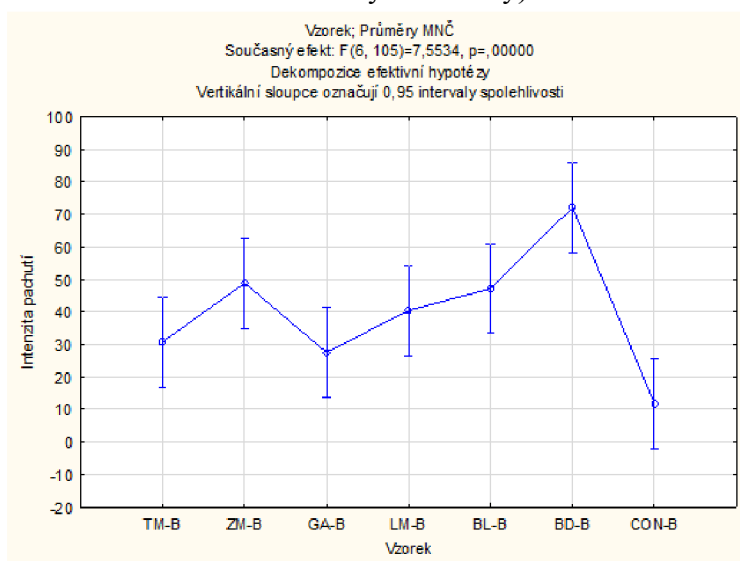
Č. buňky	Scheffeho test; proměnná Celková příjemnost chuti (Senzorika hmyz Bartáková statistika) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup, PČ = 616,24, sy = 105,00							
	Vzorek	1	2	3	4	5	6	7
1	TM-B	69,875	58,000	67,125	52,625	46,250	38,438	84,750
2	ZM-B	0,933033		0,999980	0,694916	0,308222	0,054962	0,822842
3	GA-B	0,999980	0,981720		0,840046	0,467811	0,110078	0,672362
4	LM-B	0,694916	0,998997	0,840046		0,997369	0,853662	0,045556
5	BL-B	0,308222	0,936252	0,467811	0,997369		0,991958	0,006236
6	BD-B	0,054962	0,550801	0,110078	0,853662	0,991958		0,000319
7	CON-B	0,822842	0,169762	0,672362	0,045556	0,006236	0,000319	

Tabulka č. 13: Celková příjemnost chuti pečiva s obsahem hmyzu, statisticky významné rozdíly jsou vyznačeny červeně (TM-B – *T. molitor*, ZM-B – *Z. morio*, GA-B – *G. assimilis*, LM-B – *L. migratoria*, BL-B – *B. lateralis*, BD-B – *B. discoidalis*, CON-B – kontrolní vzorek bez hmyzí moučky).

## 5.2.4 Intenzita pachutí

Dle výsledků pozorujeme, že nejvyšší intenzitu pachutí (72,13 procent) zaznamenali hodnotitelé u vzorků *B. discoidalis*. Nejnižší intenzita pachutí (11,81 procent) pak byla nalezena v kontrolním vzorku bez obsahu hmyzu. Co se týče hmyzí moučky, nejnižší hodnota intenzity pachutí byla nalezena u vzorků s cvrččí moučkou, viz. Graf č. 12 a Tabulka. č. 14.

Graf č. 12: Celková intenzita pachutí pečiva s obsahem hmyzu (TM-B – *T. molitor*, ZM-B – *Z. morio*, GA-B – *G. assimilis*, LM-B – *L. migratoria*, BL-B – *B. lateralis*, BD-B – *B. discoidalis*, CON-B – kontrolní vzorek bez hmyzí moučky).



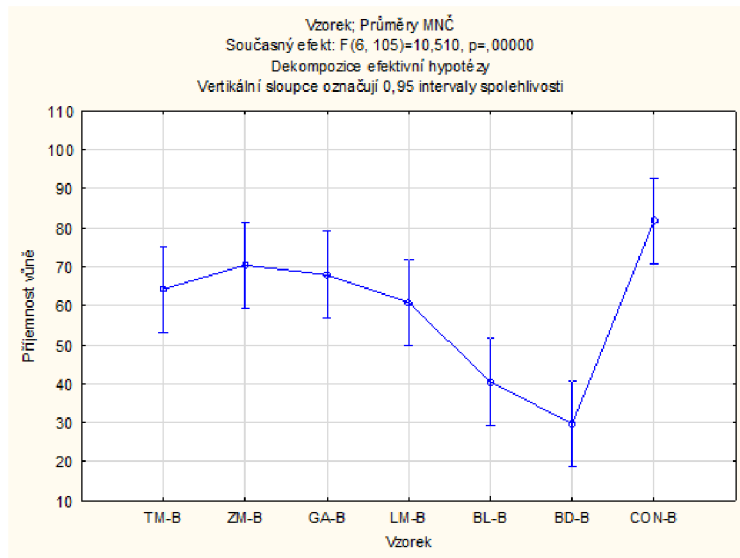
Č. buňky	Scheffeho test; proměnná Intenzita pachutí (Senzorika hmyz Bartáková statistika)							
	Vzorek	1	2	3	4	5	6	7
		30,813	48,875	27,563	40,500	47,125	72,125	11,813
1	TM-B		0,760198	0,999973	0,986266	0,837989	0,010911	0,713036
2	ZM-B	0,760198		0,586314	0,993700	0,999999	0,476734	0,035098
3	GA-B	0,999973	0,586314		0,941508	0,683309	0,004040	0,859675
4	LM-B	0,986266	0,993700	0,941508		0,998285	0,123299	0,215413
5	BL-B	0,837989	0,999999	0,683309	0,998285		0,382098	0,054215
6	BD-B	0,010911	0,476734	0,004040	0,123299	0,382098		0,000012
7	CON-B	0,713036	0,035098	0,859675	0,215413	0,054215	0,000012	

Tabulka č. 14: Celková intenzita pachutí pečiva s obsahem hmyzu, statisticky významné rozdíly jsou vyznačeny červeně (TM-B – *T. molitor*, ZM-B – *Z. morio*, GA-B – *G. assimilis*, LM-B – *L. migratoria*, BL-B – *B. lateralis*, BD-B – *B. discoidalis*, CON-B – kontrolní vzorek bez hmyzí moučky).

### 5.2.5 Příjemnost vůně

Z výsledků je jisté, že nejméně příjemné vzorky co se vůně týče, jsou obě švábí moučky (29,69 procent a 40,44 procent). Nejlépe pak vyšel kontrolní vzorek (81,81 procent) následován hmyzí moučkou z červa *Z. morio* (70,44 procent), viz Graf. č. 13. a Tabulka č. 15.

Graf č. 13: Příjemnost vůně pečiva s obsahem hmyzu (TM-B – *T. molitor*, ZM-B – *Z. morio*, GA-B – *G. assimilis*, LM-B – *L. migratoria*, BL-B – *B. lateralis*, BD-B – *B. discoidalis*, CON-B – kontrolní vzorek bez hmyzí moučky).



Č. buňky	Scheffeho test; proměnná Příjemnost vůně (Senzorika hmyz Bartáková statistika)							
	Vzorek	1	2	3	4	5	6	7
		64,250	70,438	67,938	60,813	40,438	29,688	81,813
1	TM-B		0,995985	0,999790	0,999861	0,179875	<b>0,006399</b>	0,553173
2	ZM-B	0,995985		0,999979	0,959230	<b>0,032143</b>	<b>0,000483</b>	0,910779
3	GA-B	0,999790	0,999979		0,991336	0,069041	<b>0,001442</b>	0,795942
4	LM-B	0,999861	0,959230	0,991336		0,361426	<b>0,022144</b>	0,322991
5	BL-B	0,179875	<b>0,032143</b>	0,069041	0,361426		0,931013	<b>0,000363</b>
6	BD-B	<b>0,006399</b>	<b>0,000483</b>	<b>0,001442</b>	<b>0,022144</b>	0,931013		<b>0,000002</b>
7	CON-B	0,553173	0,910779	0,795942	0,322991	<b>0,000363</b>	<b>0,000002</b>	

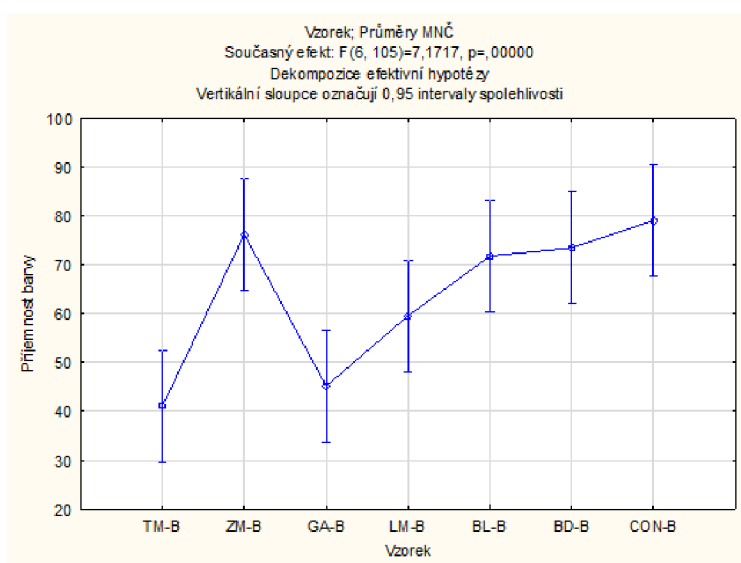
Tabulka č. 15: Příjemnost vůně pečiva s obsahem hmyzu, statisticky významné rozdíly jsou vyznačeny červeně (TM-B – *T. molitor*, ZM-B – *Z. morio*, GA-B – *G. assimilis*, LM-B – *L. migratoria*, BL-B – *B. lateralis*, BD-B – *B. discoidalis*, CON-B – kontrolní vzorek bez hmyzí moučky).



## 5.2.6 Příjemnost barvy

U příjemnosti barvy vyšly nejvyšší hodnoty u kontrolního vzorku (79,13 procent) následovaného vzorky *Z. morio* (76,25 procent), *B. discoidalis* (73,50 procent) a *B. lateralis* (71,81 procent), které se od kontrolního vzorku významně nelišily. Naopak nejnižší příjemnost barvy byla zjištěna u potemníků *T. molitor*, cvrčků *G. assimilis* a sarančat *L. migratoria*, viz Graf č. 14 a Tabulka č. 16.

Graf č. 14: Příjemnost barvy pečiva s obsahem hmyzu (TM-B – *T. molitor*, ZM-B – *Z. morio*, GA-B – *G. assimilis*, LM-B – *L. migratoria*, BL-B – *B. lateralis*, BD-B – *B. discoidalis*, CON-B – kontrolní vzorek bez hmyzí moučky).



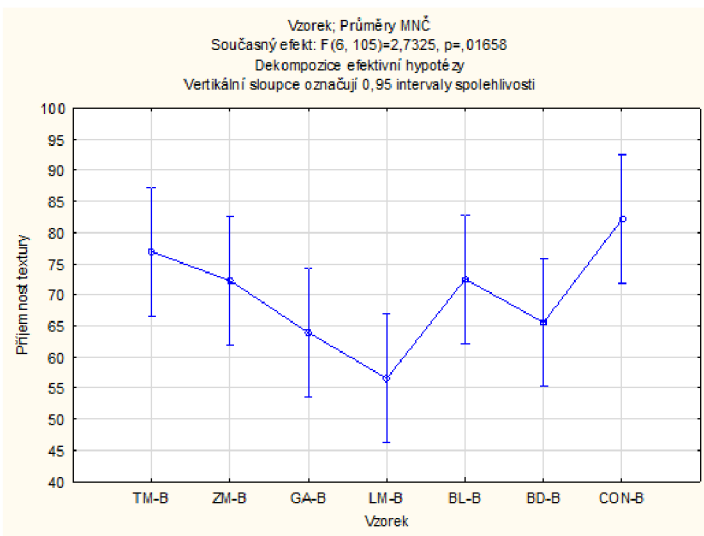
Č. buňky	Scheffeho test; proměnná Příjemnost barvy (Senzorika hmyz Bartáková statistika) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. $PC = 530,49$ , $sy = 105,00$							
	Vzorek	1 41,125	2 76,250	3 45,188	4 59,563	5 71,813	6 73,500	7 79,125
1	TM-B		0,007767	0,999692	0,531102	0,034835	0,020261	0,002596
2	ZM-B	0,007767		0,030981	0,650256	0,999487	0,999969	0,999959
3	GA-B	0,999692	0,030981		0,792507	0,109849	0,070089	0,011882
4	LM-B	0,531102	0,650256	0,792507		0,892099	0,815857	0,454807
5	BL-B	0,034835	0,999487	0,109849	0,892099		0,999998	0,991568
6	BD-B	0,020261	0,999969	0,070089	0,815857	0,999998		0,998015
7	CON-B	0,002596	0,999959	0,011882	0,454807	0,991568	0,998015	

Tabulka č. 16: Příjemnost barvy pečiva s obsahem hmyzu, statisticky významné rozdíly jsou vyznačeny červeně (TM-B – *T. molitor*, ZM-B – *Z. morio*, GA-B – *G. assimilis*, LM-B – *L. migratoria*, BL-B – *B. lateralis*, BD-B – *B. discoidalis*, CON-B – kontrolní vzorek bez hmyzí moučky).

### 5.2.7 Příjemnost textury

Pro příjemnost textury nebyly zjištěny mezi vzorky žádné statisticky významné rozdíly. Nejlépe hodnoceným vzorkem byl vzorek s obsahem moučky z *T. molitor* (82,13 procent). Nejnížší příjemnost textury (56,56 procent) byla zjištěna u pečiva s moučkou z *L. migratoria* viz Graf č. 15 a Tabulka č. 17.

Graf č. 15: Příjemnost textury pečiva s obsahem hmyzu (TM-B – *T. molitor*, ZM-B – *Z. morio*, GA-B – *G. assimilis*, LM-B – *L. migratoria*, BL-B – *B. lateralis*, BD-B – *B. discoidalis*, CON-B – kontrolní vzorek bez hmyzí moučky).



Č. buňky	Scheffeho test; proměnná Příjemnost textury (Sensorika hmyz Bartáková statistika)							
	Vzorek	1	2	3	4	5	6	7
1	TM-B	76,938	72,250	63,937	56,563	72,500	65,563	82,125
2	ZM-B	0,998742		0,791529	0,273307	0,999079	0,878442	0,997769
3	GA-B	0,791529	0,972011		0,984860	0,967537	0,999997	0,417048
4	LM-B	0,273307	0,604369	0,984860		0,585471	0,958505	0,070309
5	BL-B	0,999079	1,000000	0,967537	0,585471		0,989034	0,942723
6	BD-B	0,878442	0,990986	0,999997	0,958505	0,989034		0,537998
7	CON-B	0,997769	0,935399	0,417048	0,070309	0,942723	0,537998	

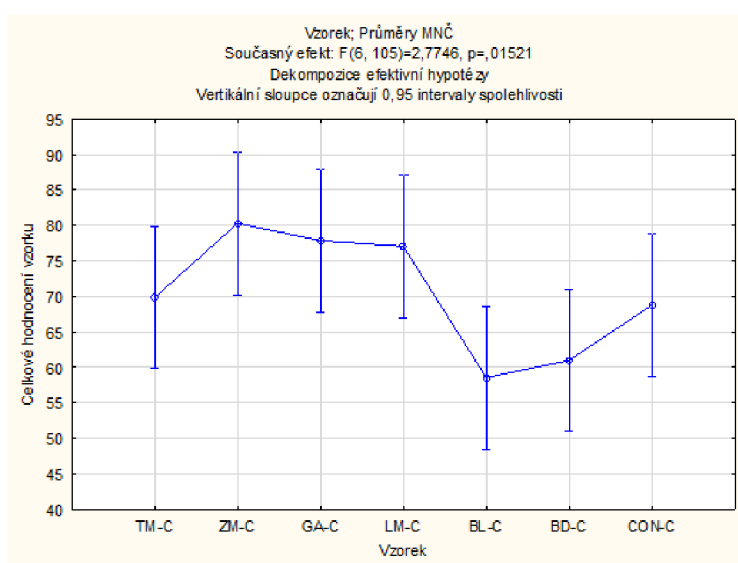
Tabulka č. 17: Příjemnost barvy pečiva s obsahem hmyzu (TM-B – *T. molitor*, ZM-B – *Z. morio*, GA-B – *G. assimilis*, LM-B – *L. migratoria*, BL-B – *B. lateralis*, BD-B – *B. discoidalis*, CON-B – kontrolní vzorek bez hmyzí moučky).

## 5.3 Sušenky s hmyzí moučkou

### 5.3.1 Celkové hodnocení

Na rozdíl od pečiva, v celkovém hodnocení sušenek s obsahem hmyzu nebyly mezi vzorky nalezeny statisticky významné rozdíly. Nejnižší hodnocení bylo nalezeno u bagetek s obsahem švábí moučky (58,56 – 61,00 procent), hodnocení ostatních vzorků se pohybovalo v rozmezí 69,87 – 77,88 procent viz Graf č. 16 a Tabulka č. 18.

Graf č. 16: Celkové hodnocení sušenek s obsahem hmyzu (TM-C – *T. molitor*, ZM-C – *Z. morio*, GA-C – *G. assimilis*, LM-C – *L. migratoria*, BL-C – *B. lateralis*, BD-C – *B. discoidalis*, CON-C – kontrolní vzorek bez hmyzí moučky).



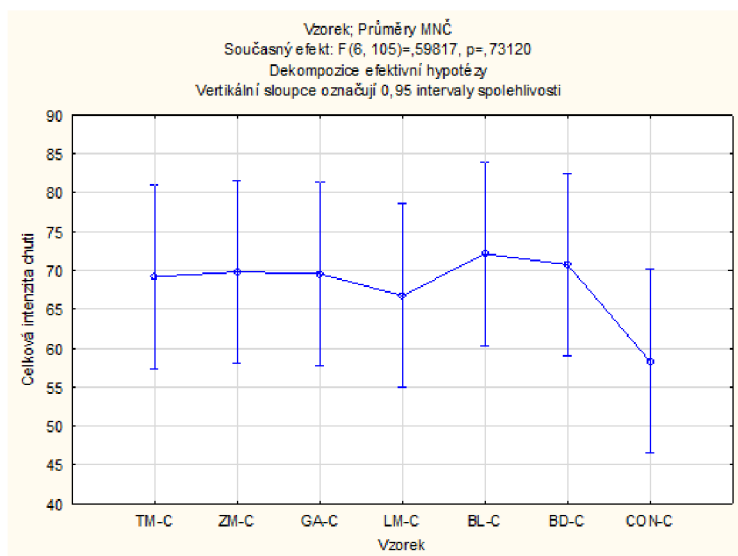
Č. buňky	Scheffeho test; proměnná Celkové hodnocení vzorku (Sensorika hmyz Bartáková statistika)							
	Vzorek	1	2	3	4	5	6	7
		69,875	80,313	77,875	77,063	58,563	61,000	68,812
1	TM-C		0,907485	0,974043	0,985047	0,868882	0,956564	1,000000
2	ZM-C	0,907485		0,999968	0,999826	0,176392	0,310049	0,859554
3	GA-C	0,974043	0,999968		1,000000	0,310049	0,484216	0,951946
4	LM-C	0,985047	0,999826	1,000000		0,364518	0,547116	0,969697
5	BL-C	0,868882	0,176392	0,310049	0,364518		0,999968	0,914697
6	BD-C	0,956564	0,310049	0,484216	0,547116	0,999968		0,976990
7	CON-C	1,000000	0,859554	0,951946	0,969697	0,914697	0,976990	

Tabulka č. 18: Celkové hodnocení sušenek s obsahem hmyzu (TM-C – *T. molitor*, ZM-C – *Z. morio*, GA-C – *G. assimilis*, LM-C – *L. migratoria*, BL-C – *B. lateralis*, BD-C – *B. discoidalis*, CON-C – kontrolní vzorek bez hmyzí moučky).

### 5.3.2 Celková intenzita chuti

Ve výsledcích intenzity chuti nebyly mezi jednotlivými vzorky nalezeny významné statistické rozdíly, když se hodnocení vzorků s hmyze pohybovalo v rozmezí 66,75 – 72,15 procent, což bylo více než v případě kontrolních sušenek bez hmyzu – 58,13 procent viz Graf č. 17 a Tabulka č 19.

Graf č. 17: Celková intenzita chuti sušenek s obsahem hmyzu (TM-C – *T. molitor*, ZM-C – *Z. morio*, GA-C – *G. assimilis*, LM-C – *L. migratoria*, BL-C – *B. lateralis*, BD-C – *B. discoidalis*, CON-C kontrolní vzorek bez hmyzí moučky).



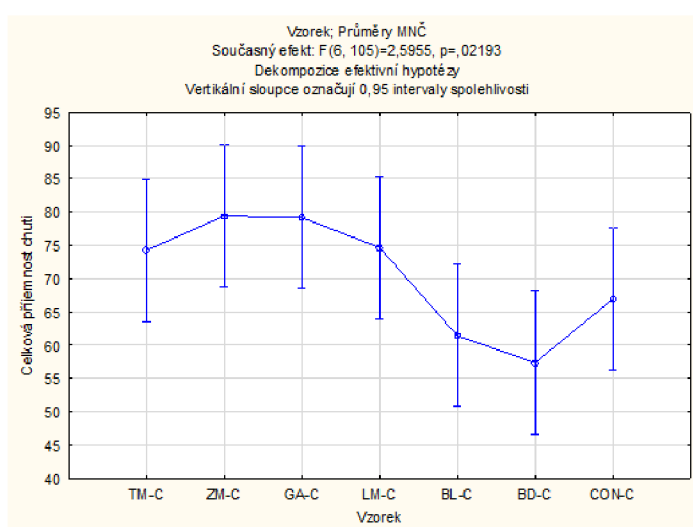
Č. buňky	Scheffeho test; proměnná Celková intenzita chuti (Senzorika hmyz Bartáková statistika)							
	Vzorek	1	2	3	4	5	6	7
		69,188	69,812	69,563	66,750	72,125	70,750	58,313
1	TM-C		1,000000	1,000000	0,999987	0,999962	0,999999	0,946037
2	ZM-C	1,000000		1,000000	0,999951	0,999991	1,000000	0,929883
3	GA-C	1,000000	1,000000		0,999971	0,999983	1,000000	0,936688
4	LM-C	0,999987	0,999951	0,999971		0,998726	0,999768	0,984868
5	BL-C	0,999962	0,999991	0,999983	0,998726		1,000000	0,844246
6	BD-C	0,999999	1,000000	1,000000	0,999768	1,000000		0,900145
7	CON-C	0,946037	0,929883	0,936688	0,984868	0,844246	0,900145	

Tabulka č. 19: Celková intenzita chuti sušenek s obsahem hmyzu (TM-C – *T. molitor*, ZM-C – *Z. morio*, GA-C – *G. assimilis*, LM-C – *L. migratoria*, BL-C – *B. lateralis*, BD-C – *B. discoidalis*, CON-C – kontrolní vzorek bez hmyzí moučky).

### 5.3.3 Celková příjemnost chuti

V celkové příjemnosti chuti nejlépe vyšly vzorky sušenek s moučkou z larev brouků a rovnokřídlého hmyzu, naopak hůře byly hodnoceny vzorky s moučkou ze švábů a kontrolní vzorek. Rozdíly ovšem byly v rámci rozptylu hodnot a nebyly statisticky významné, viz Graf. č. 18 a Tabulka č. 20.

Graf č. 18: Celková příjemnost chuti sušenek s obsahem hmyzu (TM-C – *T. molitor*, ZM-C – *Z. morio*, GA-C – *G. assimilis*, LM-C – *L. migratoria*, BL-C – *B. lateralis*, BD-C – *B. discoidalis*, CON-C kontrolní vzorek bez hmyzí moučky).



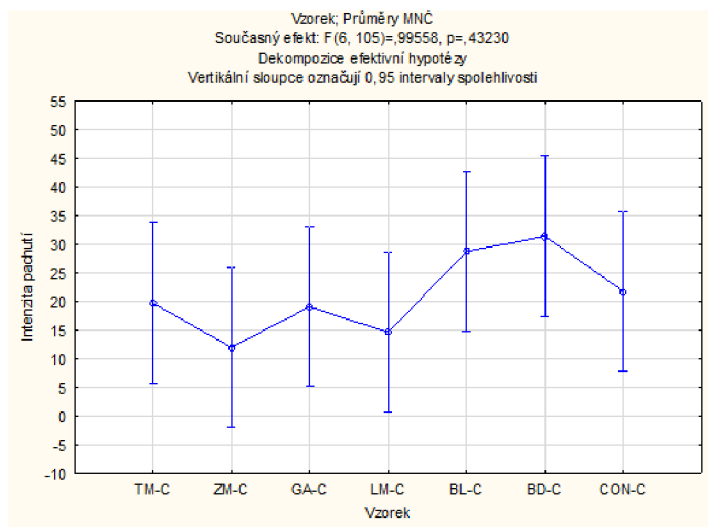
Č. buňky	Scheffeho test; proměnná Celková příjemnost chuti (Senzorika hmyz Bartáková statistika) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 466,47, sy = 105,00							
	Vzorek	1	2	3	4	5	6	7
1	TM-C	74,250	79,438	79,188	74,688	61,438	57,375	66,938
2	ZM-C	0,998193		1,000000	0,998904	0,479449	0,224952	0,845913
3	GA-C	0,998634	1,000000		0,999195	0,497525	0,237662	0,858196
4	LM-C	1,000000	0,998904	0,999195		0,805753	0,529402	0,983871
5	BL-C	0,829770	0,479449	0,497525	0,805753		0,999553	0,997490
6	BD-C	0,561425	0,224952	0,237662	0,529402	0,999553		0,953574
7	CON-C	0,988115	0,845913	0,858196	0,983871	0,997490	0,953574	

Tabulka č. 20: Celková příjemnost chuti sušenek s obsahem hmyzu (TM-C – *T. molitor*, ZM-C – *Z. morio*, GA-C – *G. assimilis*, LM-C – *L. migratoria*, BL-C – *B. lateralis*, BD-C – *B. discoidalis*, CON-C – kontrolní vzorek bez hmyzí moučky).

### 5.3.4 Intenzita pachutí

Intenzita pachutí u sušenek byla relativně nízká (< 30 procent). Vyšší intenzita pachutí byla zaznamenána mezi vzorky s obsahem švábí moučky (28,68 a 31,38 procent). Tyto rozdíly ovšem nebyly statisticky významné, viz Graf č. 19 a Tabulka č. 21.

Graf č. 19: Celková příjemnost chuti sušenek s obsahem hmyzu (TM-C – *T. molitor*, ZM-C – *Z. morio*, GA-C – *G. assimilis*, LM-C – *L. migratoria*, BL-C – *B. lateralis*, BD-C – *B. discoidalis*, CON-C kontrolní vzorek bez hmyzí moučky).



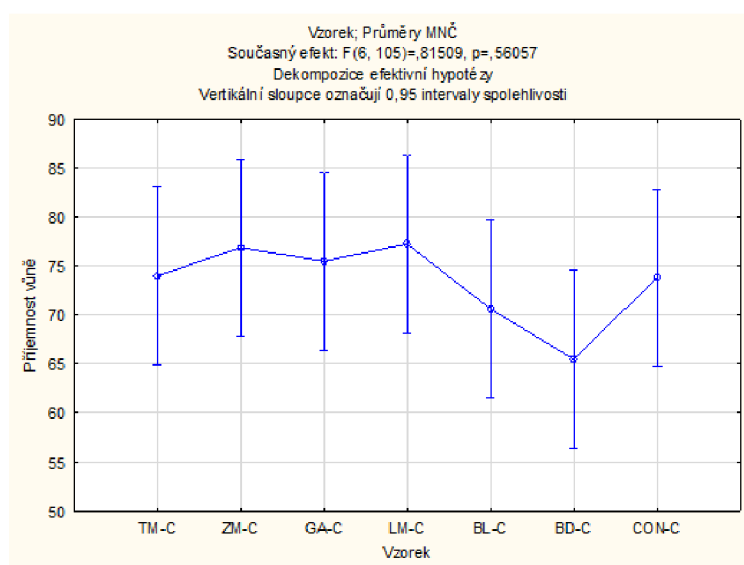
Č. buňky	Scheffeho test; proměnná Intenzita pachutí (Senzorika hmyz Bartáková statistika) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PC = 793,77, sv = 105,00							
	Vzorek	1	2	3	4	5	6	7
1	TM-C	19,688	11,938	19,063	14,563	28,688	31,375	21,750
2	ZM-C	0,996145	0,996145	1,000000	0,999632	0,991285	0,966245	0,999998
3	GA-C	1,000000	0,997586	0,997586	0,999993	0,828284	0,702234	0,986203
4	LM-C	0,999632	0,999993	0,999827	0,999827	0,987537	0,956412	0,999992
5	BL-C	0,991285	0,828284	0,987537	0,916970	0,916970	0,825722	0,997465
6	BD-C	0,966245	0,702234	0,956412	0,825722	0,825722	0,999992	0,999992
7	CON-C	0,999998	0,986203	0,999992	0,997465	0,997921	0,987537	0,987537

Tabulka č. 21: Celková příjemnost chuti sušenek s obsahem hmyzu (TM-C – *T. molitor*, ZM-C – *Z. morio*, GA-C – *G. assimilis*, LM-C – *L. migratoria*, BL-C – *B. lateralis*, BD-C – *B. discoidalis*, CON-C – kontrolní vzorek bez hmyzí moučky).

### 5.3.5 Příjemnost vůně

Co se týče hodnocení vůně, byla její příjemnost u vzorků spíše vysoká (s výjimkou *B. discoidalis* byla vyšší než 70 procent). Při hodnocení příjemnosti vůně došlo ke statisticky nevýznamnému výkyvu u vzorku sušenek (65,5 vs. 70,63 – 76,88 procent), které obsahovaly moučku z druhu švába *B. discoidalis*, viz Graf č. 20 a Tabulka č. 22.

Graf č. 20: Celková příjemnost vůně sušenek s obsahem hmyzu (TM-C – *T. molitor*, ZM-C – *Z. morio*, GA-C – *G. assimilis*, LM-C – *L. migratoria*, BL-C – *B. lateralis*, BD-C – *B. discoidalis*, CON-C kontrolní vzorek bez hmyzí moučky).



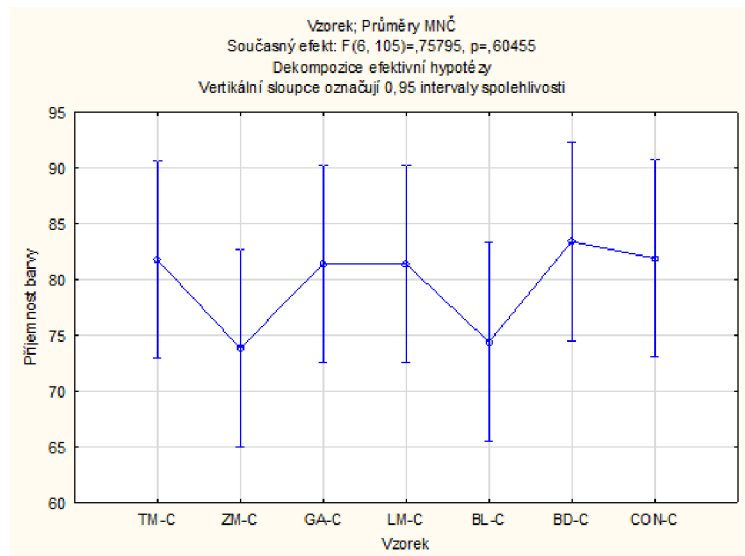
Č. buňky	Scheffeho test; proměnná Příjemnost vůně (Senzorika hmyz Bartáková statistika) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 333,51, sv = 105,00							
	Vzorek	1	2	3	4	5	6	7
1	TM-C	74,000	0,999841	0,999997	0,999676	0,999596	0,941084	1,000000
2	ZM-C	0,999841		0,999998	1,000000	0,987420	0,794094	0,999770
3	GA-C	0,999997	0,999998		0,999992	0,996736	0,877691	0,999993
4	LM-C	0,999676	1,000000	0,999992		0,982929	0,767466	0,999551
5	BL-C	0,999596	0,987420	0,996736	0,982929		0,995695	0,999710
6	BD-C	0,941084	0,794094	0,877691	0,767466	0,995695		0,946990
7	CON-C	1,000000	0,999770	0,999993	0,999551	0,999710	0,946990	

Tabulka č. 22: Celková příjemnost vůně sušenek s obsahem hmyzu (TM-C – *T. molitor*, ZM-C – *Z. morio*, GA-C – *G. assimilis*, LM-C – *L. migratoria*, BL-C – *B. lateralis*, BD-C – *B. discoidalis*, CON-C – kontrolní vzorek bez hmyzí moučky).

### 5.3.6 Příjemnost barvy

Příjemnost barvy byla relativně vysoká, když se hodnocení její příjemnosti pohybovalo u všech vzorků nad 70 procent. Rozdíly mezi sušenkami nebyly statisticky významné, viz Graf č. 21 a Tabulka č. 23.

Graf č. 21: Celková příjemnost barvy sušenek s obsahem hmyzu (TM-C – *T. molitor*, ZM-C – *Z. morio*, GA-C – *G. assimilis*, LM-C – *L. migratoria*, BL-C – *B. lateralis*, BD-C – *B. discoidalis*, CON-C kontrolní vzorek bez hmyzí moučky).



Č. buňky	Scheffeho test; proměnná Příjemnost barvy (Senzorika hmyz Bartáková statistika) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 320,40, sy = 105,00							
	Vzorek	1	2	3	4	5	6	7
1	TM-C	81,750	73,813	81,375	81,375	74,375	83,375	81,875
2	ZM-C	0,953224		0,963052	0,963052	1,000000	0,890001	0,949578
3	GA-C	1,000000	0,963052		1,000000	0,974894	0,999979	1,000000
4	LM-C	1,000000	0,963052	1,000000		0,974894	0,999979	1,000000
5	BL-C	0,967369	1,000000	0,974894	0,974894		0,915881	0,964534
6	BD-C	0,999994	0,890001	0,999979	0,999979	0,915881		0,999996
7	CON-C	1,000000	0,949578	1,000000	1,000000	0,964534	0,999996	

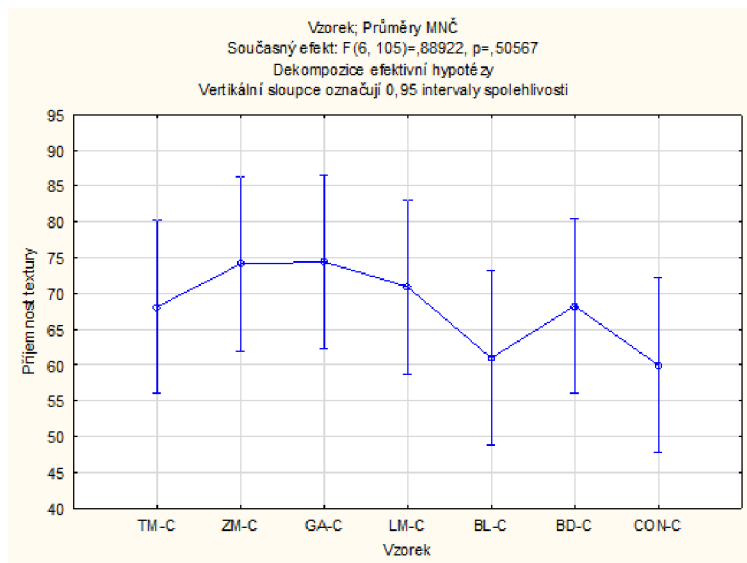
Tabulka č. 23: Celková příjemnost barvy sušenek s obsahem hmyzu (TM-C – *T. molitor*, ZM-C – *Z. morio*, GA-C – *G. assimilis*, LM-C – *L. migratoria*, BL-C – *B. lateralis*, BD-C – *B. discoidalis*, CON-C – kontrolní vzorek bez hmyzí moučky).



### 5.3.7 Příjemnost textury

Stejně jako u předchozích parametrů, které byly u sušenek hodnoceny, nedošlo ve výsledcích k žádnému statisticky významnému rozdílu, přičemž se hodnota příjemnosti pohybovala v rozmezí 60,00 – 74,43 procent, viz Graf. č. 22 a Tabulka č. 24.

Graf č. 22: Celková příjemnost textury sušenek s obsahem hmyzu (TM-C – *T. molitor*, ZM-C – *Z. morio*, GA-C – *G. assimilis*, LM-C – *L. migratoria*, BL-C – *B. lateralis*, BD-C – *B. discoidalis*, CON-C kontrolní vzorek bez hmyzí moučky).



Č. buňky	Scheffeho test; proměnná Příjemnost textury (Senzorika hmyz Bartáková statistika) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 601,44, sv = 105,00							
	Vzorek	1	2	3	4	5	6	7
1	TM-C	68,125	74,125	74,437	70,937	61,000	68,250	60,000
2	ZM-C	0,997995		0,997335	0,999975	0,994792	1,000000	0,989409
3	GA-C	0,997335	1,000000		0,999948	0,889143	0,998220	0,848936
4	LM-C	0,999975	0,999948	0,999911		0,969972	0,999981	0,951917
5	BL-C	0,994792	0,889143	0,877356	0,969972		0,994272	1,000000
6	BD-C	1,000000	0,998220	0,997617	0,999981	0,994272		0,988514
7	CON-C	0,989409	0,848936	0,834913	0,951917	1,000000	0,988514	

Tabulka č. 23: Celková příjemnost textury sušenek s obsahem hmyzu (TM-C – *T. molitor*, ZM-C – *Z. morio*, GA-C – *G. assimilis*, LM-C – *L. migratoria*, BL-C – *B. lateralis*, BD-C – *B. discoidalis*, CON-C – kontrolní vzorek bez hmyzí moučky).

## 5.4 Hodnocení pořadové zkoušky a párového preferenčního testu

V tabulce 3 je uvedeno pořadí všech vzorků. Seřazeny jsou dle výsledků testů. V případě celého hmyzu byly nejlépe hodnoceny druhy *T. molitor*, *B. discoidalis* a *G. assimilis*. Nejméně preferovanými druhy byly výrazně larvy *Z. morio* a švábi *B. lateralis*. V případě pečiva byl nejlépe hodnocený vzorek bez hmyzí moučky. Co se týče pečiva s hmyzí moučkou, s výjimkou cvrčků (*G. assimilis*) a larev potemníka moučného (*T. molitor*), bylo hodnocení vzorků významně nižší. Stejně jako v případě hédonického hodnocení, v hodnocení sušenek nebyl mezi vzorky nalezen statisticky významný rozdíl. Kontrolní vzorek sušenek bez hmyzí moučky se v pořadové zkoušce umístil na předposlední pozici.

Tabulka 25: Sensorické hodnocení celého hmyzu, sušenek a bílého pečiva s obsahem hmyzích mouček pomocí klasifikačního testu.

Hodnocení celého hmyzu		Hodnocení pečiva s mletým hmyzem		Hodnocení sušenek s mletým hmyzem	
Druh hmyzu	Součet	Druh hmyzu	Součet	Druh hmyzu	Součet
<i>Tenebrio molitor</i>	75 <sup>a</sup>	Kontrolní vzorek	93 <sup>a</sup>	<i>Locusta migratoria</i>	77 <sup>a</sup>
<i>Blaberus discoidalis</i>	70 <sup>a</sup>	<i>Gryllus assimilis</i>	72 <sup>ab</sup>	<i>Zophobas morio</i>	74 <sup>a</sup>
<i>Gryllus assimilis</i>	60 <sup>a</sup>	<i>Tenebrio molitor</i>	70 <sup>ab</sup>	<i>Tenebrio molitor</i>	71 <sup>a</sup>
<i>Locusta migratoria</i>	58 <sup>abc</sup>	<i>Zophobas morio</i>	68 <sup>b</sup>	<i>Gryllus assimilis</i>	71 <sup>a</sup>
<i>Blatta lateralis</i>	38 <sup>bc</sup>	<i>Locusta migratoria</i>	58 <sup>bc</sup>	<i>Blatta lateralis</i>	56 <sup>a</sup>
<i>Zophobas morio</i>	35 <sup>c</sup>	<i>Blatta lateralis</i>	49 <sup>bc</sup>	Kontrolní vzorek	50 <sup>a</sup>
		<i>Blaberus discoidalis</i>	38 <sup>c</sup>	<i>Blaberus discoidalis</i>	49 <sup>a</sup>

Součet pořadí = součet pořadí vzorků od 16 hodnotitelů (minimum, nejhorší vzorek, 16; maximum, nejlepší vzorek, 96 pro celý hmyz a 112 pro potraviny s hmyzí moučkou). Výsledky označené rozdílným horním indexem jsou statisticky odlišné ( $p \leq 0,05$ ) podle Friedmanova testu.

Párová preferenční zkouška ukázala, že u larev brouků a cvrčků byly statisticky významně preferovány druhy menší velikosti (*T. molitor* a *G. assimilis*). U švábů byl naopak preferován druh větší – *B. discoidalis*.

Tabulka č. 26: Výsledky párového preferenčního testu.

		počet hlasů
Larvy brouků	<i>Tenebrio molitor</i>	12 <sup>a</sup>
	<i>Zophobas morio</i>	4 <sup>b</sup>
Rovnokřídlí	<i>Gryllus assimilis</i>	12 <sup>a</sup>
	<i>Locusta migratoria</i>	4 <sup>b</sup>
Švábi	<i>Blatta lateralis</i>	2 <sup>a</sup>
	<i>Blaberus craniifer</i>	14 <sup>b</sup>

Rozdíl mezi vzorky byl statisticky významný, když získal alespoň 12 hlasů z 16. Statisticky významné rozdíly jsou v rámci každé skupiny označeny rozdílným horním indexem.

## 6. Diskuze

Obecně lze říci, že hmyz představuje cenný zdroj potravy, jelikož lze konzumovat různé druhy v různých vývojových stádiích a také je bohatý na makro i mikro živiny nezbytné pro fungování organismu (Huis & Tomberlin 2017; Ordoñez-Araque & Egas-Montenegro 2021). U určitých druhů hmyzu se předpokládá, že by do budoucna mohly být dobrou ekonomickou i ekologickou novou potravinou. Dosud jsou však náklady na produkci hmyzu vysoké, čili i výsledný produkt je dražší než běžně dostupné potraviny (van Broekhoven et al. 2015; van Huis & Tomberlin 2017). Tento problém lze do budoucna řešit. Důvěru v hmyz jakožto potravinu budoucnosti legislativně vložila i Evropská unie, když v roce 2021 přijala druh hmyzu larev potměnka moučného (*Tenebrio molitor*) a následně cvrčka domácího (*Acheta domestica*) jako potravinu, jde tedy o opravdový průlom na poli entomofágie (EFSA 2021).

Hlavní překážka v konzumaci hmyzu v České republice je bezpochyby psychologická bariéra a fakt, že výchova v našich domácích podmínkách byla vedena směrem, že hmyz představuje hygienické znečištění či zdravotní riziko (švábi, mouchy, vosy, štěnice) (Rupeš et al. 2007). Výsledky z ostatních zemí poukazují na jasný fakt, probíhaly-li osvětové a informační semináře na téma entomofágie, že se následně zlepšil přístup spotřebitelů k hmyzu jako potravine. Největší změna po semináři byla zjištěna u faktoru znechucení, který se silně snížil poté, co byli účastníci informováni o technologických, sociálních a kulturních souvislostech entomofágie (Mancini et al. 2019). To částečně koresponduje s výsledky této práce, když byl celkový dojem z celého smaženého hmyzu lepší po konzumaci než před ní.

Konzumace drceného hmyzu v produktech, které jsou na západním trhu populární, se jeví jako vhodná bariéra k překlenutí neofobie z požívání hmyzu. Dle slov docentky Marie Borkovcové (Borkovcová et al. 2019) nebude takový problém začít využívat hmyzí moučku jako doplněk stravy, protože lidé nevidí, co vlastně konzumují. Tento fakt ostatně prokázaly i dotazníky z okolních zemí, které navíc poukázaly na to, že konzumentům při skryté formě nezáleží na druhu hmyzu (švábi, brouci a ploštice, mravenci a termiti, larvy brouků, housenky a sarančata a cvrčci) (House 2016; Mancini et al. 2018; Borkovcová et al. 2019).

Senzorické vlastnosti, jako jsou textura, chuť, barva a vůně, jsou důležitými faktory, které určují postoj spotřebitelů k výběru potravin, proto je stanovení těchto vlastností nezbytné pro uvedení nových výrobků obsahujících hmyz na trh (Ghosh et al. 2018; Mishyna et al. 2020). Výsledky této práce ukázaly významné rozdíly v preferencích mezi jednotlivými druhy, které jsou komerčně dostupné po celém světě. Podle našich údajů je zřejmé, že druh hraje v oblíbenosti celého hmyzu důležitější roli než velikost. To lze vysvětlit tím, že vzhled a chuť jsou reprezentovány morfologií a nutričním složením, tedy vlastnostmi, které jsou druhově specifické a ovlivňují ochotu spotřebitelů ochutnat či sníst hmyz (Wilkinson et al. 2018).

Zatímco vlastnosti vzhledu hmyzu, jako je tvar těla, barva nebo textura, jsou pro účastníky panelu snadno popsitelné, definice "chuti hmyzu" nebo "vůně hmyzu" se zdá být náročná. V naší studii panelisté popisovali různé chutě hmyzu, přičemž oříšky, kuřecí, sádlo a křupky byly uvedeny opakovaně. Na základě informací z dostupných zdrojů účastníci často považovali chuť hmyzu za neutrální nebo mírně aromatické s houbovým nebo ořechovým aroma (Mishyna et al., 2020). Nevýraznou chuť hmyzu potvrdila i studie Meyer-Rochowa a Hakka (Meyer-Rochow & Hakko 2018), kde téměř polovina účastníků, kteří při pokusu nemohli použít zrak a čich,

nedokázala rozlišit jedlý hmyz od jiných nabízených produktů.

Pro konzumaci celého hmyzu již z minulosti víme, že pohled na celý hmyz vyvolává spíše averzi a negativně tak ovlivňuje konzumaci celého hmyzu (Mandolesi et al, 2022), avšak při překonání prvotního strachu se ochota konzumovat celý hmyz může zvýšit po předchozí pozitivní zkušenosti, což ostatně potvrdil i předchozí výzkum na České zemědělské univerzitě v Praze. Před ochutnáním měli cvrčci domácí horší hodnocení než po ochutnání samotného hmyzu (Kouřimská et al. 2020). Jak už bylo zmíněno výše, k tomuto výsledku jsme došli i při tomto pokusu, kdy měl veškerý hmyz s výjimkou *B. lateralis* nižší hodnocení před ochutnáním než po ochutnání. Zajímavé je, že *B. discoidalis* byl nejhorší volbou před ochutnávkou, ale po ochutnání získal nejvyšší hodnocení. Naopak druhý testovaný šváb, *B. lateralis*, se před testem zdál být pro členy panelu relativně dobře přijatelný, ale po ochutnání tento druh klesl na konec žebříčku, a to zejména díky vysoké intenzitě pachutí. Příznivé hodnocení švába *B. discoidalis* tak kontrastuje s předchozím výzkumem z mé bakalářské práce a následné práce mého vedoucího práce (Kulma et al. 2020), kdy byli celí švábi označeni za nejméně atraktivní z hlediska preference konzumace celého hmyzu.

Co se týče zkoumání dosud neznámého vlivu velikosti na přijímání hmyzu jako potraviny, v případě celých smažených moučných červů a cvrčků dávali hodnotitelé před i po jejich konzumaci přednost druhům menší velikosti. V tom hrály pravděpodobně roli dvě příčiny. První z nich je, že červi *Z. morio* jsou tučnější, tím pádem i mastnější. Za druhé má tvrdší kutikulu než *T. molitor*. Obě tyto vlastnosti přispívají k výhodnosti menšího druhu. Je však také možné, že konzumace menších červů je pro obyvatele Západu přijatelnější než konzumace větších červů, což opět odkazuje na již výše zmíněnou psychologickou bariéru, kterou bude potřeba do budoucna co nejvíce eliminovat.

Pokud je nám známo, komplexní srovnávací studie sensorických vlastností celého jedlého hmyzu v současné době chybí. Výsledky naší studie však lze porovnat s výsledky uváděnými v literatuře. Například moučný červ *T. molitor* v naší studii patřil mezi nejlépe hodnocené vzorky, což částečně koresponduje s výsledky Caparros Megido et al. (2014), kteří uvádějí, že opečení mouční červi byli hodnoceni lépe než pečení cvrčci.

Výsledky pokusu González et al. (2019) poukazují na možnost využití hmyzí moučky pro obohacení pečiva z hlediska nutriční hodnoty. Hmyzí moučka významně zvýší podíl kvalitních bílkovin a tuků ve výrobku a do určité míry výrazně nezmění jeho chuťové vlastnosti, ovšem bude nutné přesně stanovit druhy, které budou tyto podmínky splňovat (Kowalski et al. 2022). Je třeba zdůraznit, že i 10 procentní přídavek hmyzí moučky způsobuje zvýšení aminokyselinového skóre ve srovnání s běžným pečivem. Při našem sensorickém hodnocení bylo z celkového množství mouky zaměněno 10 procent za hmyzí moučky v obou případech testované skryté formy. Naše údaje také poukázaly na fakt, že i 10 procentní zastoupení hmyzí moučky ovlivnila některé sensorické i fyzikální vlastnosti bagetek, jakožto vůni, barvu (viz Fotografie č. 5) a přijatelnost vzorku.

Při hodnocení bagetek s hmyzí moučkou výsledky ukázaly, že vzorky, obsahující švábi moučku, byly mezi hodnotiteli nejméně oblíbené. U celkového hodnocení housek s obsahem hmyzí moučky došlo ke statisticky významným rozdílům s kontrolním vzorkem u vzorků *B. lateralis* a *B. discoidalis*. Částečně se tak naše údaje shodují s výsledky studie de Oliveiry et

al. (2017), kteří rovněž zaznamenali menší oblibu pečiva s přídavkem švábí moučky oproti kontrolnímu vzorku. Podle Dutcovskyho (2011) lze pečivo se sensorickým hodnocením 81 - 100 bodů klasifikovat jako kvalitní, 61- 80 jako běžné a 31 - 60 jako nekvalitní. Z tohoto pohledu splňovaly požadavky na kvalitu běžného chleba střední kvality pouze pokrmy připravené z *G. assimilis*, *Z. morio* a *T. molitor* v této studii. Hypotéza, že při konzumaci výrobků na bázi hmyzích mouček nebude hrát roli druh použitého hmyzu, se tedy u bílého slaneého pečiva nepotvrdila. Stejného jevu si všiml i Kowalski et. al (2022) u potměníka stájového (*Alphitobius diaperinus*) ve svém pokusu. Kontrolní skupina bílého pečiva byla jako chutnější hodnocena i Roncolinim et al. (2019) v Itálii, kdy nahradili chléb z 15 procent hmyzí moučkou. To může zvýšit přijatelnost výrobků s lepším nutričním složením. Co se týká švábí moučky, dopadl sensorický test v Brazílii obdobně negativně jako v případě této práce. V našich tabulkách je jasně vidět, že vzorky z druhů *B. lateralis* a *B. discoidalis* mají nejvíce statisticky významných rozdílů. Brazílská studie okomentovala jejich výsledky tím, že jejich hodnotitelé věděli, v kterých výrobcích se nachází švábí mouka a v kterých se nenachází. Naši hodnotitelé však nevěděli, který z vzorků v danou chvíli konzumovali. Ani u nás, ani v Brazílii tak švábí mouka neobstála (de Oliveira et al. 2017). V případě hůře hodnocených hmyzích mouček lze zvážit jejich přídavek do chleba v nižším procentuálním podílu, než jaký byl použit v této studii, čímž se docílí obohacení nutriční hodnoty pečiva bez ovlivnění chuti výrobku.

Po přidání hmyzí moučky do těsta byly ovlivněny jeho fyzikální vlastnosti. U těsta obsahující moučku ze švábů byla při přípravě sušenek ovlivněna textura těsta, kdy se těsto velmi mazlalo a špatně se tvarovalo do potřebného kuličkového tvaru. Nejlépe se autorce práce pracovalo s těstem obsahující moučku z druhu *Z. morio*. Tato mouka dle subjektivního názoru autorky nijak neovlivnila fyzikální vlastnosti těsta v porovnání s těstem s pšeničnou moukou. Vlivu na fyzikální vlastnosti si všimli opět i vědci z Itálie a Polska (García - Segovia et al. 2020; Kowalski et. al 2022;).

Ovlivnění barvy, která je nesdílňnou součástí organoleptických vlastností pekařských výrobků a ovlivňuje tak i výběr spotřebitele, bylo statisticky významné u vzorků *T. molitor*, *L. migratoria*, *B. lateralis* a *B. discoidalis*, kdy byla hmyzí moučka v těstě jasně vidět a způsobila jeho ztmavnutí. Avšak tento jev nemusí být nutně považován za negativní vlastnost. U některých spotřebitelů by tmavší barva mohla evokovat pocit konzumace celozrnného pečiva. Ovlivněna byla i kůrka těchto housek. Stejných výsledků dosáhli i v Itálii, kdy chléb pečený z larev potměníka moučného a stájového ovlivnil barvu výsledného produktu (Gaglio et al. 2021). V Izraeli bylo potvrzeno, že čím více se přidá hmyzí moučky do produktu, tím více bude ovlivněna jeho následná barva, kdy navíc byla zjištěna i korelace mezi barvou hmyzí moučky a barvou kůrky chleba (Haber et al. 2019).

U celkového hodnocení čokoládových sušenek došlo k překvapivému výsledku. Sušenky obsahující hmyzí moučku z druhů *T. molitor*, *Z. morio*, *G. asimilis* a *L. migratoria* vyšly v celkovém hodnocení lépe než kontrolní vzorek. Tento jev se vyskytl i ve studii pro přijatelnost s částečnou náhradou mouky za drcený hmyz u spotřebitelů v USA, Mexiku a Španělsku, kdy mexickým a španělským spotřebitelům více chutnala varianta s 15 procentním zastoupením hmyzí moučky. Významné rozdíly mezi vzorky a kontrolním pečivem byly zaznamenány až u 30 procentního zastoupení hmyzu v sušenkách (Delgado et al. 2020). V Brazílii nahrazovali mouku 15 procentní moučkou z hmyzu larev bource morušového (*Bombyx mori*) a největší

přijatelnost zaznamenali právě u sušenek s 15 procentním zastoupením bourcové moučky (Torres et al. 2022). Dalším zajímavým aspektem této studie je i fakt, že dospívajícím a mladistvým chutnaly sušenky z hmyzu více, než dospělým či seniorům. Tento jev zkoumali také vědci z České zemědělské univerzity, jejichž výzkum potvrdil, že mladší hodnotitelé byly mírně otevřenější k entomofágii, než starší generace (Kouřimská et al. 2020). U mexických spotřebitelů byla obecně ochota konzumovat čokoládovou sušenku zastoupenou 30 procenty hmyzí moučky vyšší i z důvodu, že se zde hmyz konzumuje pravidelně, kdežto u USA a u španělských spotřebitelů byla tato ochota ovlivněna částečně tím, že produkty z hmyzu neznají. Při našem sensorickém testu byla ochota vyzkoušet všech šest druhů velká, když nikdo z příchozích panelistů neodmítnul ochutnat některý ze vzorků. Toto ale byla též ovlivněno skutečností, že naši hodnotitelé věděli, co budou testovat a měli zájem se tohoto sensorického šetření zúčastnit.

Co se týče skryté konzumace, u bílého pečiva byly v rámci této práce nalezeny určité rozdíly způsobené přidavkem hmyzu, zatímco u sušenek výrazné rozdíly mezi pozorovanými vlastnostmi pozorovány nebyly. Tento jev lze vysvětlit tím, že díky přidavku holandského kakaa a cukru je s největší pravděpodobností zastřena chuť samotného hmyzu, i když je sám o sobě intenzivně aromatický. Z našich výsledků je tak patrné, že do sladkého pečiva lze přidávat hmyzí moučku i ve vyšších podílech

Pro sensorickou analýzu pekla autorka hmyzí sušenky poprvé, byť hmyz, jakožto celý, kulinářsky upravený, konzumuje v kruhu rodinném pravidelně. Subjektivní názor na použití hmyzí moučky byl pozitivní, ovšem tato pozitivní zkušenost souvisí již s pozitivními zkušenostmi s hmyzem z minulosti. Tato zkušenost se tak shoduje s výzkumem z Kanady, kde bylo do výzkumu zahrnuto sedm inovativních kuchařských studentů (Dion-Poulin et al. 2021).

## 7. Závěr

- Vnímání jedlého hmyzu spotřebiteli hraje klíčovou roli pro budoucnost entomofágie, která je nyní stále ovlivněna neofobií. Populárně naučný přístup spojený s ochutnávkou hmyzu se jeví jako dobrá strategie, která vede ke zvýšení znalostí a zároveň snížení odmítání konzumace hmyzích potravin.
- Sensorické vlastnosti celého hmyzu jsou ovlivněny druhem hmyzu a souvisí i s velikostí. U rovnokřídlých a larev brouků byly lépe hodnoceny menší druhy, zatímco u švábů druh větší.
- Sensorické hodnocení ukázalo lepší přijímání potravin s přídavkem hmyzí moučky v porovnání s celým smaženým hmyzem.
- Celkově se jako nejslibnější hmyz jeví *G. assimilis* a *T. molitor*, kteří získali vysoké hodnocení v drcené i celé formě.
- Při sensorickém hodnocení bílého pečiva byly zjištěny negativní vlastnosti v hodnocení způsobené přidáním 10 procentní moučky z hmyzu, je tak třeba zvážit přídavek mletého hmyzu v nižších koncentracích. U sušenek k tomuto jevu nedošlo díky přidání holandského kakaa a cukru do těsta sušenek, kdy došlo k zastření chutě hmyzí moučky. Z tohoto pohledu lze k obohacení nutričního složení sladkého pečiva použít i méně oblíbený hmyz nebo hmyz s horšími sensorickými vlastnostmi, aniž by to mělo vedlejší účinky na sensorickou kvalitu potraviny.
- Bude třeba provést další výzkum, který se bude zabývat technologickou úpravou hmyzí moučky, dávkováním a určením vhodnosti druhu hmyzu, který se hodí více do pečiva, a který naopak do chuťově výraznějších potravin.
- Zájem o entomofáгии České republiky neopadá a o nové potraviny s hmyzem je zájem.



## 8. Zdroje

- Adámková A, Mlček J, Kouřimská L, Borkovcová M, Bušina T, Adámek M, and Krajsa J. 2017. Nutritional potential of selected insect species reared on the island of Sumatra. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **14**:521.
- Anonymous, 2001. The holy bible, English standard version. Crossway Bibles, Wheaton, IL, USA (Matthew 3:1,4).
- Anonymous, 2001. The holy bible, English standard version. Crossway Bibles, Wheaton, IL, USA (Leviticus 11.20-23).
- Aguilar-Miranda ED, López MG, Escamilla-Santana C, Rosa AB. 2002. Characteristics of Maize Flour Tortilla Supplemented With Ground *Tenebrio Molitor* Larvae.
- Antony MM, Brown TA, Barlow DH. 1997. Heterogeneity among specific phobia types in DSM-IV. Elsevier, Kanada.
- Bednářová M, Borkovcová M, Fišer V, Ocknecht P, Václavík M, Švejnoha D. 2015. Hmyz na talíři. Brno: Jota. ISBN 978-80-7462-915-0.
- Bodenheimer FS. 1951. Insects as human food. W. Junk, the Hague, the Netherlands, 352 pp.
- Borkovcová M. et al. 2019. Is edible insect as a novel food digestible? *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences* **13**:470-476.
- Broekhoven S, Oonincx DGAB, van Huis A, van Loon JA. 2015. Feed conversion efficiency of three edible mealworm species (Coleoptera: Tenebrionidae) on diets composed of organic by-products. *Journal of Insect Physiology* **73**:1-10.
- Caparros Megido R; Sablon L; Geuens M; Brostaux Y; Alabi T; Blecker C; Drugmand D; Haubruge É; Francis F. 2014. Edible Insects Acceptance by Belgian Consumers: Promising Attitude for Entomophagy Development. *J. Sens. Stud* **29**(1): 14–20.
- Conrad et al..1988. Early Insect Diversification: Evidence from a Lower Devonian Bristletail. *Science* **242**: 913-916.
- Diamond J. 2002. Evolution, consequences and future of plant and animal domestication. *Nature* **418**: 700-707.
- Dion-Poulin A, Turcotte M, Lee-Blouin S, Perreault V, Provencher V, Doyen A, Turgeon S L. 2021. Acceptability of insect ingredients by innovative student chefs: An exploratory study. *International Journal of Gastronomy and Food Science* **24**: 100362.
- Doreau M, Corson MS & Wiedemann SG (2012) Water use by live-stock: a global perspective for a regional issue? *Animal Frontiers* **2**: 9–16.
- Delgado MC, Chambers IVE, Carbonell-Barrachina A, Noguera AL, Vidal Quintanar R, Burgos HA. 2020. Consumer acceptability in the USA, Mexico, and Spain of chocolate chip cookies made with partial insect powder replacement. *Journal of Food Science* **85**(6): 1621-1628.
- Durst PB, Johnson DV, Leslie RN, Shono K. 2010. Forest insects as food: humans bite back. RAP Publication, Thailand.
- Durst PB & Hanboonsong Y. 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.
- EFSA Scientific Opinion. 2021. Safety of frozen and dried formulations from whole house crickets (*Acheta domesticus*) as a Novel food pursuant to Regulation (EU). *EFSA Journal* **19**: e06779

- Ekpo KE, Onigbinde AO & Asia IO. 2009. Pharmaceutical potentials of the oils of some popular insects consumed in southern Nigeria. *African Journal of Pharmacy and Pharmacology* **3**: 51–57.
- Elzerman JE, Hoek AC, van Boekel M, Luning PA. 2011. Consumer acceptance and appropriateness of meat substitutes in a meal context. *Food Quality and Preference* **22**: 233-240.
- Evans J, Müller A, Jensen AB, Dahle B, Flore R, Eilenberg J et al. 2016. A descriptive sensory analysis of honeybee drone brood from Denmark and Norway. *Journal of Insects as Food and Feed* **2(4)**: 277–283.
- FAO 2008. Forest insects as food: humans bite back. FAO Regional Office for Asia and the Pacific, Thailand.
- FAO 2008. The State of Food Insecurity in the World. Annual Report.
- FAO 2011. World Livestock 2011 - Livestock in food security. Food and agriculture organization of the United nations, Rome, Italy.
- FAO 2012. The State of World Fisheries and Aquaculture 2012. Food and Agricultural Organisation of the United Nations: Rome, Italy.
- FAO 2014 The State of World Fisheries and Aquaculture: Opportunities and Challenges. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO.)
- Finke MD & Oonincx D. 2014. Chapter 17—insects as food for insectivores. In *Mass Production of Beneficial Organisms*, pp. 583–616 [Shapiro-Ilan JAM, editor]. San Diego: Academic Press.
- Finke MD. 2015. Complete nutrient content of four species of commercially available feeder insects fed enhanced diets during growth. *Zoo Biology* **34**: 554– 564.
- Gaglio R, Barbera M, Tesoriere L et al. 2021. Sourdough “ciabatta” bread enriched with powdered insects: Physicochemical, microbiological, and simulated intestinal digesta functional properties. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* **72**: 102755.
- Ghosh S; Jung C; Meyer-Rochow V B. 2018. What Governs Selection and Acceptance of Edible Insect Species?. *Edible Insects in Sustainable Food Systems* Halloran A, Flore R, Vantomme P,(Cham: Springer), pp331–351.
- Gahukar RT. 2011. Entomophagy and human food security. *International Journal of Tropical Insect Science* **31**: 129-144.
- Haber M, Mishyna M, Itzhak Martinez JJ, Benjamin O. 2019. The influence of grasshopper (*Schistocerca gregaria*) powder enrichment on bread nutritional and sensorial properties.
- Halloran A, Hanboonsong Y & Roos N. 2017. Life cycle assessment of cricket farming in north-eastern Thailand. *Journal of Cleaner Production* **156**: 83–94.
- Halloran A, Münke C, Vantomme P, Reade B & Evans J. 2014. Broadening insect gastronomy. In P. Sloan, W. Legrand, & C. Hindley (Eds.). *The Routledge handbook of sustainable food and gastronomy* pp. 199–205. New York: Routledge.
- Hanboonsong Y, Jamjanya T, Durst PB. 2013. Six-legged livestock: edible insect farming, collection and market in Thailand. FAO Regional Office for Asia and the Pacific, Thailand.
- Hanboonsong Y & Durst PB. 2014. Edible insects in Lao PDR: building on tradition to enhance food security. Food and Agriculture Organization of the United Nations Regional Office for Asia and the Pacific, Bangkok, Thailand.
- Herodotus with an English translation by A. D. Godley. Cambridge. Harvard University Press.

1920.

- House J. 2016. Consumer acceptance of insect-based foods in the Netherlands: Academic and commercial implications. *Appetite* **107**: 47-58.
- van Huis A, Itterbeeck JV, Klunder H, Mertens E, Halloran A, Muir G, Vantomme P. 2013. Edible insects: future prospects for food and feed security. Food and agriculture organization of the United Nations, Rome, Italy.
- Insect farm – ceník. Available from: <https://insect-farm.cz/nabidka-a-cenik/>. (accessed: 19. listopadu 2022)
- Jantzen da Silva Lucas A, de Oliveira LM et al. 2020. Edible insects: An alternative of nutritional, functional and bioactive compounds. *Food Chemistry* **311**: 12602210
- Jensen AB, Evans, J, Jonas-Levi A, Benjamin O, Martinez I, Dahle B, et al. 2016. Standard methods for *Apis mellifera* brood as human food. *Journal of Apicultural Research*, **56**: 1–28.
- 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 Bioprocess Technology* **3**: 778-782.
- Kittler PG, Sucher K. 2008. *Food and Culture*. Belmont, Australia.
- Kouřimská L & Adámková A. 2016. Nutritional and sensory quality of edible insects. *NFS Journal* **4**: 22-26.
- Kouřimská L, Kotrbová V, Kulma M, et al. 2020: Attitude of as sessors in the Czech Republic to the consumption of house cricket *Acheta domestica* L. – A preliminary study. *Czech Journal of Food Sciences* **38**: 72–76.
- Kowalski S, Mikulec A, Mickowska B. et al. 2022. Wheat bread supplementation with various edible insect flours. Influence of chemical composition on nutritional and technological aspects. *LWT* **159**: 113220.
- Kulma M, Kouřimská L, Plachý V. et al. 2019. Effect of sex on the nutritional value of house cricket, *Acheta domestica* L. *Food chemistry* **29**: 267-272.
- Kulma M, Tumová V, Fialová A, Kouřimská L. 2020. Insect Consumption in the Czech Republic: What the Eye Does Not See, the Heart Does Not Grieve Over. *J. Insects Food Feed* **6**(5): 525–535.
- Lecocq T. 2018. *Insect: The Disregarded Domestication Histories*, ISBN 978-1-83881-133-4. University of Lorraine, France.
- Lesnik J. 2018, *Edible Insect and Human Evolution*. University Press of Florida, Project MUSE.
- Looy H, Dunkel FV, Wood JR. 2014. How then shall we eat? Insect-eating attitudes and sustainable foodways. *Agriculture and Human Values* **31**: 131-141.
- Lopez-Santamarina A, Mondragon AC, Lamas A, Miranda JM, Franco CM and Cepeda A. 2020. Animal-Origin Prebiotics based on Chitin: An Alternative for Future? A Critical Review. *Foods* **9**(6): 782.
- Lundy ME & Parrella MP. 2015. Crickets are not a free lunch:protein capture from scalable organic side-streams via high-density populations of *Acheta domesticus*. *PLOS One* **10**: 1–12.
- Mancini S, Moruzzoa R, Riccioli F, Pacia G. 2018. European consumers' readiness to adopt insects as food. A review. *Food Research International* **122**: 661-678.
- Mancini S; Sogari G, Menozzi D, Nuvoloni R, Torracca B, Moruzzo R, Paci G. 2019 Factors

- Predicting the Intention of Eating an Insect-Based Product. *Foods* **8**: 270.
- Meyer-Rochow V. 1975. Can insects help to ease the problem of world food shortage? *Search* **6(7)**: 261-262.
- Meyer-Rochow VB, Hakko H. 2018. Can Edible Grasshoppers and Silkworm Pupae Be Tasted by Humans When Prevented to See and Smell These Insects? *Journal of Asia-Pacific Entomology* **21(2)**: 616–619.
- Mishyna M, Itzhak JJ, Chen J, Benjamin, O. 2019. Extraction, characterization and functional properties of soluble proteins from edible grasshopper (*Schistocerca gregaria*) and honey bee (*Apis mellifera*). *Food Research International* **116**: 697–706.
- Mishyna M, Chen J, Benjamin O. 2020. Sensory Attributes of Edible Insects and Insect-Based Foods – Future Outlooks for Enhancing Consumer Appeal. *Trends in Food Science & Technology* **95**: 141–148.
- Mlček J, Rop O, Borkovcova M, Bednarova 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(3)**: 147-157.
- 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* **3**: 518-524.
- Ondráčková L. 1925. Nejnovější ilustrovaná kuchařská kniha. Nakladatelství vlastní, Brno, Czechia.
- de Oliveira LM; da Silva Lucas A J; Cadaval CL; Mellado MS. 2017. Bread Enriched with Flour from Cinereous Cockroach (*Nauphoeta cinerea*). *Innovative Food Science & Emerging Technologies* **44**: 30–35.
- Ooninx DGAB & de Boer IJM. 2012 Environmental impact of the production of mealworms as a protein source for humans—a lifecycle assessment. *PLOS One* **7**: e51145.
- Ooninx DGAB, van Broekhoven S, van Huis A, van Loon JJA. 2015. Feed Conversion, Survival and Development, and Composition of Four Insect Species on Diets Composed of Food By-Products. *PLOS one* **14(10)**: e0222043.
- Parker J, & Johnston L. 2006. The proximate determinants of insect size. *Journal of Biology* **5(5)**: 15.
- Ramos-Elorduy J. 1997. Insects: A sustainable source of food?. *Ecology of Food and Nutrition* **36**: 2-4.
- 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(2)**: 100304.
- Roncolini A, Milanović V, Cardinali F, Osimani A et al. 2019. Protein Fortification with Mealworm (*Tenebrio Molitor* L.) Powder: Effect on Textural, Microbiological, Nutritional and Sensory Features of Bread. *PLOS One* **14(2)**: e0211747.
- Rosypal et al. 2003. *Nový přehled biologie* (1. vydání ed.). Scientia.
- Ruby M, Rozin P & Chan C. 2015. Determinants of willingness to eat insects in the USA and India. *Journal of Insects as Food and Feed* **1**: 215–225.
- Rumpold BA & Schlüter OK 2013 Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular and Nutritional Food Research* **57**: 802–823.
- Rupeš V. 2007. *Škůdci v domácnostech a boj proti nim*. Hermés, Prague.

- Schouteten JJ, de Steur H, de Pelsmaeker S et al. 2016. Emotional and sensory profiling of insect plant and meat based burgers under blind, expected and informed conditions. *Food Quality Preference* **52**: 27-31.
- Schabel HG. 2010. Forest insects as food: A global review. FAO Regional Office for Asia and the Pacific. Bangkok, Thailand.
- Siegrist M. 2008. Consumers' Willingness to Buy Functional Foods. The Influence of Carrier, Benefit and Trust. *Appetite* **51**: 526-529.
- Scienceworld 2022. Hmyz se dá jíst, a to nejen jako exotická kuriozita. Science World.cz Novinky ze světa vědy a techniky: technologie, neživá příroda, člověk, biologie [online]. Available from: <https://www.scienceworld.cz/biologie/hmyz-se-da-jist-a-to-nejen-jako-exoticka-kuriozita-6029/> (accessed 6. února 2023)
- Sosa DAT & Fogliano V. 2017. Potencial of insect-derived ingredients for food applications. In V. D. C. Schields (Ed.). *Insect physiology and ecology* (pp. 215–231).
- Spolek výrobců a zpracovatelů hmyzu – hmyz pro lidskou spotřebu (SVZH). 2022. Perspektivy chovu hmyzu – Spolek výrobců a zpracovatelů hmyzu. Available from: <http://svzh.cz/perspektivy-chovu-hmyzu/>. (accessed: 12. 04. 2023)
- Stanley DW & Tunaz H. 2009. An immunological axis of biocontrol: Infections in field-trapped insects. *The Science of Nature* **96**: 1115-9.
- The History of Herodotus – Volume 1,480-420 př.n.l., překlad G.C. Macaulay 1852-1915.
- Torres KS, Sampaio RF, Ferreir THB. et al. 2022. Development of cookie enriched with silkworm pupae (*Bombyx mori*). *Food Measure* **16**: 1540–1548.
- Tzompa-Sosa DA, Yi L, van Valenberg HJF, van Boekel MAJS & Lakemond CMM. 2014. Insect lipid profile: Aqueous versus organic solvent-based extraction methods. *Food Research International*, **62**:1087–1094.
- Ushakova NA, Brodskii ES, Kovalenko AA, Bastrakov et al. 2016. Characteristics of lipid fractions of larvae of the Black soldier fly *Hermetia illucens*. *Doklady Biochemistry and Biophysics*, **468**: 209–212.
- van Broekhoven S, Oonincx DGAB, van Huis A, van Loon JJA. 2015. Growth performance and feed conversion efficiency of three edible mealworm species (Coleoptera: Tenebrionidae) on diets composed of organic by-products. *Journal of Insect Physiology* **73**: 1-10.
- van Huis A, Van Itterbeeck J, Klunder Het al. 2013. *EdibleInsects: Future Prospects for Food and Feed Security*. Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome, Italy.
- van Huis A, Tomberlin JK. 2017. *Insects as food and feed: from production to consumption*. Wageningen Academic Press. Wageningen, Netherlands.
- van Kleef E, Trijp H, Luning P. 2005. Consumer research in the early stages of new product development: A critical review of methods and techniques. *Food Quality and Preference* **16**: 181-201.
- Verbeke W. 2015. Profiling consumers who are ready to adopt insects as a meat substitute in a Western society. *Food Quality and Preferences* **39**: 147-155.
- Wang YS & Shelomi M. 2017. Review of black soldier fly (*Hermetia illucens*) as animal feed and human food. *Foods* **6**(10): 91.
- Whitman D. 2008. The significance of body size in the Orthoptera: An review. *Journal of*

- Orthoptera research **17**(2): 117-134.
- Wilkinson K, Muhlhausler B, Motley Cet al. 2018. Australian Consumers' Awareness and Acceptance of Insects as Food. *Insects* **9**(2): 44.
- Worldometer 2022. Available from <https://www.worldometers.info/world-population/> (accessed March 2022).
- Xiang H, Liu X, Li M, Zhu YY, Wang L, Cui Y, et al. 2018. The evolutionary road from wild moth to domestic silkworm. *Nature Ecology & Evolution* **2**: 1268-1279.
- Xiaoming C, Feng Y., Zhang H, Chen Z. 2010. Review of the nutritive value of edible insects. *Forest Insects as Food: Humans Bite Back* **28**: 85-92.
- Yi L, Lakemond CMM, Sagis LMC, Eisner-Schadler V, van Huis A, van Boekel MA. 2013. Extraction and Characterisation of Protein Fractions From Five Insect Species. *Food Chemistry* **141**: 3341-3348.
- Yong HI, Kim TK, 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**: 521-540.
- Yotapan N, Charoenpakdee C, Wathanathavorn P. et al. 2014. Synthesis and optical properties of pyrrolidiny peptide nucleic acid carrying a clicked Nile red labe. *Journal of Organic Chemistry* **10**: 2166-2174.
- Zhao X, Vazquez-Gutierrez JL, Johansson DP, Landberg R & Langton M. 2016. Yellow mealworm protein for food purposes - extraction and functional properties, *PLOS One* **11**(2): e014779.

## **Zdroje směrníc**

- ISO 8586:2012. Sensory analysis — General guidelines for the selection, training and monitoring of selected assessors and expert sensory assessors, International Standardisation Organisation, Geneva, Switzerland, 28 p.
- ISO 8589:2007. Sensory analysis — General guidance for the design of test rooms, International Standardisation Organisation, Geneva, Switzerland, 16 p.
- ISO 13299:2016. Sensory analysis — Methodology — General guidance for establishing a sensory profile, International Standardisation Organisation, Geneva, Switzerland, 41 p.
- ISO 8587:2006. Sensory analysis — Methodology — Ranking, International Standardisation Organisation, Geneva, Switzerland, 21 p.
- ISO 5495:2005. Sensory analysis — Methodology — Paired comparison test, International Standardisation Organisation, Geneva, Switzerland, 21 p.