

**Univerzita Karlova v Praze
1. lékařská fakulta**

Specializace ve zdravotnictví
Nutriční terapie



Ing. Barbora Lampová

Jedlý hmyz ve výživě

Edible insects in nutrition

Bakalářská práce

Vedoucí závěrečné práce: Bc. Ing. Mgr. Diana Chrpová, Ph.D.

Praha, 2024

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracovala samostatně a že jsem řádně uvedla a citovala všechny použité prameny a literatury. Současně prohlašuji, že práce nebyla využita k získání jiného nebo stejného titulu.

Souhlasím s trvalým uložením elektronické verze mé práce v databázi systému meziuniverzitního projektu Theses.cz za účelem soustavné kontroly podobnosti kvalifikačních prací.

V Praze, 20. dubna 2024

BARBORA LAMPOVÁ

.....

Podpis

ABSTRAKT

Světová populace lidstva prudce roste a očekává se, že do roku 2050 dosáhne 9 miliard, což vede k zvýšené poptávce po potravinách. Jedním z hlavních globálních problémů je nedostatek kvalitních bílkovin. Konzumace jedlého hmyzu, známá jako entomofagie, je perspektivním řešením tohoto problému, poskytujícím nový zdroj bílkovin, tuků, vitaminů a minerálních látek. Tato alternativa může být ekologicky šetrnější než tradiční metody produkce potravin, přispívající k uspokojení rostoucích potřeb populace. Cílem této bakalářské práce bylo zjištění postojů a přístupu českých konzumentů k jedlému hmyzu a rovněž zjištění dostupnosti výrobků z jedlého hmyzu na českém trhu.

V rámci této práce bylo zjištěno, že značná část respondentů měla předchozí zkušenost s konzumací jedlého hmyzu. Téměř 90 % respondentů v rámci tohoto hodnocení jedlý hmyz ochutnalo, přičemž většina konzumaci jedlého hmyzu zopakuje. Konzumenti obecně nejvíce preferovali skrytou formu jedlého hmyzu, která byla následována kulinárně upraveným hmyzem ve viditelné podobě. Podstatným zjištěním bylo také to, že nikdo z oslovených respondentů se s produkty z jedlého hmyzu neseťkal v kamenné prodejně, což bylo také potvrzeno průzkumem trhu, který poukázal na absenci těchto produktů v běžných kamenných provozovnách obchodních řetězců. Internetový prodej je aktuálně hlavním kanálem pro nákup produktů z jedlého hmyzu v České republice.

Tento výzkum poukazuje na rostoucí zájem a otevřenost veřejnosti vůči konceptu konzumace jedlého hmyzu jako alternativního zdroje potravin pro budoucnost. Nicméně klíčovou výzvou zůstává zvýšení dostupnosti produktů z jedlého hmyzu v běžných kamenných prodejnách, aby se podpořila širší osvěta a přijetí tohoto nového zdroje potravin do budoucna.

Klíčová slova: entomofagie, udržitelnost, alternativní zdroj proteinu, potravinová neofobie, nové potraviny.

ABSTRACT

The world's human population is rapidly growing and is expected to reach 9 billion by 2050, leading to increased demand for food. One of the major global challenges is the lack of high-quality proteins. The consumption of edible insects, known as entomophagy, is a promising solution to this problem, providing a new source of proteins, fats, vitamins, and minerals. This alternative may be more environmentally friendly than traditional food production methods, contributing to meeting the growing needs of the population. The aim of this bachelor's thesis was to assess the attitudes and approach of Czech consumers towards edible insects, as well as to determine the availability of edible insect products in the Czech market. Within this research, it was found that a significant part of respondents had prior experience with consuming edible insects. Almost 90% of respondents in this evaluation had tried edible insects, with the majority willing to repeat insect consumption. Consumers generally preferred hidden forms of edible insects, followed by culinarily prepared visible forms of insects. An important finding was that none of the surveyed respondents had encountered edible insect products in brick-and-mortar stores, a fact confirmed by market research indicating the absence of these products in regular retail outlets. Currently, online sales are the primary channel for purchasing edible insect products in the Czech Republic. This research highlights a growing interest and openness among the public towards the concept of consuming edible insects as an alternative food source for the future. However, increasing the availability of edible insect products in brick-and-mortar stores remains a key challenge to promote wider awareness and acceptance of this new food source in the future.

Keywords: entomophagy, sustainability, alternative protein source, food neophobia, novel foods.

Poděkování

Touto cestou bych chtěla poděkovat vedoucí své bakalářské práce Bc. Ing. Mgr. Dianě Chrповé, Ph.D. za umožnění práce na tomto tématu, odborné rady, dohled a trpělivost. Rovněž bych chtěla velmi poděkovat své rodině, za psychickou oporu a podporu ve studiu. Obrovský dík pak patří mému příteli Jaroslavu Doubkovi.

Obsah

1. Úvod	8
2. Současný stav poznání	10
2.1. Entomofagie	10
2.2. Hlavní skupiny jedlého hmyzu.....	11
2.3. Konzumace jedlého hmyzu ve světě	13
2.3.1 Konzumace jedlého hmyzu v Asii	14
2.3.2 Konzumace jedlého hmyzu v Africe	15
2.3.3 Konzumace jedlého hmyzu v Austrálii.....	16
2.3.4 Konzumace jedlého hmyzu v Americe.....	16
2.3.5 Konzumace jedlého hmyzu v Evropě	17
2.4. Legislativa	18
2.5. Nutriční hodnota jedlého hmyzu	20
2.5.1 Energetická hodnota	20
2.5.2 Bílkoviny	21
2.5.3 Tuky	24
2.5.4 Sacharidy	27
2.5.5 Vitaminy	28
2.5.6 Minerální látky.....	29
2.6. Rizika spojená s konzumací jedlého hmyzu	30
2.6.1 Mikrobiologická rizika	31
2.6.2 Chemické kontaminanty	34
2.6.3 Antinutriční látky	36
2.6.4 Alergie a intolerance	36
2.7. Akceptace jedlého hmyzu evropskou populací	37
2.7.1 Akceptace jedlého hmyzu v České republice	39
2.8. Začlenění jedlého hmyzu do výživy lidí	40
2.8.1 Pekařské výrobky.....	40
2.8.2 Masné výrobky a náhražky masa.....	43
3. Použité metody	45
3.1. Dotazníkové šetření.....	45
3.1.1 Respondenti	45
3.1.2 Příprava vzorků.....	46

3.1.2.1. Chov jedlého hmyzu	46
3.1.2.2. Lačnění a usmrcení	47
3.1.2.3. Příprava mouky z moučného červa (<i>Tenebrio molitor</i>).....	47
3.1.2.4. Příprava perníkové buchtý s 15% přídavkem mouky z moučného červa.....	47
3.1.2.5. Příprava brownies s 15% přídavkem mouky z moučného červa	48
3.2. Průzkum trhu	48
4. Výsledky	50
4.1. Dotazníkové šetření.....	50
4.2. Průzkum trhu	64
5. Diskuze.....	67
5.1. Dotazníkové šetření.....	67
5.2. Průzkum trhu	71
6. Závěr.....	73
7. Seznam použité literatury	74

Seznam zkratk

Seznam grafů

Seznam tabulek

Seznam obrázků

Seznam příloh

1. Úvod

Světová populace v současnosti prudce roste a očekává se, že do roku 2050 dosáhne 9 miliard (Montowska a kol., 2019). Tento demografický trend vede k zvýšené poptávce po potravinách, což je jedním z hlavních globálních problémů, zejména pokud jde o zajištění dostatečného množství kvalitních bílkovin (Hawkey et al., 2021).

Jednou z perspektivních cest k řešení tohoto problému je konzumace jedlého hmyzu, známá jako entomofagie (Hermans et al., 2021). Hmyz představuje nový zdroj kvalitních bílkovin pro lidskou stravu. Kromě vysokého obsahu bílkovin je také bohatým zdrojem tuku, vitaminů a minerálních látek (Agbidye et al., 2009; van Huis, 2016). Tato možnost nejen pomáhá uspokojit rostoucí potřeby populace, ale může být také ekologicky šetrnější než tradiční metody produkce potravin (Oonincx et al., 2010).

Studie ukazují, že chov hmyzu může významně snížit emise skleníkových plynů spojených se živočišným zemědělstvím. Rovněž tvorba amoniaku při chovu hmyzu je podstatně nižší než u konvenčních hospodářských zvířat (Oonincx et al., 2010; Raheem et al., 2019b). Hmyz také potřebuje méně prostoru a krmiva než tradiční hospodářská zvířata (Alexander et al., 2017).

Tento ekologicky šetrný přístup k produkci bílkovin přináší naději na udržitelnou budoucnost potravinářského systému, zejména s ohledem na rostoucí světovou populaci a omezené zdroje (Ariëns et al., 2021; Oonincx et al., 2010). Začlenění konzumace jedlého hmyzu do každodenní stravy a průmyslových postupů může být klíčem k efektivnější, šetrnější a vyváženější produkci potravin (Oonincx et al., 2010).

Konzumace jedlého hmyzu je běžná v mnoha částech světa, především v Latinské Americe, Asii a Africe. Tato praxe je důležitým zdrojem živin pro obyvatele těchto oblastí a jedlý hmyz je často v těchto oblastech považován za specialitu (Feng et al., 2018; Patel et al., 2019; Raheem et al., 2019a).

Evropský přístup k jedlému hmyzu je zatím spíše negativní a často vyvolává znechucení a odpor, zejména kvůli absenci tradice jeho konzumace. Přesto však většina jedlých hmyzích druhů je býložravá a z hlediska hygieny často bezpečnější než jiné potraviny oblíbené v Evropě, jako jsou mořské plody nebo žáby. I přes snahy o začlenění hmyzu do evropské stravy dosavadní úsilí nedosáhlo očekávaných výsledků (Skotnicka et al., 2021). Studie zaměřené na akceptaci jedlého hmyzu mezi evropskými spotřebiteli ukázaly, že tuto přijatelnost ovlivňují demografické a kulturní faktory. Muži obecně lépe tolerují konzumaci hmyzu než ženy, stejně jako mladší lidé ve věku 20 až 40 let

a jedinci s vyšším vzděláním. Městská populace je také otevřenější k myšlence konzumace hmyzu než obyvatelé venkova. Zkušenost s konzumací hmyzu v minulosti má tendenci zvyšovat ochotu konzumovat ho i v budoucnu (Mina et al., 2023; Skotnicka et al., 2021).

I přes environmentální výhody spojené s konzumací hmyzu není udržitelnost dostatečně silným argumentem pro jeho přijetí mezi spotřebiteli. Nedostatek informací o nutričních a environmentálních výhodách hmyzu může ovlivňovat nízkou přijatelnost tohoto typu potravin. Zvýšení povědomí a poskytování přesných informací může přispět ke zvýšení jeho akceptace (Fischer, 2021; Ribeiro et al., 2022).

Tržní strategie se v současné době zaměřuje na transformaci hmyzu do podoby známých potravin, jako jsou hamburgery, chléb, sušenky a další. Tento přístup má snížit odpor spojený s estetickými a psychologickými faktory a zvýšit akceptaci jedlého hmyzu v evropské stravě (Mancini et al., 2022).

Kromě zpracování hmyzu do známých potravin je důležité zvýšit dostupnost jedlého hmyzu v restauracích a supermarketech, což by umožnilo spotřebitelům snadněji seznámit se s tímto typem potravin a zvýšit jejich důvěru v tyto produkty. V České republice se za poslední dekádu zvyšuje povědomí o jedlém hmyzu a zájem o něj roste. Přesto však stále existuje potenciál pro zvýšení jeho akceptace prostřednictvím osvěty a nabídky více dostupných produktů s obsahem jedlého hmyzu (Mina et al., 2023).

Literární část práce se zaměřuje na několik klíčových oblastí spojených s entomofagií. Zabývá se hlavními skupinami jedlého hmyzu, nutriční hodnotou, legislativou spojenou s konzumací jedlého hmyzu, riziky, která jsou s konzumací jedlého hmyzu spojená, akceptací jedlého hmyzu jak v Evropě obecně, tak v České republice. Nakonec se zaměřuje na možnost začlenění jedlého hmyzu do lidské výživy. Praktická část práce se pak zaměřuje na analýzu postojů a přístupu českých konzumentů k jedlému hmyzu. Rovněž se zabývá dostupností výrobků z jedlého hmyzu na českém trhu.

2. Současný stav poznání

2.1. Entomofagie

Světová populace v současné době rychle roste a odhaduje se, že do roku 2050 dosáhne 9 miliard (Montowska et al., 2019). S tímto demografickým trendem rovněž souvisí nárůst poptávky po potravinách, což představuje jednu z globálních výzev, zejména pokud jde o zajištění dostatečného přísunu kvalitních bílkovin (Hawkey et al., 2021). Bílkoviny jsou klíčovým prvkem pro tvorbu a obnovu tkání a také pro optimální fungování lidského metabolismu. Aby byla zajištěna globální dostupnost bílkovin, je nezbytné hledat nové zdroje této živiny (Ariëns et al., 2021).

Jednou z perspektivních cest v řešení této problematiky je konzumace jedlého hmyzu, známá též jako entomofagie (Hermans et al., 2021). Hmyz nabízí potenciál jako nový zdroj kvalitních bílkovin pro lidskou výživu. Tato možnost nejen pomůže uspokojit rostoucí potřeby populace, ale může být také ekologicky udržitelnější alternativou v porovnání s tradičními způsoby produkce potravin (Oonincx et al., 2010).

Výzkumy ukazují, že chov hmyzu může výrazně snížit emise skleníkových plynů spojené s živočišným zemědělstvím. Oonincx et al. (2010) zjistili, že druhy hmyzu, jako *Pachnoda marginata*, *Tenebrio molitor*, *Blaptica dubia*, *Acheta domesticus* a *Locusta migratoria*, vykazují mnohem nižší emise metanu ve srovnání s konvenčními hospodářskými zvířaty. Například produkce metanu u hmyzu se pohybuje mezi 0,01 a 0,16 g/kg tělesné hmotnosti/den, zatímco u hovězího skotu dosahuje hodnoty 0,239 g/kg tělesné hmotnosti/den. Stejně tak produkce amoniaku u hmyzu, jako jsou *Acheta domesticus*, *Locusta migratoria* a *Blaptica dubia*, je podstatně nižší (3,0–5,4 mg/kg tělesné hmotnosti/den) ve srovnání s konvenčními hospodářskými zvířaty (4,8–75 mg/kg tělesné hmotnosti/den u prasat a 14–170 mg/kg tělesné hmotnosti/den pro skot) (Oonincx et al., 2010; Raheem et al., 2019b).

Hmyz také potřebuje pro svůj chov mnohem menší prostor a rovněž vyžaduje méně krmiva než konvenční hospodářská zvířata (Alexander et al., 2017). Například se uvádí, že pro produkci 1 kg masa je zapotřebí 10 kg krmiva u hovězího masa, 5 kg u vepřového masa a 2,5 kg u kuřecího masa (Kauppi et al., 2019). Dále je uváděno, že na výrobu 1 kg domácího cvrčka je třeba pouze 1,7 kg krmiva. Tato skutečnost podtrhuje ekonomičnost a efektivnost chovu hmyzu v kontextu potravinové produkce (Collavo et al., 2005).

Tento ekologicky šetrný přístup k produkci bílkovin nabízí naději na udržitelnou budoucnost potravinového systému, zvláště s ohledem na rostoucí světovou populaci

a omezené zdroje (Ariëns et al., 2021; Oonincx et al., 2010). Integrace konzumace jedlého hmyzu do stravovacích návyků a průmyslových postupů může být klíčovým krokem směrem k efektivnější, šetrnější a vyváženější potravinové produkci (Oonincx et al., 2010).

Konzumace jedlého hmyzu je rozšířená v mnoha částech světa, s největším výskytem v oblastech Latinské Ameriky, Asie a Afriky. Tato praxe je významným zdrojem živin pro obyvatele těchto regionů a často je považována za lahůdku (Feng et al., 2018; Patel et al., 2019; Raheem et al., 2019a).

I přes historické zmínky o konzumaci hmyzu, témata spojená s entomofagií začala přitahovat celosvětovou pozornost teprve nedávno, a to potom, co v roce 2013 Organizace pro výživu a zemědělství (FAO) zveřejnila dokument s názvem "Jedlý hmyz: Budoucí perspektivy potravinové a nutriční bezpečnosti" (FAO, 2012).

V současné době se odhaduje, že až 33 % konzumovaných bílkovin bude do roku 2054 pocházet z alternativních zdrojů, což by představovalo 311 milionů metrických tun alternativního proteinu (Raheem et al., 2019b). Tento trend je dále podporován rostoucí poptávkou po jedlém hmyzu, který stoupá díky přechodu k potravinám s vysokým obsahem bílkovin. Očekává se, že obchod s jedlým hmyzem vzroste do konce roku 2026 o 47 %, přičemž trh překročí 1,5 miliardy amerických dolarů. S potenciálním uplatněním cílenějšího výzkumu a příznivější regulace může chov hmyzu představovat nejen ekonomický růst, ale také pomoc pro populace trpící nedostatkem potravin (Anusha & Negi, 2022; Stull & Patz, 2020).

2.2. Hlavní skupiny jedlého hmyzu

Odhaduje se, že na světě existuje asi 5,5 milionu druhů hmyzu a pouze 1 milion z nich byl popsán (Stork, 2018). Většina z těchto druhů je prospěšná: produkují med a hedvábí a poskytují ekologické služby, jako je opylování, rozklad, recyklace a biologická kontrola škůdců prostřednictvím parazitoidů a predátorů. Pouze 5 000 (méně než 0,1 %) je považováno za škodlivé pro lidi, divoká zvířata, domácí zvířata a rostliny (van Lenteren, 2006). Pokud jde o druhy jedlého hmyzu, celosvětově se eviduje více než 2100 druhů, z nichž většina se vyskytuje v tropických oblastech. Tato bohatá diverzita se dělí do různých kategorií, zahrnujících brouky (31 %), housenky (17 %), mravence, včely a vosy (15 %), kobylky (13 %), štěnice (11 %), vážky (3 %), termity (3 %), šváby (2 %), pavouky (1 %) a další méně čítné skupiny (2 %) (viz **Tabulka 1**) (Jongema, 2017).

Tabulka 1: Nejčastěji konzumované druhy jedlého hmyzu ve světě (Jongema, 2017)

Skupina hmyzu	Řád	Počet druhů	Počet zaznamenaných druhů jedlého hmyzu	Procento zaznamenaných druhů jedlého hmyzu ve skupině
Brouci	Coleoptera	370000	659	31,2
Housenky	Lepidoptera	165000	362	17,1
Mravenci, včely, vosy	Hymenoptera	198000	321	15,2
Kobylky, sarančata, cvrčci	Orthoptera	20000	278	13,2
Ploštice	Hemiptera	82000	237	11,2
Vážky	Odonata	5500	61	2,9
Termiti	Isoptera	2750	59	2,8
Mouchy	Diptera	122000	37	1,8
Švábi	Blattodea	4000	37	1,8
Pavouci	Araneae	40000	15	0,7
Další	-	>33164	45	2,1

V současné době patří mezi nejběžněji chované druhy hmyzu určené pro lidskou spotřebu několik skupin, z nichž některé jsou oblíbené, především v oblastech s tropickým klimatem, kde jsou běžně považovány za součást místní kuchyně nebo tradiční stravy. Mezi významné patří brouci a mezi ně tři druhy brouků z čeledi *Tenebrionidae*, a to potěmník moučný (*Tenebrio molitor*), potěmník stájový (*Alphitobius diaperinus*) a potěmník brazilský (*Zophobas morio*) (Meiselman, 2020).

Kulturní stravování také zahrnuje cvrčky, kobylky a koníky. Nejčastěji chovaným cvrčkem je cvrček domácí (*Acheta domestica*). Nicméně i další druhy cvrčků jsou považovány za potenciální zdroj potravy, jako je cvrček krátkokřídlý (*Grylloides sigillatus*) a cvrček dvojskvrtný (*Gryllus bimaculatus*). Mezi další populární hmyz pro konzumaci patří saranče stěhovavá (*Locusta migratoria*) a saranče pustinná (*Schistocerca gregaria*), které jsou chovány speciálně pro lidskou spotřebu a jsou akceptovány také v rámci stravy muslimů a židů (Egonyu et al., 2021; Meiselman, 2020).

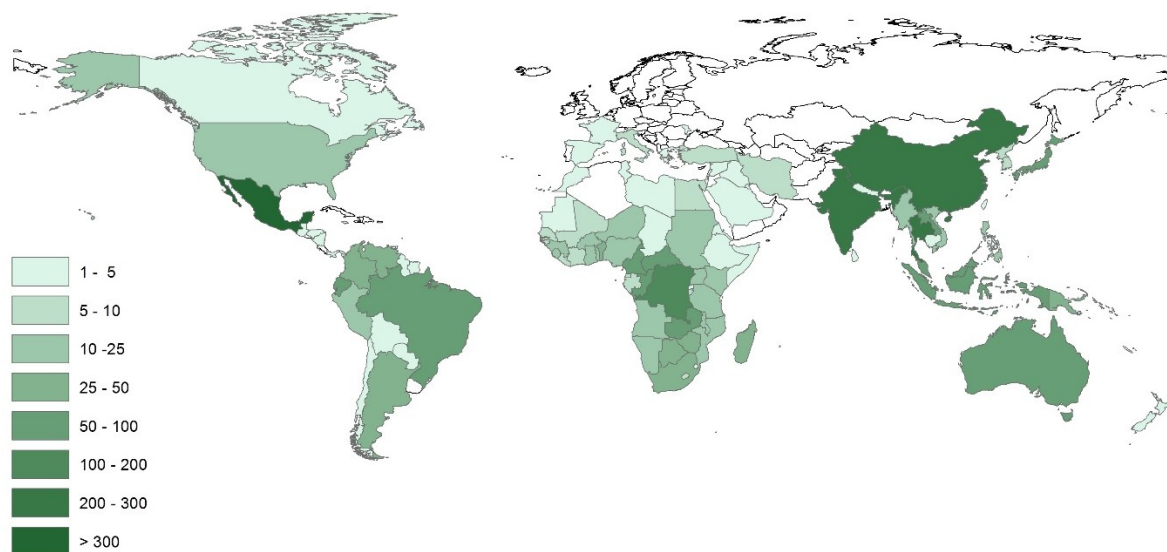
Rozmanitost jedlých hmyzích druhů zahrnuje také housenky, přičemž někteří je považují za delikatesu. Mezi ně patří větší zavíječ voskový (*Galleria mellonella*). Dále jsou využívány kukly hedvábníků, například druhu bourec morušový (*Bombyx mori*) (Meiselman, 2020).

Zajímavou kategorií jsou také včely a vosy. Například v centrální oblasti Japonska je vosa *Vespula flaviceps* považována za sezónní pochoutku, kterou lze chytit na divoko, ale také se dá chovat v domácím prostředí. Dokonce existuje kuchařka založená na využití vosích samců a v této souvislosti jsou využíváni i samci včel (Meiselman, 2020; Nonaka et al., 2010).

2.3. Konzumace jedlého hmyzu ve světě

Dlouholeté tradice konzumace hmyzu sahají do historie původních kultur v Asii, Jižní Americe, Africe a Evropě, jak dokládá studie od Raheema et al. (2019a). Celosvětově se konzumuje přibližně 2100 druhů hmyzu ve více než 113 zemích (Kim et al., 2019; Yen, 2009). Rozšíření jedlého hmyzu napříč jednotlivými státy je znázorněno na **Obrázku 1**. Tropické a subtropické oblasti, včetně Zimbabwe, Mexika, Thajska, Japonska a Číny, se staly známými regiony, kde je konzumace hmyzu běžná a současně významně utváří místní stravovací návyky (Raheem et al., 2019a).

V průzkumu trhu v Bangkoku například identifikovali 164 druhů hmyzu prodávaných k jídlu (Yhoung-aree, 2010). V afrických zemích, konkrétně v Zimbabwe, Zambii a Nigérii, je jedlý hmyz běžně dostupný nejen na trzích, ale také ve školních jídelnách, což představuje ziskový obchod (Mutungi et al., 2019). Některé druhy hmyzu jsou dokonce oceněny pro své výjimečné chuťové vlastnosti a nacházejí uplatnění ve vybraných restauracích vysoce postavených gastronomických kruhů (Kim et al., 2019).



Obrázek 1: Počty zaznamenaných druhů jedlého hmyzu v jednotlivých zemích světa (Jongema, 2017)

2.3.1 Konzumace jedlého hmyzu v Asii

V Asii je entomofagie běžnou praxí v mnoha zemích. Podle Ramose-Elorduye (2005) se v asijských zemích konzumuje 349 druhů hmyzu. Spotřeba hmyzu však klesá, ačkoli se jedná o země s dlouhou tradicí entomofagie, a to zejména kvůli posunu stravovacích návyků směrem k více západnímu typu stravy a urbanizaci (Ramos-Elorduy, 2005; van Huis, 2013). Výjimkou jsou části jihovýchodní Asie. Nicméně jedlý hmyz hraje v některých oblastech Asie stále velmi důležitou roli zejména v období dešťů, kdy je problematický lov zvěře nebo ryb (Raheem et al., 2019a).

V Číně má entomofagie více než 3000letou tradici, přičemž běžně se konzumuje 178 druhů hmyzu z 96 rodů, 53 čeledí a 11 řádů (Chen, 2009). Hmyz je konzumován v různých formách, od vajíček po dospělé, s přípravou zahrnující smažení, dušení, vaření nebo jiné metody (Feng et al., 2018). Čínské ministerstvo zdravotnictví rovněž zařadilo kukly bource morušového mezi nové potravinové zdroje, což zvedlo vědecký zájem o toto téma.

Entomofagie v Japonsku klesá, ale v horských oblastech na podzim se stále hmyz běžně konzumuje. Nejoblíbenějším jedlým hmyzem je kobylka *Oxya yezoensis* nebo *Oxya japonica*. Kobylky jsou sbírány na rýžových polích, ale kvůli používání pesticidů jejich populace klesá (Payne, 2015). Larvy vos žlutých (*Vespula* a *Dolichovespula* spp.), známé jako hebo, jsou běžně konzumovány během festivalu Hebo a dokonce se musí dovážet z Austrálie a Vietnamu, aby uspokojily poptávku (Raheem et al., 2019a).

Laos má jedno z nejvyšších procent obyvatel, kteří pravidelně konzumují hmyz (Boulidam et al., 2010). Oblíbeným jedlým hmyzem jsou larvy a kukly mravenců, vosy, bambusové housenky, cvrčci, kobylky a cikády. Většina hmyzu se tradičně sbírá v divočině, a místní lidé mají bohaté znalosti o správném sběru a řízení zdrojů hmyzu (Raheem et al., 2019a).

Thajsko hlásí 194 druhů jedlého hmyzu, z nichž nejvíce patří mezi brouky. Venkovské komunity, zejména v severním a severovýchodním Thajsku, mají bohatou kulturní historii konzumace hmyzu, což souvisí s omezením běžnějších zdrojů bílkovin. Housenka bambusová je oblíbená a propagovaná thajským ministerstvem lesnictví. V severním a severovýchodním Thajsku je zase tradiční praktikou sběr mravenců. Konzumace jedlého hmyzu je zde navíc doporučována thajským ministerstvem zdravotnictví, a to zejména ve venkovských komunitách (Raheem et al., 2019a; Yhoun-aree, 2010).

Ve Vietnamu je entomofagie součástí kultury, ačkoliv o této praxi existuje málo publikací. Cvrčci, včelí larvy a bource morušového jsou mezi nejčastěji konzumovanými druhy hmyzu (Raheem et al., 2019a).

2.3.2 Konzumace jedlého hmyzu v Africe

Jedlý hmyz hraje významnou roli v potravinářské kultuře Afriky, ve které se stává stále důležitějším zdrojem potravy a bílkovin. Poptávka po jedlém hmyzu v Africe roste především proto, že živočišné bílkoviny jsou stále dražší a vzácnější. Nejoblíbenějšími druhy jsou housenky a termiti, ale rozmanitost zahrnuje i jiné řády, jako jsou Lepidoptera, Orthoptera a Coleoptera. Celkem zde existuje více než 1500 druhů jedlého hmyzu, což podtrhuje význam entomofagie v potravinářském systému (Kelemu et al., 2015).

Každá africká země má své vlastní entomofagické zvyky, a rozdíly lze pozorovat dokonce mezi regiony ve stejné zemi. Velmi oblíbené jsou však sarančata a nejružnější druhy kobylek. Sarančata i kobylky se obvykle sbírají ráno, když jsou teploty nižší. V té době je tento chladnokrevný hmyz méně pohyblivý (Raheem et al., 2019a).

V Nigeru není neobvyklé najít kobylky na prodej na místních trzích nebo prodávané jako občerstvení na okrajích silnic. Bohužel vzhledem k jejich statusu zemědělských škůdců mohly být kobylky postříkány insekticidy farmáři nebo v rámci vládních kontrolních programů.

Nigérie se vyznačuje bohatstvím lesního jedlého hmyzu díky ekologické a klimatické rozmanitosti. Zde se konzumuje minimálně 22 druhů hmyzu (Alamu et al., 2013). Z těchto druhů 27,3 % tvoří můry (Lepidoptera), 27,3 % brouci (Coleoptera), 22,7 % kobylky a cvrčci (Orthoptera), 13,6 % termiti (Isoptera), a 9,0 % včely a vosy (Hemiptera a Hymenoptera). Jedlý hmyz v Nigérii je vysoce ceněný, vyhledávaný a neslouží pouze k odvrácení hladu (Agbidye et al., 2009).

Ghana má zdokumentováno devět druhů jedlého hmyzu, z nichž každý má svůj význam ve stravovací kultuře. Termiti, larvy nosatce palmového a cvrčci patří mezi nejčastěji konzumované druhy, přičemž preference mohou variabilně odrážet kulturní odlišnosti v různých regionech země (Anankware et al., 2016).

Ve Středoafričské republice se odhaduje konzumace 96 druhů hmyzu, s převahou kobylek a housenek. Tato diverzita svědčí o pestrosti jedlých hmyzích zdrojů v region (Raheem et al., 2019a).

V Ugandě dominují ve stravě termiti a kobylky, přičemž především termiti zaujímají významné místo v jídelníčku obyvatelstva (Anankware et al., 2015).

Celkově lze konstatovat, že jedlý hmyz je v Africe důležitým a rozmanitým prvkem potravinové kultury, který přináší výhody v oblasti výživy a udržitelnosti potravinářského systému.

2.3.3 Konzumace jedlého hmyzu v Austrálii

Během posledních 200 let došlo mezi australskými domorodci k poklesu entomofagie v důsledku rostoucí adopce evropských stravovacích návyků, změn ve společenských strukturách a demografickým změnách. I přesto, že není entomofagie mezi nedomorodými Australany běžná, zaznamenává se v posledních několika letech opět vzrůstající zájem, a to především díky turismu a rozvoji kuchyně založené na původních potravinách (Yen et al., 2010),

I když lze entomofagii mezi domorodci považovat za tradiční praxi, mnoho jedlého hmyzu je v Austrálii legislativně kategorizováno jako nová potravina. Systém regulace potravin rozděluje hmyz do tří hlavních skupin: tradiční potravina; netradiční potravina, která není nová; nebo povolená nová potravina. Mezi jedlý hmyz uvedený v kategorii netradičních/nenových potravin patří *Zophobas morio* (potemník brazilský), *Achaeta domestica* (cvrček domácí) a *Tenebrio molitor* (moučný červ). Pro všechny ostatní druhy hmyzu je vyžadováno výhradní povolení od Food Standards Australia and New Zealand, pokud chtějí být prodávány jako potraviny nebo přísady (Sogari et al., 2019).

2.3.4 Konzumace jedlého hmyzu v Americe

Americký kontinent byl před kolonizací domovem mnoha různorodých kmenů původních obyvatel, a pro některé z nich byl jedlý hmyz důležitou součástí každodenního života. Amerika představuje zajímavý přechod mezi odlišnými klimatickými podmínkami, což ovlivňuje dostupnost a tradiční použití hmyzu v potravinách.

Severní Amerika má bohatou historii konzumace jedlého hmyzu, sahající až do éry předkolonizace. Domorodé znalosti o konzumaci hmyzu byly klíčové pro přežití raných osadníků (Larouche et al., 2023). Na tomto území, za 45. rovnoběžkou, což je polovina cesty mezi rovníkem a severním pólem, podléhá prostředí velkým teplotním rozdílům, což ovlivňuje typy hmyzu dostupné pro konzumaci (Shockley et al., 2018).

Ve Spojených státech amerických se postupně zvyšuje přijatelnost hmyzu jako potravy, přičemž různé etnické skupiny, včetně Američanů evropského původu, začínají integrovat hmyz do svých jídelníčků. Ačkoli se náklady každoročně snižují, stále jsou překážkou v překonání relativní výhody jedlému hmyzu. Cena cvrččí mouky se v současné

době pohybuje od 32 do 45 USD za libru (tedy za 0,454 kg). Překonání výzev spojených s masovým přijetím hmyzu vyžaduje nejen inovace a snížení nákladů, ale také změnu ve vnímání potravy a její role ve společnosti (Hunts et al., 2020).

Při cestě směrem k jihozápadu Spojených států, kde podnebí přechází do polosuchého nebo pouštního, se mění nejen krajinná podoba, ale i tradice konzumace hmyzu. Západní pobřeží s klimatem podobným Středozevnímu moři znamená odlišnou paletu hmyzu, ovlivněnou dostupností a preferencemi místních komunit (Shockley et al., 2018).

Mexiko, nacházející se na obratníku Raka, spadá do tropů a subtropů. Tradiční mexická kuchyně je bohatá na jedlý hmyz, a je jedním ze světových lídrů v konzumaci s více než 300 známými druhy hmyzu, které se běžně konzumují (Jongema, 2017; Ramos-Elorduy, 2009). Většina z těchto druhů pochází ze suchozemských ekosystémů a několik druhů z vodních ekosystémů. Všechny tyto druhy jsou sbírány v různých stádiích jejich biologického vývoje (vajíčka, larvy, nymfy a dospělci). V Mexiku je tedy hlášeno 13 řádů: Coleoptera, Lepidoptera, Hemiptera, Diptera, Hymenoptera, Orthoptera, Homoptera, Ephemeroptera, Odonata, Trichoptera, Anoplura, Isoptera a Megaloptera. Mezi řády s větší spotřebou patří Coleoptera, Himenoptera, Ortopteros a Lepidoptera. Oaxaca, jeden z mexických států, vyniká jako oblast s vysokou konzumací hmyzu, ve kterém jsou nejprodávanější lokusty, červi a mravenčí vajíčka (Shockley et al., 2018).

Celkově lze konstatovat, že příběh jedlého hmyzu na Americkém kontinentu je komplexním spojením historie, kultury a ekologie, které se vyvíjí od severu k jihu, reflektující geografické, klimatické a kulturní odlišnosti regionů (Hunts et al., 2020).

2.3.5 Konzumace jedlého hmyzu v Evropě

V současné době v západních společnostech, kde bílkoviny stále pocházejí z velké části z domestikovaných zvířat a bílkovinných semen (luštěniny), je hmyz prakticky synonymem pro obtěžování. Komáři a mouchy pronikají do domovů, zanechávají za sebou nežádoucí kousnutí, termity ničí dřevěné majetky, a některý hmyz končí v jídle, čímž spouští faktor znechucení. Určitý hmyz je také přenašečem nemocí, jako je moucha domácí, která může zachytit infekční agens na vnější straně svého těla a přenést ho do potravy. To může být jedním z důvodů, proč v západních společnostech odmítá lidstvo přijmout jedlý hmyz (van Huis, 2013; Yen, 2009).

Pocit znechucení vůči entomofagii také přispívá k mylné představě, že entomofagie v rozvojovém světě je vyvolána pouze hladověním. Nicméně, na rozdíl od této představy,

hmyz je často konzumován jako pochoutka a není nutričně horší než jiné zdroje bílkovin, jako jsou ryby, kuřecí a hovězí maso (Raheem et al., 2019b; van Huis, 2013).

V uplynulém desetiletí začalo mnoho podnikatelů a společností aktivně produkovat jedlý hmyz. V Evropě byl sektor produkce hmyzu zpočátku založen na malých a středních startupech, které se zabývaly chovem hmyzu především pro krmivářský průmysl. V dnešní době je již situace odlišná a na evropském trhu s jedlým hmyzem lze nalézt jak provozovatele krmivářských podniků, tak provozovatele potravinářských podniků (Halloran et al., 2018; Kim et al., 2019).

Podle informačních listů trhu se předpokládá, že se trh s jedlým hmyzem v Evropě odhadem zvětší z 500 tun (rok 2019) na 260 000 tun do roku 2030. Více než 75 % tohoto objemu budou tvořit práškové hmyzí přísady. Většina potravinářských podniků se hmyzem se soustředí v severní Evropě, s převažujícími pozicemi Velké Británie, Německa a Belgie, následovanými Nizozemskem, Francií, Finskem a Dánskem. Někteří autoři dokonce označují Nizozemsko za evropské „centrum“ raného výzkumu spojeného s lidskou konzumací hmyzu v první dekádě 21. století (Kim et al., 2019; Pippinato et al., 2020).

Stále se zvyšující informovanost spotřebitelů o jedlém hmyzu také zvyšuje ochotu platit za potraviny na bázi hmyzu. Propagační úsilí o zvýšení expozice a zlepšení chuti a vzhledu bylo úspěšné ve snižování negativního vnímání jedlého hmyzu v některých západních zemích. V Belgii například spotřebitelé stále více přijímají hmyz jako vynikající zdroj potravy. Pro dosažení vyšší akceptace je klíčové zdůrazňovat sociální, praktické a kontextové faktory ovlivňující spotřebu potravin (House, 2016).

2.4. Legislativa

Zabezpečení bezpečnosti konzumace jedlého hmyzu vyžaduje účinnou podporu ze strany legislativního rámce, jenž definuje a upravuje normy a postupy pro jeho uvádění na trh a konzumaci. Hmyz musí být povolen na trhu přesně stejným způsobem jako konvenční potravinářské produkty a musí podléhat stejným regulačním požadavkům, které platí pro všechny typy potravin. Obecné principy potravinového práva se vztahují na uvedení výrobků s obsahem hmyzu na trh. Ty zahrnují dodržování správné hygienické praxe, sledovatelnost, povinné označování a implementaci samokontrolních systémů v souladu s principy HACCP (Systém analýzy rizika a stanovení kritických kontrolních bodů). V Evropě byl hmyz jako nová potravina zařazen do regulačního rámce nařízením 2015/2283 (Okere, 2023; Raheem et al., 2019b).

Vlivem faktorů, jako je kultura a zejména původ africké přistěhovalecké populace, se v některých evropských zemích, jako jsou Nizozemsko, Belgie a Francie, může vyvinout větší tolerance vůči konzumaci jedlého hmyzu. V souladu s tím poskytuje Evropská unie (EU) jednotlivým členským státům pravomoc rozhodovat o vlastních postupech v této oblasti (Okyere, 2023; Raheem et al., 2019b).

Evropská unie současně usiluje o objevování a podporu nových potravinových zdrojů, jako je hmyz, které jsou šetrné k životnímu prostředí. Avšak, tato snaha o inovace je vyvážena zohledňováním regulačního prostředí, jehož cílem je chránit spotřebitele před riziky spojenými s novými potravinářskými produkty (EFSA, 2016; Raheem et al., 2019b).

Uvádění jedlého hmyzu na trh je ošetřeno následujícími legislativními opatřeními: Zásada obecného potravinového práva (Reg. 178/2002) zakazující uvádět potraviny na trh, pokud nebyly předem označeny za bezpečné, Nařízení o hygieně potravin (Reg. 852/2004) definující obecné požadavky na bezpečnost, hygienu a sledovatelnost potravin a Nařízení o potravinách nového typu (NF) (Reg. 2015/2283). Za potravinu nového typu je podle Nařízení 2015/2283 považována jakákoli potravina, která nebyla "významně" konzumována před květnem 1997 (Raheem et al., 2019b).

Tato kategorie zahrnuje nové potraviny, potraviny z nových zdrojů, nové látky používané v potravinách stejně jako nové způsoby a technologie výroby potravin. Příklady zahrnují zemědělské produkty ze třetích zemí (např. semena chia), olej bohatý na n-3 polyenové mastné kyseliny z antarktického krilu, oleoresin bohatý na astaxantin z řas *Haematococcus pluvialis* nebo zmíněný jedlý hmyz. Nové potraviny, dříve nazývané Potraviny nového typu, podléhají schválení před uvedením na trh. Posouzení bezpečnosti může provést orgán pro posuzování potravin členského státu nebo Evropský úřad pro bezpečnost potravin (EFSA, 2024).

Nařízení o potravinách nového typu (2015/2283), vstoupilo v platnost 1. ledna 2018. Toto nařízení představuje krok k jasnějšímu, jednoduššímu a efektivnějšímu povolovacímu řízení, které je plně centralizované v rámci EU. Mělo by tak umožnit bezpečné inovativní potraviny, které mají být uváděny na trh EU rychleji, aniž by byla ohrožena vysoká úroveň veřejného zdraví (EU, 2015).

V současné době jsou na českém trhu schváleny k používání následující druhy hmyzu v příslušných úpravách: zmrazené, sušené a práškové formy moučných červů (larev) potměníka moučného (*Tenebrio molitor*), zmrazené, sušené a práškové formy druhu saranče stěhovavá (*Locusta migratoria*), zmrazené, sušené a práškové formy cvrčka domácího (*Acheta domestica*), částečně odtučněný prášek z cvrčka domácího (*Acheta domestica*),

zmrazené, kašovitě, sušené a práškové formy potemníka stájového (*Alphitobius diaperinus*) (SZPI, 2023).

2.5. Nutriční hodnota jedlého hmyzu

Hmyz vyniká svou vysokou nutriční hodnotou a tento názor je podporován studiemi, které obecně označují jedlý hmyz za dobrý zdroj bílkovin, tuků, vitaminů a minerálních látek (Agbidye et al., 2009; van Huis, 2016). Kompilace 236 dosud publikovaných složení živin jedlého hmyzu ukázala, že hlavními složkami jsou bílkoviny a tuky, dále vláknina, bezdusíkový extrakt (hodnota představující jiné sacharidy než vlákninu) a popel (Rumpold & Schlüter, 2015).

Nutriční hodnota jedlého hmyzu je komplexně ovlivněna řadou faktorů, které jsou klíčové pro jeho celkový profil. Druh hmyzu hraje významnou roli, protože různé druhy mohou obsahovat odlišná množství bílkovin, tuků a dalších živin. Tato diverzita nutričních hodnot mezi druhy hmyzu podtrhuje důležitost výběru konkrétních druhů při zkoumání jejich potenciálu jako potravního zdroje. Různá stadia vývoje, ať už se jedná o larvu nebo dospělce, mohou výrazně ovlivnit složení základních živin (Jantzen da Silva Lucas et al., 2020; van Huis, 2013).

Původ a prostředí, ve kterém hmyz roste a žije, jsou dalšími klíčovými determinanty jeho stravy, což dále ovlivňuje nutriční složení. Různé druhy hmyzu preferují různé druhy potravy, což může výrazně ovlivnit obsah bílkovin, tuků a dalších živin (Kulma et al., 2021).

Zajímavé je, že také pohlaví hmyzu může být dalším faktorem ovlivňujícím jeho nutriční hodnotu. Některé studie naznačují, že samice a samci mohou mít rozdílné složení. Tato variabilita může být spojena s biologickými rozdíly mezi pohlavími (Kulma et al., 2019).

V neposlední řadě má zpracování před konzumací, jako jsou techniky sušení, vaření nebo smažení, významný dopad na dostupnost a stabilitu živin v jedlém hmyzu (FAO, 2013). Tento proces může ovlivnit biologickou dostupnost živin a mít vliv na celkovou nutriční hodnotu. Celkově lze konstatovat, že kombinace těchto faktorů vytváří rozmanitost nutriční hodnoty jedlého hmyzu.

2.5.1 Energetická hodnota

Energetická hodnota jedlého hmyzu je podstatně ovlivněna jeho složením, přičemž klíčovým faktorem je obsah tuku. Larvy nebo kukly bývají obvykle bohatším zdrojem

energie ve srovnání s dospělci. Naopak, hmyz s vysokým obsahem bílkovin často vykazuje nižší energetickou hodnotu (Kouřimská & Adámková, 2016). V rámci výzkumu provedeném Ramos-Elorduy et al. bylo analyzováno 78 druhů hmyzu ze 23 čeledí na obsah hlavních nutrientů a energetické hodnoty. V této studii byla zjištěna energetická hodnota analyzovaných druhů hmyzu v rozmezí od 293 do 762 kcal na 100 g sušiny (Ramos-Elorduy et al., 1997). **Tabulka 2** uvádí energetickou hodnotu vybraných druhů jedlého hmyzu, vyjádřenou v kcal na 100 g čerstvé hmotnosti (FW).

Tabulka 2: Energetická hodnota vybraných druhů hmyzu (Kouřimská & Adámková, 2016).

Český název	Latinský název	Stádium vývoje	Lokalita	Energie (kcal/100 g FW)
saranče tlustá	<i>Chortoicetes terminifera</i>	Dospělec	Austrálie	499
mravenec krejčík	<i>Oecophylla smaragdina</i>	Dospělec	Austrálie	1272
potemník moučný	<i>Tenebrio molitor</i>	Larva	USA	206
potemník moučný	<i>Tenebrio molitor</i>	Dospělec	USA	138
mravenec Atta	<i>Atta mexicana</i>	Dospělec	Mexiko	404
cvrček dvojskvrnný	<i>Gryllus bimaculatus</i>	Dospělec	Thajsko	120
kobylka japonská	<i>Oxya japonica</i>	Dospělec	Thajsko	149
bourec morušový	<i>Bombyx mori</i>	Kukla	Thajsko	94
saranče stěhovavá	<i>Locusta migratoria</i>	Dospělec	Nizozemsko	179

FW: fresh way – čerstvá hmotnost

2.5.2 Bílkoviny

Jednou z klíčových výzev v oblasti výživy je zajištění adekvátního příjmu bílkovin, zejména ve světle rozdílů mezi regiony s různými úrovněmi příjmů. Globálně se spotřeba bílkovin na hlavu pohybuje přibližně od 56 g/den v oblastech s nižšími příjmy do 96 g/den v oblastech s vyššími příjmy. Tento rozdíl zřetelně odráží socioekonomické faktory a stravovací preference. Je potřeba poznamenat, že živočišné bílkoviny dominují v zemích s vysokými příjmy a přispívají k přibližně 65 % celkového příjmu bílkovin, zatímco v zemích s nízkými příjmy tvoří pouze 15 % (Lange & Nakamura, 2021; Yen, 2009).

V této souvislosti nabízí jedlé druhy hmyzu potenciální cestu k diverzifikaci stravy a zlepšení nutriční kvality. Hmyz je pro člověka významným zdrojem stravitelných bílkovin (Belluco et al., 2013; Lange & Nakamura, 2021). Podrobné studie zaměřené na konkrétní druhy hmyzu ukazují, že celkový obsah bílkovin se může lišit mezi různými druhy. Bednářová zkoumala sedm druhů hmyzu a zjistila, že obsah bílkovin byl relativně podobný u většiny druhů, s výjimkou zavíječe voskového (*Galleria mellonella*), kde byl pouze

38,4 %. Procento bílkovin u ostatních druhů se pohybovalo od 50,7 % u moučného červa (*Tenebrio molitor*) po 62,2 % u saranče stěhovavé (*Locusta migratoria*). Jiné studie potvrzují tuto variabilitu, například hodnocení obsahu bílkovin u 100 druhů hmyzu ukázalo hodnoty v rozmezí 13–77 % v sušině (Kouřimská & Adámková, 2016). Mexická studie zkoumající 87 druhů jedlého hmyzu uvádí průměrný obsah bílkovin od 15 % do 81 %, přičemž v rámci této studie byla rovněž stanovována stravitelnost hmyzích bílkovin, která se pohybovala mezi 76 a 96 % (Ramos-Elorduy et al., 1997). Rozsah obsahu hmyzích bílkovin je podobný obsahu bílkovin v mase, což zdůrazňuje potenciál hmyzu jako náhrady tradičních zdrojů bílkovin. Obsah bílkovin ve vybraných řádech hmyzu je zobrazen v **Tabulce 3**.

Je však potřeba zmínit, že obsah bílkovin se obvykle stanovuje pomocí Kjeldahlovy metody, která je založená na stanovení obsahu dusíku v analyzovaném materiálu. Tento obsah dusíku je následně přepočítáván pomocí univerzálního konverzního faktoru 6,25, což umožňuje odhadnout celkový obsah bílkovin v sušině vzorku. Tato metoda může vést k nadhodnocení obsahu bílkovin v důsledku vysokého obsahu chitinu v exoskeletu hmyzu (Jantzen da Silva Lucas et al., 2020). V současné době se proto diskutuje o ponížených konverzních faktorech pro hmyz (Manditsera et al., 2019a).

Tabulka 3: Obsah proteinu ve vybraných řádech a podřádech jedlého hmyzu (Kouřimská & Adámková, 2016).

Řád nebo podřád	Latinský název	Stádium vývoje	Obsah proteinu (g/100 g DM)
Brouci	Coleoptera	dospělci a larvy	23-66
Motýli	Lepidoptera	kukly a larvy	14-68
Polokřídílí	Hemiptera	dospělci a larvy	42-74
Stejnokřídílí	Homoptera	dospělci, larvy nebo vajíčka	45-57
Blanokřídílí	Hymenoptera	dospělci, kukly, larvy a vajíčka	13-77
Vážky	Odonata	dospělci a najády	46-65
Rovnokřídílí	Orthoptera	dospělci a nymfy	23-65

DM: dry mass – sušina

Kromě samotného obsahu bílkovin hraje také důležitou roli nutriční kvalita těchto bílkovin, která je určena především obsahem jednotlivých aminokyselin a tím, jestli jejich obsah odpovídá lidským potřebám. Klíčové jsou zejména esenciální aminokyseliny, protože lidské tělo je neschopno syntetizovat samo a musí je získávat z potravy. Mezi esenciální

aminokyseliny se řadí fenylalanin, valin, threonin, tryptofan, isoleucin, leucin, methionin a lysin (FAO, 2013).

V aminokyselinových profilech lze pozorovat značné mezidruhové rozdíly. Lze však pozorovat, že většina druhů jedlého hmyzu splňuje požadavky na obsah aminokyselin pro dospělé jedince, které byly publikovány Světovou zdravotnickou organizací (WHO) (WHO/FAO, 2007). Údaje ohledně limitující aminokyseliny se v literatuře liší. Yi et al. (2013) zmiňují, že je u většiny druhů jedlého hmyzu limitující aminokyselinou tryptofan (Yi et al., 2013). Řada studií však tryptofan ve svých experimentech nestanovuje kvůli jeho degradaci během kyselé hydrolyzy aminokyselin. Jiné studie uvádějí jako limitující aminokyselinu methionin (Ghosh et al., 2017; Martin Kulma et al., 2019). Jiná studie zase uvádí jako limitující aminokyselinu u proteinu z moučných červů lysin (Stone et al., 2019).

Druhým klíčovým faktorem pro posouzení kvality proteinu je stanovení stravitelnosti bílkovin. Stravitelnost bílkovin hmyzu vykazuje rozmanité hodnoty, a to v důsledku mnoha faktorů, které stravitelnost ovlivňují. Mezi tyto faktory patří metodika použitá k hodnocení, ale také specifika druhu a vývojové stádium hmyzu. Přestože existují tyto variace, lze obecně konstatovat, že většina druhů hmyzu dosahuje vysoké stravitelnosti proteinů, která se typicky pohybuje mezi 80 % a 90 % (Rodríguez-Rodríguez et al., 2022).

Při posuzování stravitelnosti bílkovin u jedlého hmyzu je nutné zohlednit také obsah antinutričních látek, zejména chitinu, který je typickou složkou hmyzu (van Huis et al., 2021). Odstranění této složky může vést ke zvýšení stravitelnosti bílkovin (Rodríguez-Rodríguez et al., 2022).

V různých řádech hmyzu se stravitelnost proteinů liší. Například řád *Blattodea* často vykazuje nižší stravitelnost, přičemž některé druhy nedosahují ani 80 %. Nejstudovanější zástupci z řádu *Diptera*, jako jsou *Hermetia illucens* a *Musca domestica*, dosahují v larválním stádiu stravitelnost kolem 90 %. Naopak dospělci *Hermetia illucens* vykazují stravitelnost nižší, což může být spojeno s vyšším obsahem chitinu ve stádiu dospělého. Několik studií zjistilo, že larvy z řádu *Coleoptera* vykazují podobné nebo mírně vyšší procento stravitelnosti než zástupci řádu *Diptera*, se stravitelností v rozmezí od 85,0 % do 92,5 % (Bosch et al., 2016; Bosch et al., 2014; Caparros Megido et al., 2018). Larvy z řádu *Lepidoptera* jsou jednou ze skupin s nejvyšší stravitelností přesahující 90 %. Jedinou doposud nalezenou výjimkou byla housenka *Cirina butyrospermi*, jejíž stravitelnost byla 82 % (Rodríguez-Rodríguez et al., 2022).

Jedlý hmyz je ve většině případů konzumován až po jeho kulinární úpravě, a proto má hodnocení stravitelnosti až po kulinární úpravě hmyzu zásadní význam (Manditsera et al., 2019b; Mutungi et al., 2019). Kulinární úprava může přispět ke zlepšení bezpečnosti, kvality a chuťových vlastností jedlého hmyzu a rovněž zvýšit nebo snížit stravitelnost přítomných bílkovin (Caparros Megido et al., 2018). Tepelná úprava vyvolává denaturaci bílkovin, která vede k rozvinutí polypeptidového řetězce, čímž se jednotlivé peptidové vazby stanou přístupnější pro trávicí enzymy, což následně povede ke zvýšení stravitelnosti bílkovin (Opstvedt et al., 2003). Stravitelnost bílkovin může být tepelnou úpravou také snížena v důsledku tvorby disulfidických vazeb mezi sirnými aminokyselinami (Mosibo et al., 2022). V produktech bohatých na tuk a bílkoviny může také vlivem zvýšené teploty docházet tvorbě lipid-proteinových komplexů, které jsou méně náchylné k trávicím enzymům, což v konečném důsledku vede rovněž ke snížení stravitelnosti (Heřš, 2017; Soladoye et al., 2015). Ovlivnění stravitelnosti kulinární úpravou bylo potvrzeno ve studii Caparros Megido et al. (2018), ve které byl sledován vliv kulinárních úprav na stravitelnost proteinu *Tenebrio molitor*. Ve zmíněné studii byla zjištěna stravitelnost kulinárně neupraveného *Tenebrio molitor* $85 \pm 2,5$ %, po kulinárních úpravách došlo k navýšení stravitelnosti o 2,2-6,5 % (Caparros Megido et al., 2018). Naopak ve studii Mancini et al. (2021) došlo ke snížení stravitelnosti při pečení v troubě při 150 °C po dobu 10 minut, fritování, smažení na pánvi, mikrovlnném ohřevu, vakuovém vaření a vaření v páře. Jedinou úpravou, při které v této studii došlo ke zvýšení stravitelnosti, bylo pečení v troubě při 70 °C po dobu 30 minut (Mancini et al., 2021). Rovněž ve studii Manditsera et al. (2019) prokázali snížení stravitelnosti proteinu *Eulepida mashona* (brouk) a *Henicus whellani* (cvrček) po vaření, přičemž délka doby varu neměla významný vliv na stravitelnost. Rozdílných výsledků bylo dosaženo v případě pražení. Zatímco stravitelnost proteinu u *Henicus whellani* byla pražením snížena, v případě *Eulepida mashona* nemělo pražení na výslednou stravitelnost proteinu statisticky významný vliv.

Lze tedy konstatovat, že při výběru jedlého hmyzu jako zdroje bílkovin je klíčové vybrat nejen vhodný druh, ale také správnou kulinární úpravu, která může výrazně ovlivnit stravitelnost bílkovin a další vlastnosti jedlého hmyzu, což může mít vliv na jeho bezpečnost, chuť a výživovou hodnotu.

2.5.3 Tuky

Tuky jsou po bílkovinách druhou dominantní živinou u jedlého hmyzu (Kuntadi et al., 2018). Celkový obsah tuku ve hmyzu se pohybuje od 2 % do 62 %

(Williams et al., 2016). Akumulace obsahu lipidů a mastných kyselin v různých druzích hmyzu však závisí na kombinaci faktorů, jako je druh druhu, pohlaví, stádium rozmnožování, vývojové stádium, životní teplota, roční období, krmné substráty, geografický původ a způsoby zpracování, či biologické faktory včetně enzymatické aktivity (Akullo et al., 2018; Kim et al., 2019; Mutungi et al., 2019).

Tuk v jedlém hmyzu je nezbytným zdrojem energie pro jeho růst, proto má hmyz v raných vývojových stádiích vyšší hladiny celkové lipidové frakce než ve stádiu dospělce. Opět platí, že hmyz s kostrou měkkého těla (termiti) obsahuje více lipidů než hmyz s kostrou tvrdého těla (kobyly) (Kolobe et al., 2023).

Nejvyšší obsah tuku je pozorován u housenek a termitů. Podobné výsledky uvedli Hlongwane et al. (2020a,b), kteří pozorovali vyšší obsah tuku u druhů hmyzu z řádu Lepidoptera (housenky) ve srovnání s jinými řády hmyzu (Hlongwane et al., 2020a, 2020b; Tang et al., 2019).

Tuky ve hmyzu se vyskytují v několika formách, přičemž asi 80 % tuku tvoří triacylglyceroly, které slouží jako energetická rezerva pro období vysoké energetické náročnosti (např. delší lety). Druhou nejzastoupenější složkou tuku jsou pak fosfolipidy, které hrají roli ve struktuře buněčných membrán. Obsah fosfolipidů v tuku je obvykle nižší než 20 % a liší se podle životní fáze a druhu hmyzu (Kouřimská & Adámková, 2016; Tzompa-Sosa et al., 2014).

Profil mastných kyselin v hmyzu zahrnuje jak nasycené (SFA), tak mononeové (MUFA) nebo polyenové mastné kyseliny (PUFA) viz **Tabulka 4**. Ačkoli jsou v profilu mastných kyselin značné mezidruhové rozdíly, obecně patří k nejvíce zastoupeným SFA palmitová kyselina, v případě MUFA je nejvíce zastoupená olejová kyselina a nejběžnější PUFA je pak linolenová kyselina (Kouřimská & Adámková, 2016; Meyer-Rochow, Gahukar, Ghosh, & Jung, 2021).

Jedlý hmyz je značně bohatý na nenasycené mastné kyseliny, které mohou tvořit až 75 % celkového obsahu mastných kyselin (Rumpold & Schlüter, 2013; Tzompa-Sosa et al., 2014; Yerlikaya et al., 2012; Zielińska et al., 2015). Složení n-3 polyenových a dalších mastných kyselin ve hmyzu, zejména v moučných červech, je srovnatelné s jejich množstvím v rybách a jejich obsah je vyšší než v případě prasat a skotu. Bylo prokázáno, že suchozemský hmyz obsahuje vyšší množství polyenových mastných kyselin s dlouhým řetězcem než vodní hmyz (Fontaneto et al., 2011). Poměr n-6/n-3 mastných kyselin je pak značně ovlivněn stravou (Lehtovaara et al., 2017).

Metody zpracování jedlého hmyzu, jako je vaření, sušení, paření, uzení, smažení, lyofilizace nebo mikrovlnný ohřev jsou považovány za klíčové faktory ovlivňující koncentraci a kvalitu tuků a mastných kyselin (Fombong et al., 2021). Některé metody, například zahřívání a sušení, mohou zlepšit nutriční kvalitu hmyzu a chuť bez výrazných změn v profilu mastných kyselin (Kolobe et al., 2023). Některé tepelné úpravy však mohou vést k oxidaci lipidů a snížení stability a skladovatelnosti jedlého hmyzu (Mutungi et al., 2019). Znalost vhodného způsobu zpracování je klíčová pro udržení nutriční kvality a prodloužení skladovatelnosti hmyzích produktů (Kinyuru et al., 2015).

Tabulka 4: Profil mastných kyselin ve vybraných druzích jedlého hmyzu (Kolobe et al., 2023).

Latinský název hmyzu	Vývojové stádium	SFA (g/100 g)	MUFA (g/100 g)	PUFA (g/100 g)	n-3 PUFA (g/100 g)	n-6 PUFA (g/100 g)
Housenky (Lepidoptera)						
<i>Gonimbrasia belina</i>	L	32,50-46,50	7,60-36,00	26,12-48,17	3,70	1,60
<i>Tenebrio molitor</i>	L	25,35-30,12	43,27-66,77	3,11-31,37	1,61	29,68
<i>Rhynchophorus phoenicis</i>	L	39,90-54,07	41,78-55,00	2,79-22,85	0,00	2,20
Kobylky (Orthoptera)						
<i>Schistocerca gregaria</i>	D	35,30-42,37	38,35-42,37	20,68-34,80	11,35-13,40	7,28-14,04
<i>Locusta migratoria</i>	D	46,70-56,85	25,70-28,00	17,45-25,20	6,74	10,71
Termiti (Isoptera)						
<i>Macrotermes bellicosus</i>	D	46,72-49,46	14,93-44,64	4,90-38,27	0,00	8,16
<i>Macrotermes nigeriensis</i>	D	39,40	53,10	7,57-7,60	-	-
<i>Macrotermes subhyalinus</i>	D	35,05-35,40	42,50-52,77	12,18-46,5	-	-
Cvrčci (Orthoptera)						
<i>Gryllus assimilis</i>	D	43,72	27,49	28,80	1,99	26,81
<i>Gryllus bimaculatus</i>	D	3,25-38,02	3,13-32,91	4,33-29,54	0,08-1,15	4,25-27,92
<i>Acheta spp.</i>	D	32,22-32,80	21,72-33,50	33,90-42,64	0,01-0,39	2,08-42,63
Mouchy (Diptera)						
<i>Hermetia illucens</i>	L	61,36-67,93	17,39-26,06	9,18-14,67	0,00	8,16
<i>Musca domestica</i>	L	33,40-44,74	29,46-47,67	16,11-17,00	2,94	13,17

SFA: nasycené mastné kyseliny (saturated fatty acids), MUFA: mononenasycené mastné kyseliny (monounsaturated fatty acids), PUFA: polynenasycené mastné kyseliny (polyunsaturated fatty acids), L: larva, D: dospělec.

2.5.4 Sacharidy

Sacharidy v jedlém hmyzu se vyskytují především ve dvou hlavních formách: chitinu a glykogenu. Chitin, polymer *N*-acetyl-D-glukosaminu, hraje klíčovou roli v tvorbě exoskeletu (van Huis, 2013), zatímco glykogen slouží jako zásobárna energie v jaterních buňkách a svalových tkáních (Schlüter et al., 2017). Průměrný obsah sacharidů v jedlém hmyzu se pohybuje od 6,71 % (kněžnice) do 15,98 % (cikáda) (Mlcek et al., 2014).

Tvrký obalový polysacharid chitin, hlavní složka exoskeletu členovců, tvořící ochranný plášť dýchacích cest, trávicího a vylučovacího systému a představuje většinou 5–20 % sušiny hmyzu. Chitin se v přírodě zřídka vyskytuje v čisté formě, často je součástí složité matrice s dalšími sloučeninami, jako jsou proteiny, lipidy a minerální látky (Mlcek et al., 2014).

Finke (2007) zdůrazňuje, že obsah vlákniny u hmyzu (měřený jako ADF = acidodetergentní vláknina) je tvořen významným množstvím aminokyselin, které pravděpodobně představují kutikulární proteiny. Ukazuje se, že hmyz s tvrdším exoskeletem neobsahuje výrazně více chitinu než hmyz s měkčím tělem. Naopak se zdá, že frakce ADF u tvrdšího hmyzu obsahuje podstatně vyšší podíl aminokyselin než u hmyzu s měkčím tělem (Finke, 2007; Mlcek et al., 2014).

Chitin je považován za nestravitelnou vlákninu, ačkoli enzym chitináza je přítomen v lidských žaludečních šťávách (Paoletti et al., 2007). V tropických oblastech, kde je konzumace hmyzu běžná, převládá aktivní chitinázová odezva u lidí (Finke, 2007). Obsah vlákniny v jedlém hmyzu je zobrazen v **Tabulce 5**.

Chitin a chitosan jsou dlouhodobě uznávány pro své příznivé zdravotní účinky, včetně antioxidačních, antimikrobiálních, antiobezitních, antidiabetických, protirakovinných a protizánětlivých vlastností (Riaz Rajoka et al., 2020). Účinky chitinu na zdraví střev jsou dobře známy, v současnosti je zkoumán jeho potenciál v oblasti obezity, kardiovaskulárních onemocnění a dalších aspektů, jako jsou imunomodulační a antipatogenní účinky (Anusha & Negi, 2022).

Chitin a jeho deriváty byly prokázány jako efektivní v zabránění růstu škodlivých mikroorganismů, jako jsou *Salmonella typhimurium*, enteropatogenní *Escherichia coli* a *Vibrio cholera* (Rinninella et al., 2019). Studie na modelu střevní mikrobioty ukázaly, že fermentovaná mouka z moučných červů podporuje růst prospěšných bakterií a zvyšuje syntézu mastných kyselin s krátkým řetězcem (SCFA = short chain fatty acids) a laktátu, což naznačuje symbiotický vztah (de Carvalho et al., 2019).

Účinky konzumace nebo suplementace hmyzu na střevní mikrobiota však nejsou v literatuře konzistentní. Ačkoli jsou zaznamenány některé příznivé účinky, existují i některé negativní vlivy na složení střevní mikrobioty. Většina výzkumů však naznačuje, že začlenění jedlého hmyzu (moučný červ, moucha černá a cvrček) do stravy může pozitivně ovlivnit zdraví střev tím, že podporuje růst prospěšných mikrobů a omezuje růst patogenních mikrobů, což často vede ke zvýšené produkci SCFA, přispívající k celkovému zlepšení zdraví střev (Anusha & Negi, 2022).

Tabulka 5: Obsah vlákniny ve vybraných druzích jedlého hmyzu v DM (Kouřimská & Adámková, 2016).

Český název hmyzu	Latinský název	Vývojové stádium	Obsah vlákniny (g/100 g DM)
bourec morušový	<i>Bombyx mori</i>	Kukla	14
západní včela medonosná	<i>Apis mellifera</i>	Plod	11
saranče stěhovavá	<i>Locusta migratoria</i>	Nymfa	27
zavíječ voskový	<i>Galleria mellonella</i>	Housenka	21
cvrček polní	<i>Gryllus assimilis</i>	Nymfa	8
potemník moučný	<i>Tenebrio molitor</i>	Larva	18
potemník brazilský	<i>Zophobas atratus</i>	Larva	17

2.5.5 Vitaminy

O obsahu vitaminů v jedlém hmyzu existují pouze omezené informace, avšak některé druhy byly pečlivě zkoumány, přičemž prokázaly relativně vysoké hladiny vitaminů skupiny B, včetně riboflavinu, kyseliny pantotenové a biotinu (Finke & Oonincx, 2014; Rumpold & Schlüter, 2013). Výzkum též ukázal, že hladiny vitaminů skupiny B u kobylinky zůstávají konstantní během vývoje, zatímco hladiny vitaminů A, C, D a E se postupně zvyšují napříč vývojovými stádii (Zamudio-Flores et al., 2019).

Rozdíly v obsahu vitamínu A se nevyskytují pouze mezi druhy, ale také v závislosti na původu analyzovaného hmyzu. Obecně však nelze považovat hmyz za příliš bohatý zdroj vitamínu A, stejně jako není významným zdrojem vitamínu C a vitamínu E (Ayensu et al., 2018; Mlcek et al., 2014).

Komerčně chovaný hmyz vykazuje tendenci obsahovat minimální množství nebo žádný beta-karoten, zatímco u volně žijících druhů hmyzu lze pozorovat rozmanité karotenoidy, jako jsou astaxanthin, alfa-karoten, beta-karoten, lutein, lykopen, teaxanthin atd., získané z potravy (Mlcek et al., 2014). Bylo však také prokázáno, že obsah karotenoidů

může být významně ovlivněn stravou. Fortifikace krmiva pomocí přídatku mrkve vedla ke zvýšení obsahu α - a β -karotenu u *Gryllus assimilis*. Při čtrnáctidenní a šedesátidenní suplementaci však nebyly zaznamenány signifikantní rozdíly, což naznačuje, že není nutné podávat krmivo fortifikované mrkví po celý život *Gryllus assimilis* k dosažení maximálního obsahu karotenoidů. Většina druhů obratlovců je schopna přeměnit některé z karotenoidů obsažených v hmyzu na retinol, což zdůrazňuje význam hmyzu jako potenciálního zdroje vitamínu A pro tyto obratlovce (Kulma et al., 2021).

2.5.6 Minerální látky

Minerální látky, jedny ze základních živin nezbytných pro lidské tělo, hrají klíčovou roli při tvorbě tkání a udržování fyziologických funkcí. Tělo si vlastními mechanismy nedokáže syntetizovat minerální látky, a proto je jejich pravidelný příjem nezbytný pro podporu rozmanitých fyziologických a biochemických procesů. Tyto minerální látky lze rozdělit do dvou kategorií: makroelementy, které jsou potřebné ve větším množství (vápník, hořčík, draslík, sodík, fosfor, chlor, síra), a mikroelementy (železo, měď, zinek, mangan, jód, chrom, selen), které jsou nezbytné v menších množstvích (Lu et al., 2024).

Vzhledem k obsahu mikronutrientů v hmyzu lze potvrdit, že většina druhů obsahuje vysoké množství klíčových minerálních látek, včetně draslíku, vápníku, železa, hořčíku a selenu (Jantzen da Silva Lucas et al., 2020). Většina jedlých druhů hmyzu má stejný nebo vyšší obsah železa než hovězí maso (Bukkens, 2005). Hovězí maso má obsah železa 6 mg na 100 g sušiny, zatímco obsah železa housenek mopani (velká housenka nočního motýla *Gonimbrasia belina*) je 31–77 mg na 100 g sušiny. Obsah železa v kobyilkách (*Locusta migratoria*) se pohybuje mezi 8–20 mg na 100 g sušiny v závislosti na jejich stravě (Ooninx et al., 2010). Jedlé hmyzí druhy jsou nesporně bohatými zdroji železa a jejich začlenění do každodenní stravy by mohlo zlepšit hladinu železa a pomoci předcházet anémii v rozvojových zemích. WHO identifikovala nedostatek železa jako nejčastější a nejrozšířenější nutriční poruchu na světě (FAO, 2013).

Nedostatek zinku je dalším klíčovým problémem veřejného zdraví, zejména pro zdraví dětí a matek. Nedostatek zinku může vést k opožděnému růstu, zpožděnému sexuálnímu a kostnímu vývoji, kožním lézím, průjmu, alopecii, narušené chuti k jídlu a zvýšené náchylnosti k infekcím prostřednictvím defektů v imunitním systému (FAO, 2013). Obecně platí, že většina hmyzích druhů je považována za dobré zdroje zinku. Hovězí maso má

průměrně 12,5 mg na 100 g sušiny a larvy palemového obaleče (*Rhynchophorus phoenicis*) obsahují například 26,5 mg na 100 g sušiny (Bukkens, 2005).

Z perspektivy výživy a zdraví hraje klíčovou roli především schopnost těla strávit a využít látky obsažené v potravinách, spíše než jejich pouhý obsah. Bohužel, existuje pouze omezené množství informací o biologické dostupnosti mikronutrientů z jedlého hmyzu (Ojha et al., 2021). Studie provedená Bauserman et al. (2015) představuje příklad, kde byly kojencům podávány obilné kaše obohacené moučkou z housenek jako doplněk běžné stravy. Tato studie zkoumala vliv tohoto doplňku na růst a hladinu hemoglobinu v krvi, což je ukazatel využitelnosti železa z hmyzu. Překvapivě bylo zjištěno, že přídatek hmyzí moučky výrazně snížil výskyt anémie a zvýšil množství hemoglobinu v krvi (Bauserman et al., 2015). Ovšem, v jiné studii provedené na potkanech, kteří byli krmeni moučkou z kobylek (*Melanoplus foedus*), termitů (*Menemerus nigeriensis*), můr (*Cirina forda*) nebo cvrčků (*Gryllus assimilis*), nebyl tento pozitivní vliv pozorován (Oibiokpa et al., 2018). Výzkum provedený Manditsera et al. (2019), který zkoumal biologickou dostupnost minerálních látek z brouků (*Eulepida mashona*) a cvrčků (*Henicus whellani*), došel k závěru, že využitelnost mikronutrientů může být odlišná u různých druhů hmyzu a je nezbytné ji posuzovat individuálně. To zdůrazňuje potřebu dalšího detailního výzkumu, aby bylo možné lépe porozumět biologické dostupnosti živin z jedlého hmyzu a přispět k celkovému poznání jeho nutriční hodnoty (Manditsera et al., 2019b).

2.6. Rizika spojená s konzumací jedlého hmyzu

Světový zájem o konzumaci jedlého hmyzu stále roste, avšak otázky bezpečnosti potravin v této oblasti zůstávají výzvou. V mnoha zemích je omezená znalost nebo nedostatek informací o bezpečnosti potravin spojených s jedlým hmyzem, což brání podpoře chovu a konzumaci tohoto zdroje potravy. Zejména v západních zemích je nezbytné řešit otázky bezpečnosti potravin týkajících se jedlého hmyzu, aby se podpořilo jeho začlenění do lidské stravy (van der Fels-Klerx et al., 2018).

V tomto kontextu vydal Vědecký výbor Evropského úřadu pro bezpečnost potravin stanovisko k rizikům spojeným s konzumací kontaminovaného hmyzu. Toto stanovisko zdůrazňuje, že entomofagie může představovat potenciální biologická a chemická rizika, rizika alergií a související environmentální rizika (EFSA, 2015).

Podle Evropského úřadu pro bezpečnost potravin jsou prevalence a koncentrace kontaminantů v hmyzu a potravinách z něj odvozených výrazně ovlivněny způsobem

produkce hmyzu, druhem hmyzu, stádiem sklizně a použitým krmným substrátem při chovu. Pro zlepšení potravinové bezpečnosti jedlého hmyzu je nezbytné pečlivě posuzovat a kontrolovat faktory související s bezpečností, zejména pak krmný substrát (EFSA, 2015; van der Fels-Klerx et al., 2018). Ačkoliv produkty zpracované z hmyzu nejsou zcela bezpečné, jelikož použité technologie nemohou zaručit kvalitu a vhodnost pro izolovanou spotřebu, Melgar-Lalanne et al. (2019) poznamenávají, že při konzumaci některých druhů hmyzu neexistují žádná další zdravotní rizika ve srovnání s konvenčními zdroji živočišných bílkovin (Melgar-Lalanne et al., 2019).

2.6.1 Mikrobiologická rizika

Bakterie

Hmyz, stejně jako jakýkoli jiný organismus, má přidruženou komplexní mikrobiální komunitu. Tato komunita může být různorodá, zahrnující mikroorganismy, od vzájemně prospěšných po potenciálně patogenní. Většina mikrobů přítomných v hmyzu nebo na něm není považována za škodlivou pro lidské spotřebitele. Jedlý hmyz je poněkud unikátní v prostoru potravinářských hospodářských zvířat, protože průmysl využívá celý hmyz včetně jeho trávicího systému (Marshall et al., 2016). U většiny druhů hmyzu je totiž prakticky nemožné ponechat střevo bez přítomného mikrobiomu (Engel & Moran, 2013). Objem střevního traktu se pohybuje od 0,05 do 2 ml v závislosti na druhu hmyzu (Schlüter et al., 2017). Mikrobiální biomasa tak může tvořit zhruba 1-10 % celkového těla hmyzu (Douglas, 2015).

Různé druhy hmyzu hostí specifické skupiny bakterií, a to zejména v trávicím systému. Například střevo cvrčka domácího (*Acheta domestica* L.) obsahuje bakterie jako *Citrobacter*, *Klebsiella* a *Yersinia*, které hrají aktivní roli při trávení sacharidů, proteinů a lipidů. Podobně střevo potměníka moučného (*Tenebrio molitor* L.) hostí bakterie, jako jsou *Actinobacillus*, *Propionibacterium*, *Serratia* a další (Marshall et al., 2016).

Spektrum přítomných mikroorganismů je značně ovlivněno potravou a různé krmné substráty tak mohou měnit jak spektrum přítomných mikroorganismů, tak jejich podíl (Jung et al., 2014; Liang et al., 2014; Pérez-Cobas et al., 2015; Yun et al., 2014). Rozdíly v přítomných mikroorganismech mohou být také ovlivněny prostředím, ve kterém hmyz žije. Studie Garofalo et al. (2017) objevila přítomnost *Listeria* spp., *Staphylococcus* spp., *Clostridium* spp. a *Bacillus* spp. ve zpracovaném jedlém hmyzu. Nicméně, nalezené bakterie nemusí být původem ze střeva hmyzu, ale mohou být spíše z prostředí výroby a zpracování

(Garofalo et al., 2017). Z toho důvodu je pro minimalizaci rizika šíření mikrobiálních alimentárních onemocnění nezbytné implementovat pečlivé hygienické postupy během výroby, zpracování, konzervace a manipulace s jedlým hmyzem (Imathiu, 2020).

Viry

V současné době neexistují žádné předchozí studie o patogenitě virů specifických pro hmyz u lidí. Předpokládá se, že hmyzí viry jsou specifické pro konkrétní druhy hmyzu a nemohou se replikovat v buňkách obratlovců. I přes tuto omezenou specifičnost existuje zanedbatelné riziko, že by mohly vzniknout nové kmeny virů specifických pro savce v důsledku rekombinace a přeskupení genetického materiálu, což by vedlo k možné výměně hostitele (Doi et al., 2021; van der Fels-Klerx et al., 2018).

Přestože se patogenní viry obratlovců nemohou replikovat v členovcích, mohou být tyto patogeny stále pasivně přenášeny jedlým hmyzem (Doi et al., 2021).

Mykotoxiny

Mykotoxiny, označované za klíčové potravinové kontaminanty z důvodu jejich výrazného negativního dopadu na veřejné zdraví a potravinovou bezpečnost, jsou sekundární metabolity produkované různými druhy plísní, především z rodů *Fusarium*, *Aspergillus* a *Penicillium* (Imathiu, 2020). Tyto sloučeniny mohou vznikat v důsledku kontaminace krmných substrátů nebo mohou být produkovány ve střevech hmyzu infikovaného plísněmi. Mnohé z těchto mykotoxinů jsou odolné vůči tepelnému zpracování, což značně znesnadňuje snižování jejich obsahu v potravinovém řetězci (Pradanas-González et al., 2021).

Účinky mykotoxinů na hmyz byly předmětem výzkumu již před padesáti lety. Například bylo zjištěno, že spory *Aspergillus flavus* jsou vysoce patogenní pro čerstvě vylíhnuté mouchy domácí (*Musca domestica*) a to jak při požití, tak při kontaktu. *Aspergillus flavus* prokázal vývojovou toxicitu také u larvy zavíječe rýžového (*Corcyra cephalonica*). Zpomalení růstu bylo spojeno spíše s toxinem než s přítomností plísně, protože účinky neklesaly po sterilizaci kontaminované stravy (Schrögel & Wätjen, 2019).

Rychlost růstu larev potměníka moučného byla snížena pod vlivem T-2 toxinu, aflatoxinu B1, ochratoxinu A a rubratoxinu B. Fyziologické účinky, jako je rychlost růstu a respirační metabolismus, byly hodnoceny u larev potměníka moučného po expozici fumonisinu B1 (450 µg/g krmiva). V rámci této studie byl pozorován snížený růst

po konzumaci takto kontaminovaného krmiva po několik týdnů, stejně jako snížená rychlost produkce CO₂, snížená spotřeba krmiva a snížený metabolismus bílkovin, mortalita však ovlivněna nebyla (Schrögel & Wätjen, 2019).

Některá zvířata mohou akumulovat mykotoxiny ve svých tělesných tkáních, což bylo zjištěno ve výzkumech zkoumajících vliv konzumace krmných substrátů kontaminovaných směsí mykotoxinů, jako jsou aflatoxin B₁, ochratoxin A, zearalenon a deoxynivalenol (Bisconsin-Junior et al., 2023).

To bylo potvrzeno také ve studii Musundire et al. (2016), ve které byl zaznamenán obsah aflatoxinu ve štěnicích z jihovýchodního Zimbabwe. U štěnic, které byly skladovány v čistých sáčcích na zip, nebyly mykotoxiny detekovány, zatímco u štěnic skladovaných ve slaměných koších byl přítomen aflatoxin v rozmezí 0,5 až 0,6 µg/kg. Přítomnost aflatoxinů je proto v tomto případě přisuzována křížové kontaminaci ze slaměných košů, které byly předtím využívány pro skladování zeleniny (Musundire et al., 2016).

V mnoha experimentech bylo pozorováno snížení hladin mykotoxinů a jejich metabolitů v těle hmyzu po odstranění kontaminovaného krmiva s následným hladověním po dobu alespoň 24 hodin nebo výměnou substrátu s mykotoxinovým obsahem za dekontaminovaný po dobu alespoň 24 hodin. Naopak ve studii van Broekhoven et al. (2014) zaznamenali zvýšení koncentrace T-2 toxinu a zearalenonu v těle *Alphitobius diaperinus* po 24 až 72 hodinách lačnění nebo krmení nekontaminovanou stravou. Tento neobvyklý jev byl pravděpodobně způsoben snížením hmotnosti larev během lačnění. U dalších vzorků z této studie (*Zophobas atratus* a *Tenebrio molitor*) byl zaznamenán rychlý pokles koncentrace mykotoxinů po 24 až 72 hodinách lačnění nebo konzumace stravy bez mykotoxinů (van Broekhoven & Loon, 2014).

V souvislosti s výskytem mykotoxinů je nezbytné pečlivé postupování při manipulaci, zpracování a skladování. K dosažení nižších obsahů mykotoxinů v hmyzu mohou být přijata opatření, jako je monitorování původu, udržování hygienické kvality, kontrola přítomnosti plísní a mykotoxinů v substrátech pro výživu hmyzu, pravidelné čištění a údržba prostředí pro chov hmyzu. Kromě toho je klíčový vývoj standardizovaných protokolů a postupů pro manipulaci, zpracování a skladování jedlého hmyzu na průmyslové úrovni, doplněný pravidelnými analýzami k monitorování kvality a detekci mykotoxinů u hmyzu před jeho přepravou a/nebo komercializací (Bisconsin-Junior et al., 2023).

Dalším možným opatřením pro zabránění nebo omezení příjmu mykotoxinů prostřednictvím konzumace jedlého hmyzu je transformace nebo použití účinných technologií zpracování a konzervace k dekontaminaci jedlého hmyzu (Pankaj et al. 2018;

Suman, 2021). Některé tradiční techniky zahrnují smíchání s látkami s nízkým pH nebo s potravinami bohatými na bioaktivní sloučeniny, odstranění částí s vyšším indexem kontaminace, dehydrataci, smažení, vaření, pečení, uzení, chlazení a mrazení nebo další podobné techniky (Rumpold et al., 2014).

Paraziti

Hmyz může také působit jako mezihostitel nebo mechanický přenašeč pro parazity, například prvoky nebo tasemnice. Podobné jevy však mohou nastat i u konvenčních hospodářských zvířat, proto lze toto ohrožení snadno eliminovat aplikací správných postupů pro chov, biologickou bezpečnost a příslušných hygienických a veterinárních předpisů (Doi et al., 2021).

Pravděpodobnost přenosu parazitárních onemocnění na člověka volně žijícím hmyzem je vyšší než u hmyzu chovaného ve farmách, protože volně žijící hmyz není omezen a jeho potravní návyky nejsou kontrolovány na rozdíl od hmyzu chovaného na farmách (Imathiu, 2020).

2.6.2 Chemické kontaminanty

Chemická rizika spojená s hmyzem jsou často způsobena kontaminovanými stanovišti a krmivy. Tato rizika lze účinně řešit prostřednictvím zdokonalení zemědělských a dietních postupů. Identifikovaná chemická rizika zahrnují polychlorované bifenyly, organofosfátové retardéry hoření, pesticidy, dioxiny a těžké kovy (Poma et al., 2017). Druh hmyzu, fáze sklizně, výrobní metody a zejména zvolený krmný substrát mohou významně ovlivnit výskyt a akumulaci kontaminantů v potravinách založených na hmyzu (EFSA, 2015).

Těžké kovy

Těžké kovy se přirozeně vyskytují na Zemi, ale mohou se koncentrovat v důsledku činností způsobených lidmi (Schrögel & Wätjen, 2019). Mezi tyto kovy patří kadmium, rtuť, olovo, arsen, chrom, kobalt, nikl a měď. Těžké kovy mohou negativně ovlivnit nervový systém, způsobit poškození ledvin, jater, kardiovaskulárního systému, mít negativní vliv na reprodukční systém nebo působit karcinogenně (Mitra et al., 2022).

Dekontaminace toxických kovů se liší od organických toxinů, protože toxické kovy nelze metabolizovat a musí být z těla eliminovány. Alternativně mohou být uchovávány v neaktivních formách, což vede k jejich akumulaci v těle (Schrögel & Wätjen,

2019). Hmyz vykazuje schopnost akumulovat těžké kovy, přičemž tato schopnost závisí na několika faktorech, jako je druh hmyzu, jeho růstová fáze a kvalita substrátu krmiva (Imathiu, 2020).

Crawford et al. zkoumali, jak se hromadí a vylučuje měď a kadmium u larev kobylky *Locusta migratoria*. Larvy byly krmeny kukuřicí s obsahem kadmia 63 ug/g a mědi 94 ug/g po dobu 5 až 20 dnů, a následně byly analyzovány ihned po sklizni. Výsledky analýzy kovů naznačily, že larvy byly schopny efektivně regulovat nadbytek mědi ve stravě, ale nemohly efektivně regulovat nadbytek kadmia. To bylo zřejmé z akumulace kadmia v těle larvy, která byla úměrná době expozice krmivu kontaminovanému kadmii (Crawford et al., 1996; Schrögel & Wätjen, 2019). Podobně cvrčci prokázali účinnější schopnost regulovat zinek než kadmium, přičemž přítomnost zinku ve stravě naznačuje, že i cvrčci mají tendenci akumulovat kadmium (Bednarska et al., 2015). Zvýšená koncentrace kadmia a olova byla také prokázána u mouchy domácí (*Musca domestica*) a vážek (*Libellula Luctosa*), které byly sbírány v blízkosti skládky kontaminované těmito těžkými kovy ve srovnání se stejnými druhy odebranými mimo tuto skládku (Adeniyi et al., 2003).

Rezidua pesticidů

Po celém světě se ročně používají miliony tun pesticidů k regulaci škůdců a vektorů chorob. Zdravotní komplikace spojené s pesticidy se rozsahem pohybují od akutních příznaků, jako jsou bolesti hlavy a žaludku, až po chronické dopady, včetně nádorových onemocnění a endokrinních poruch (Bempah et al., 2011; Labu et al., 2022).

Divoce sklizený jedlý hmyz má v tomto kontextu zvláště velký význam, protože druh materiálu, kterým se živí, není kontrolován. Hmyz se může volně pohybovat nebo migrovat z jednoho místa na druhé a někdy se může živit vegetací nebo plodinami ošetřenými pesticidy, což může potenciálně vést k akumulaci reziduí v jejich těle (Imathiu, 2020).

I když se jedlý hmyz běžně podrobuje tepelnému zpracování, jako je sušení na slunci, pražení a fritování, což může vést k odpařování nebo degradaci zbytků pesticidů, ne všechny druhy pesticidů lze účinně odstranit tímto způsobem (Yigit & Velioglu, 2020). Navíc existují druhy hmyzu, například kobylky a termiti, které se v některých komunitách konzumují v syrové formě, což zvyšuje riziko potenciální expozice reziduím pesticidů (Agea et al., 2008; Kelemu et al., 2015; Kusia et al., 2021).

Přítomnost reziduí pesticidů v jedlém hmyzu byla potvrzena také v literatuře. Například ve studii Labu et al. (2022) bylo analyzováno šest druhů jedlého hmyzu

odebraného z různých stanovišť nebo chovaných v laboratoři v Ugandě a Keni. Analyzováno bylo 374 reziduí pesticidů, přičemž jako maximální limit reziduí byly využity maximální limity reziduí (MLR) stanovené pro maso a masné výrobky. Pro pesticidy, jejichž MLR nejsou definovány, byla jako MLR přijata 0,1 mg/kg podle Kolakowski et al., (2021). Většina analyzovaného jedlého hmyzu byla kontaminována rezidui insekticidů, fungicidů a herbicidů, ačkoli jen několik z nich mělo toxické hladiny těchto pesticidů (Kolakowski et al., 2021; Labu et al., 2022). Jedlý hmyz kontaminovaný rezidui pesticidů byl hlášen také na trhu v Thajsku a v Kuvajtu (Imathiu, 2020).

Z těchto důvodů je velmi nutné podporovat chov hmyzu, kde je krmení přísně kontrolováno, protože přítomnost reziduí pesticidů v jedlém hmyzu je přímo spojena s konzumací kontaminované stravy (Imathiu, 2020).

2.6.3 Antinutriční látky

Antinutriční látky jsou látky, které se přirozeně vyskytují v potravinách. Jedná se o sloučeniny, které inhibují příjem živin (jak makronutrientů, tak mikronutrientů), trávení a vstřebávání (Akande et al., 2010). Tyto látky, které jsou běžnější a vyskytují se ve vyšších koncentracích v potravinách rostlinného původu než v potravinách živočišného původu, mohou mít také další nepříznivé zdravotní účinky na spotřebitele v závislosti na typu a koncentraci v potravinách. U různých druhů jedlého hmyzu byly detekovány a kvantifikovány různé typy antinutričních látek (Imathiu, 2020). Mezi nejběžnější antinutrienty nalezené v jedlém hmyzu patří fytová kyselina, hydrokyanid, šťavelová kyselina, alkaloidy, saponiny a třísloviny (Giampieri et al., 2022). Přítomnost různých antinutričních látek a jejich rozdílné koncentrace jsou pravděpodobně způsobeny odlišným chemickým složením rostlinné stravy, kterou se hmyz živí. Primárně záleží na lokalitě, ve které daná rostlina roste. V této souvislosti je důležité zmínit, že vývoj technik chovu jedlého hmyzu za kontrolovaných podmínek může minimalizovat nebo dokonce zabránit kontaminaci hmyzu těmito sloučeninami (Meyer-Rochow et al., 2021).

2.6.4 Alergie a intolerance

Potravinové alergické reakce jsou označovány jako nežádoucí reakce na jinak neškodnou potravinu nebo potravinovou složku, která zahrnuje abnormální reakci imunitního systému těla na konkrétní protein(y) v potravinách (Raheem et al., 2019b). Tato definice se týká také jedlého hmyzu, který může obsahovat alergenní látky.

Mezi významné alergeny hmyzího původu patří hyaluronidáza, fosfolipáza A, tropomyosin, argininkináza, α -tubulin, β -tubulin, fruktóza-bifosfátaldoláza a lehký řetězec myosinu (Ribeiro et al., 2018). Většina hlášených alergických reakcí po požití hmyzu byla vyvolána po konzumaci kobytek, sarančat a nosatců (de Gier & Verhoeckx, 2018).

Osoby trpící alergií na mořské plody jsou zvláště ohroženy, protože alergeny přítomné v obou skupinách produktů mohou způsobit alergické reakce. Kromě potravinových alergií se mohou vyskytnout také alergie inhalační, například u pracovníků na hmyzích farmách (Pener, 2016; Pomés et al., 2017).

Jedlý hmyz není pouze přímým alergenem, ale může také přenášet alergeny. Členovci mohou být infikováni roztoči a kontaminováni jejich metabolity, které jsou významnými alergenními agens. Švábi navíc mohou přenášet mikroorganismy, jako *Lophomonas blattarum* nebo *Gregarine* spp., které se mohou také podílet na alergických reakcích.

Využití včel ve výživě člověka může vystavit člověka pylu, který je pro mnoho lidí alergickým faktorem. Při chovu hmyzu na obilí, například pšenici, hrozí kontaminace hmyzu lepkem, což může být zásadním zdravotním rizikem pro pacienty s celiakií. Z těchto důvodů je důležité pečlivě zkoumat alergenní potenciál a související zdravotní rizika spojená s konzumací jedlého hmyzu, zejména v kontextu různých typů potravinových alergií a intolerancí (Doi et al., 2021).

2.7. Akceptace jedlého hmyzu evropskou populací

V Evropě je přístup k jedlému hmyzu spíše negativní a vyvolává znechucení a odpor, což je způsobeno absencí tradice jeho konzumace. Je však důležité si uvědomit, že většina druhů jedlého hmyzu jsou býložravci a z hlediska hygieny jsou často bezpečnější než jiné potraviny, jako jsou mořské plody nebo žáby, které jsou v Evropě oblíbené. Přestože se v poslední době vedou snahy o začlenění hmyzu do evropské stravy, dosud nedosáhly očekávaných výsledků (Skotnicka et al., 2021).

V posledních několika letech bylo publikováno značné množství studií o tom, jak evropští spotřebitelé akceptují alternativní proteiny, včetně jedlého hmyzu jako potraviny. V rámci těchto studií bylo zjištěno, že přijatelnost jedlého hmyzu evropskou populací ovlivňují zejména demografické charakteristiky a kulturní a psychologické faktory (Skotnicka et al., 2021).

Muži obecně lépe tolerují konzumaci hmyzu než ženy, které naopak projevují vyšší míru odporu. Podobně jsou mladí lidé ve věku 20 až 40 let a jedinci s vyšším vzděláním více

otevření konzumaci hmyzu. Některé studie rovněž naznačují, že městská populace má tendenci lépe akceptovat myšlenku konzumace hmyzu než obyvatelé venkova (Mina et al., 2023). Rovněž jedinci, kteří již mají s konzumací jedlého hmyzu pozitivní zkušenost, vykazují vyšší ochotu hmyz v budoucnu znova konzumovat (Mancini et al., 2019).

Navzdory environmentálním výhodám spojeným s konzumací hmyzu je udržitelnost často slabým argumentem přesvědčujícím spotřebitele, aby tento typ potravin vyzkoušeli (Fischer, 2021). Nedostatek informací o nutričních a environmentálních výhodách jedlého hmyzu může přispívat k nízké přijatelnosti tohoto typu potravin (Ribeiro et al., 2022). Zvyšování obeznámenosti spotřebitelů s pojmem entomofagie a poskytování přesných informací o nutričních a environmentálních výhodách hmyzu mohou být tedy klíčové pro zvýšení jeho přijatelnosti (Mina et al., 2023). To bylo prokázáno také v několika studiích zkoumajících účinky informací o výhodách entomofagie na postoje k potravinovým produktům z jedlého hmyzu (Mancini et al., 2022). Například Mancini a kol. prokázali ve svém výzkumu, že vzdělávací přednáška o ekologických, bezpečnostních, nutričních a chuťově souvisejících aspektech požívání hmyzu zvýšila ochotu vyzkoušet hmyz a potraviny obsahující hmyz a významně snížila faktor znechucení mezi skupinou univerzitních studentů (Mancini et al., 2019).

Příprava známých pokrmů představuje další faktor zvyšující konzumaci výrobků z jedlého hmyzu (Mancini et al., 2019; Pambo et al., 2018). Současnou tržní strategií je tedy vývoj vysoce zpracovaných potravin na bázi hmyzu, které jsou známé v evropské stravě, jako jsou hamburgery, chléb, sušenky, kreky, lupínky, sladké tyčinky, koktejly, polévky, omáčky a těstoviny (Mancini et al., 2022).

Tato strategie transformace vzhledu hmyzu a jeho integrace do formy rozdrčené či práškové, spíše než v původní podobě jako celistvý objekt, je podložena širokým spektrem empirických důkazů (Mancini et al., 2019; Sogari et al., 2019). Je zřejmé, že klíčem k redukci odporu spojeného s estetickými nebo psychologickými faktory a následnému zvýšení akceptace entomofagie je zpracování hmyzu do podoby, která evropskému obyvatelstvu připomíná již známé potraviny (Mancini et al., 2022).

Kromě toho je důležité zvýšit dostupnost jedlého hmyzu v restauracích a supermarketech, aby se spotřebitelé mohli snadněji seznámit s tímto typem potravin a zvýšit jejich důvěru v tyto produkty. V současné chvíli jsou hlavní možností nákupu jedlého hmyzu a výrobků z něj internetové obchody, díky čemuž je osloven menší počet spotřebitelů. Z literatury tedy vyplývá, že neochota spotřebitelů praktikovat entomofagii

souvisí také se skutečností, že zatím nejsou tyto produkty široce dostupné. Tato bariéra by tedy mohla být s rozvojem trhu částečně prolomena (Mina et al., 2023).

2.7.1 Akceptace jedlého hmyzu v České republice

V první dekádě 21. století začal jedlý hmyz postupně pronikat do povědomí české populace jako exotická potravina. Na různých společenských akcích a potravinových festivalech po celé České republice se začal objevovat jako součást nabídky. Tento trend byl následován zvýšením uvědoměním o možnostech využití hmyzu v potravinářství, což vedlo k vzniku několika komerčních produktů, zejména proteinových tyčinek a chleba, obsahujících zpracovaný hmyz. Významným milníkem v tomto směru bylo zařazení hmyzu mezi nové potraviny Evropskou unií v roce 2018 podle nařízení EU č. 2015/2283. Ke zvýšení povědomí o jedlém hmyzu mohla také přispět rostoucí popularita cestování do exotických destinací, jako jsou africké a asijské země, ve kterých se konzumace jedlého hmyzu tradiční (Kulma et al., 2020).

V rámci České republiky bylo však provedeno pouze několik studií, zaměřujících se na přijatelnost jedlého hmyzu u české populace. Nejrozsáhlejší studií, která zkoumala akceptaci jedlého hmyzu českou populací byla studie Kulma et al. (2020), která byla prováděna na 1340 respondentech. V rámci této studie bylo zjištěno, že předchozí zkušenost s požíváním jedlého hmyzu mělo 37,8 % respondentů, přičemž většina z nich označila svou zkušenost za pozitivní, nicméně pouze 11,8 % z nich konzumovalo dále pravidelně jedlý hmyz nebo výrobky z něj. Pouze 6,7 % z těch, kteří dříve jedlý hmyz konzumovalo, uvedlo negativní zkušenost svědčící o jejich neochotě jedlý hmyz znova v budoucnu konzumovat. Z respondentů, kteří doposud jedlý hmyz nekonzumovali, projevilo 14 % ochotu jedlý hmyz ochutnat. V této studii bylo rovněž zjištěno, že pozitivnější přístup k entomofagii vykazovali muži než ženy a rovněž mladší respondenti. Většina respondentů (77,7 %) uvedla, že by jim nevadila konzumace masných výrobků pocházejících z hospodářských zvířat, která byla krmena krmivem obsahujícím jedlý hmyz (Kulma et al., 2020).

Jiná studie se zaměřila na senzoryckou analýzu smaženého celého hmyzu a hmyzu ve skryté podobě zapracovaného do čokoládových sušenek a chleba. Studie odhalila, že jedlý hmyz ve skryté podobě byl přijímán lépe než celý hmyz, což naznačuje, že hmyzí moučka může být vhodnější pro konzumaci. Vzorky bílého chleba vykazovaly druhově specifické preference, zatímco u sušenek nebyly zjištěny žádné podobné rozdíly. To naznačuje možnost využití méně oblíbeného hmyzu nebo hmyzu s horšími senzoryckými vlastnostmi pro obohacení sladkých pekařských cukrovinek. Jako celkově nejvhodnější

druhy jedlého hmyzu pro konzumaci se ukázaly *Tenebrio molitor* (potemník moučný) a *Gryllus assimilis* (cvrček banánový), které dosáhly vysokého skóre přijatelnosti pro oba testované typy použití (Kulma et al., 2023).

2.8. Začlenění jedlého hmyzu do výživy lidí

Začlenění jedlého hmyzu do lidské výživy představuje zajímavou výzvu, zejména v zemích, kde konzumace hmyzu není tradiční. Jak bylo již prokázáno, konzumenti v těchto zemích často vykazují nižší míru akceptace jedlého hmyzu v jeho viditelné podobě, což může být spojeno s kulturními a psychologickými faktory. Lidé mají často předsudky vůči hmyzu jako potravine kvůli jeho výrazné chuti, specifickým chuťovým vlastnostem nebo odlišnému vzhledu (Mancini et al., 2022; Skotnicka et al., 2021).

Proto se průmysl a výzkum v oblasti entomofagie často zaměřují na vývoj potravin obsahujících hmyzí složky ve skryté podobě, například ve formě mouček, prášků nebo extraktů. Tímto způsobem je možné lépe integrovat výhody jedlého hmyzu do potravinových produktů, aniž by se spotřebitelé setkávali s přímým konzumem hmyzu jako takového (Dagevos, 2020; Pippinato et al., 2020).

Zároveň je důležité poznamenat, že konzumenti obecně preferují potraviny, které jsou jim dobře známé a oblíbené. Průmysl se proto v současné době zaměřuje na vývoj potravin obsahujících hmyzí složky ve formě, která je konzumentům známá a pro ně přijatelná. Jedním z oblíbených směrů je integrace hmyzu do pekařských výrobků, jako jsou chleby, sušenky, či jiné pečivo nebo například do masných výrobků a náhražek masa (Mancini et al., 2019; Pambo et al., 2018).

2.8.1 Pekařské výrobky

Pekařské výrobky jsou mezi lidmi po celém světě oblíbenou základní potravinou (Kourkouta et al., 2017). Tyto produkty, zahrnující typicky chléb, sušenky, koláče nebo například muffiny, jsou běžně připravovány z pšeničné mouky, což však často znamená, že jsou energeticky bohaté, nicméně chudé na některé živiny (Guiné, 2022). Aby se zlepšil nutriční profil těchto základních potravin, zejména pak obsah bílkovin, se v poslední době uplatňuje trend obohacování pekařských výrobků jedlým hmyzem (Ardoin, 2021). K těmto účelům se nejčastěji využívají cvrčci (*Acheta domesticus*) a mouční červi (*Tenebrio molitor*). Přidáním prášku z jedlého hmyzu lze vylepšit nutriční složení pekařských výrobků, včetně zvýšení obsahu bílkovin, vlákniny a minerálních látek (González et al., 2019).

Studie naznačují, že existuje obecná ochota konzumovat hmyz v této podobě. Například v Austrálii projevíli spotřebitelé zájem o sušenky obohacené zpracovaným jedlým hmyzem, ale jejich zájem byl podmíněn atraktivním vzhledem výrobku a dobrými nutričními hodnotami (Wilkinson et al., 2018). Polští studenti zase vyjádřili nízkou ochotu konzumovat celý hmyz ve viditelné podobě, nicméně projevíli zvýšený zájem o pekařské výrobky obohacené o zpracovaný jedlý hmyz (Orkusz et al., 2020).

Chléb

Jednou z nejjednodušších a nezákladnějších potravin na světě je chléb. Je to také potravina, která má velký význam pro spotřebitele. Chléb se konzumuje každý den po celém světě a je pro svou oblíbenost často obohacován o funkční produkty přírodního původu. K tomuto účelu se používají takové přísady, jako jsou bylinky nebo bylinné extrakty, neobilná zrna a zelenina. Pro receptury chleba se mimo jiné používají takové inovativní přísady, jako je hmyzí mouka, které díky vysokému obsahu bílkovin charakteristickému pro tento typ výrobku přispívají ke zvýšení nutriční hodnoty konečného produktu (Kowalski et al., 2022).

Studie, kterou provedl Bawa et al. (2020) zkoumala chléb obohacený o 10 % lyofilizovaného cvrččího prášku, což vedlo k nárůstu bílkovin o 20 % ve srovnání s chlebem bez obohacení. Podobné výsledky byly pozorovány při obohacení chleba o 10 a 20 % práškem ze cvrčků (*Gryllus assimilis*), při kterém došlo ke zvýšení obsahu bílkovin o 28,8 a 62,8 % ve srovnání s kontrolou (Machado & Thys, 2019). Také další studie prokázala zvýšení obsahu bílkovin o 17,3 a 30,3 % po obohacení chleba 5 a 10 % práškem z moučných červů (*Tenebrio molitor*) (García-Segovia et al., 2020). Rovněž obohacení chleba sarančaty (*Locusta migratoria*) v rozmezí 1-5 % vedlo ke zvýšení obsahu bílkovin o 5,1 až 18,8 % (Althwab et al., 2021). Obohacení chleba práškem z jedlého hmyzu různého druhu vedlo rovněž k významnému zvýšení obsahu vlákniny. Například přídavek cvrččího prášku 2, 6 a 10 % vedlo ke zvýšení obsahu vlákniny o 17,5, 33,8 a 41,2 % (Kowalczewski et al., 2021). Podobně obohacení chleba pomocí přídavku 1, 3 a 5 % sarančat vedlo k nárůstu obsahu vlákniny o 18,9, 34,8 a 45,9 % (Althwab et al., 2021).

Výzkumy rovněž prokázaly zvýšení obsahu minerálních látek po přídavku lyofilizovaného hmyzu. Například obohacení chleba práškem z moučných červů o 5 a 10 % zvýšilo obsah popela o 31 a 36,5 % ve srovnání s kontrolními chleby (García-Segovia et al., 2020).

Obohacení chleba jedlým hmyzem tedy představuje inovativní způsob zlepšení nutričního profilu tohoto běžného potravinářského výrobku. Náhrada části mouky práškem z jedlého hmyzu však může ovlivnit fyzikální parametry chleba. K těm nejvýznamnějším se řadí zejména objem bochníku, barva kůrky, tvrdost či pružnost. Specifický objem je klíčovým ukazatelem technologické efektivity procesů při výrobě pečiva (Ananingsih et al., 2013). Vyšší objem chleba je obvykle spojen s větším ekonomickým ziskem pekaře, protože zvyšuje přitažlivost spotřebitelů. Ve většině studií objem chleba klesal s rostoucím přídatkem prášku z jedlého hmyzu. Pravděpodobnou příčinou je interference chitinu s lepem během hnětení, což má za následek nižší retenci plynu (Struck et al., 2018).

Dalším důležitým parametrem je barva kůrky chleba. Přídavek jedlého hmyzu obvykle vedl k tmavší barvě výsledného produktu. To lze přičíst zvýšené Maillardově reakci, která nastává při interakci mezi redukujícími sacharidy a aminokyselinami uvolňujícími se během pečení (Amoah et al., 2023).

Textura pekařských výrobků, zejména tvrdost a žvýkatelnost, jsou klíčovými parametry ovlivňující spotřebitelskou oblibu těchto produktů. Výzkum, který provedl Bawa et al. (2020) ukázal, že obohacení chleba práškem ze cvrčků v různých koncentracích (5, 10 a 15 %) vedlo ke zvýšení tvrdosti o 3,0, 12,7 a 16,5 % a žvýkatelnosti o 7,3, 12,0 a 38 % ve srovnání s kontrolními neobohacenými chleby. Podobné zvýšení tvrdosti bylo pozorováno také v jiných studiích, ve kterých byly pro obohacení využity cvrčci. Toto zvýšení je pravděpodobně způsobeno vyšším obsahem chitinu v obohacených produktech, což ovlivňuje strukturu těsta. Opačné výsledky byly pozorovány po přidavku moučných červů. To lze vysvětlit vyšším obsahem hydrofilních aminokyselin, které pomáhají v těstě zadržovat vodu (Wouters et al., 2016).

Vývojáři potravinářských produktů by tedy měli vždy pečlivě vyvažovat úroveň substituce hmyzím práškem, aby dosáhli zvýšení nutriční hodnoty, ale zároveň zachovali optimální organoleptické vlastnosti pro spotřebitele.

Sušenky a kreky

V literatuře jsou pouze omezené týkající se sušenek a krekrů obohacených zpracovaným jedlým hmyzem, Běžně používaným jedlým hmyzem jsou cvrčci, termiti, kobylky, sarančata, kukly bource morušového, mouční červi a larvy nosatce palmového, které mohou obecně nahradit surovinu v koncentracích mezi 5 a 25 % (Yazıcı & Özer, 2021).

Rovněž jako v případě chleba vedl přidavek jedlého hmyzu k významnému zvýšení obsahu bílkovin a minerálních látek. Například obohacení sušenek cvrččím práškem o 2, 6 a 10 % vedlo k nárůstu obsahu bílkovin o 22,1, 34,2 a 41 % (Smarzyński et al., 2021). Sriprablom et al. (2022) informovali o sušenkách obohacených práškem z moučného červa o 10, 20 a 30 % červa a zaznamenali významný nárůst obsahu popelovin o 6,3, 14,4 a 19,0 % (Sriprablom et al., 2022).

Ve studii provedené Smarzyński et al. (2021) vedlo částečné nahrazení pšeničné mouky práškem z cvrčků (2 %, 6 % nebo 10 %) v sušenkách ke zvýšení jejich nutriční i funkční hodnoty. Malý (2 %) přidavek cvrččího prášku zlepšil hodnocení chuti, textury, vzhledu a celkové vhodnosti sušenek. Další přidání cvrččího prášku (6 % a 10 %) však vedlo k výrazně nižšímu skóre ve spotřebitelském testu. S ohledem na tyto pozitivní výsledky malého přídatku cvrččího prášku by takový výrobek mohl být úspěšně uveden na trh.

2.8.2 Masné výrobky a náhražky masa

Maso hraje důležitou roli ve stravovacích návycích většiny západních spotřebitelů. Spotřeba masa neustále roste, a to především díky senzorickým kvalitám masa, rostoucímu celosvětovému průměrnému příjmu a životní úrovni v rostoucí populaci charakterizované měnícími se potravinovými preferencemi. Očekává se, že by spotřeba masa neměla v příštích letech klesat, naopak se předpokládá, že celosvětová produkce masa se více než zdvojnásobí (Caparros Megido et al., 2016).

Prášek z jedlého hmyzu se přidává do různých masných výrobků, jako jsou párky, uzeniny, klobásy, masové emulze, a dokonce i do náhražek masa. Tímto způsobem se snižuje závislost na tradičních zdrojích masa a otevírá se cesta k inovativním potravinářským produktům s vyšší nutriční hodnotou a nižší ekologickou stopou.

Masné náhražky, které často obsahují rostlinné bílkoviny, mohou být také obohaceny o hmyzí proteiny, aby lépe simulovaly chuť, texturu a nutriční složení skutečného masa. Náhražky masa jsou primárně rostlinného původu a jsou nejčastěji vyráběny z luštěnin (hlavně sóji) nebo obilovin. Rostlinné bílkoviny však nejsou plnohodnotné, a proto obohacení těchto výrobků jedlým hmyzem může vést ke zlepšení nutriční kvality těchto výrobků (Caparros Megido et al., 2016; Kim et al., 2022).

Přídavek zpracovaného jedlého hmyzu do klasických masných výrobků může ale také zlepšit jejich nutriční hodnotu. Například bylo hlášeno, že obohacení párek a jedlý hmyz vedlo ke zvýšení obsahu bílkovin, tuku i minerálních látek. Přídavek zpracovaného jedlého

hmyzu do sušeného masa typu jerky zase vedlo ke zlepšení profilu aminokyselin (Kim et al., 2022).

Zahrnutí hmyzích proteinů do masných výrobků přináší určitá vylepšení, ale současně jsou s tím spojeny také negativní vlivy. Studie naznačují, že technologické problémy související s texturou těchto produktů mohou být významné a protichůdné. Zjištění ukazují, že zvýšená koncentrace jedlého hmyzu často vede ke sníženým texturním vlastnostem, včetně nižší pevnosti, žvýkatelnosti a odolnosti ve srovnání s kontrolními úpravami, což je pravděpodobně způsobeno oslabením vnitřních molekulárních vazeb vedoucí k ovlivnění struktury výrobků.

Začlenění vyššího množství hmyzího prášku může dramaticky změnit tradiční chuťové preference a přijatelnost mnoha spotřebitelů, kteří mají stále rezervy v přijímání jedlého hmyzu kvůli jeho výrazné chuti a specifickým chuťovým vlastnostem (Borges et al., 2022; Rocchetti et al., 2024; Siddaraju & Negi, 2023).

Optimální množství přídavku hmyzu do masných výrobků je klíčové pro minimalizaci negativních vlivů na texturu a chuťové vlastnosti produktů. Podle dostupných studií je doporučeno, aby limity začlenění této nové udržitelné složky nepřesáhly 10 % hmotnostního podílu, aby se zabránilo nežádoucím změnám v masných výrobcích. Nižší koncentrace, jako například 5 % prášků z hmyzu, obvykle neovlivňují technologické vlastnosti výrobků. S přihlédnutím k těmto informacím je důležité najít optimální koncentraci hmyzího přídavku, která maximalizuje nutriční výhody a minimalizuje negativní vlivy na texturu, chuť a akceptaci spotřebitelů (Rocchetti et al., 2024).

3. Použité metody

Hlavním cílem této práce bylo analyzovat postoj konzumentů v České republice k jedlému hmyzu se zaměřením na jejich zkušenosti, předchozí konzumaci a připravenost začlenit jedlý hmyz do své výživy (viz **Kapitola 3.1**). Dalším cílem této práce bylo zhodnocení dostupnosti výrobků z jedlého hmyzu na českém trhu (viz **Kapitola 3.2**).

3.1. Dotazníkové šetření

Pro analýzu postojů konzumentů v České republice k jedlému hmyzu byl sestaven dotazník (viz **Příloha 1**), distribuovaný v rámci akce Noc vědců 2023, která se uskutečnila na České zemědělské univerzitě v Praze. Respondenti měli v rámci této akce možnost ochutnat tři druhy kulinárně upraveného jedlého hmyzu ve viditelné podobě a rovněž dva výrobky s obsahem jedlého hmyzu ve formě mouky z potměníka moučného reprezentující skrytou podobu jedlého hmyzu. Respondentům byly položeny 3 sociodemografické otázky týkající se jejich pohlaví, věku a vzdělání a následně celkem 8 uzavřených otázek týkajících se konzumace jedlého hmyzu. Respondentům byly položeny následující otázky:

1. Konzumoval/a jste někdy jedlý hmyz?
2. Kde jste konzumoval/a jedlý hmyz?
3. Jaký je Váš postoj k jedlému hmyzu?
4. Viděl/a jste někdy výrobek z jedlého hmyzu v obchodě nebo na internetu?
5. Koupil/a jste si někdy výrobek z jedlého hmyzu?
6. V jaké formě preferujete konzumaci jedlého hmyzu?
7. Jakým zážitkem pro Vás bylo ochutnání jedlého hmyzu?
8. Jaký druh jedlého hmyzu Vás zaujal nejvíce?

Cílem tohoto dotazníku bylo rovněž zjistit, která forma jedlého hmyzu je v mezi českými konzumenty preferovaná a také který druh jedlého hmyzu konzumenty nejvíce zaujal.

3.1.1 Respondenti

Celkově bylo osloveno 130 respondentů různého pohlaví, věkové kategorie i vzdělání. Hodnocení se mohli dobrovolně zúčastnit všichni účastníci Noci vědců na České zemědělské univerzitě v Praze s českým státním občanstvím. Sociodemografické charakteristiky jsou zobrazeny v **Tabulce 6**.

Tabulka 6: Sociodemografické charakteristiky respondentů

Pohlaví		
	Absolutní četnost	Relativní četnost (%)
Muž	58	45
Žena	72	55
Věk		
	Absolutní četnost	Relativní četnost (%)
≤ 20 let	45	35
21-40 let	44	34
≥ 41 let	41	32
Vzdělání		
	Absolutní četnost	Relativní četnost (%)
Základní	43	33
Středoškolské	37	28
Vysokoškolské	50	38

3.1.2 Příprava vzorků

Příprava vzorků zahrnovala chov jedlého hmyzu a jeho následné usmrcení. Pro přípravu viditelné formy jedlého hmyzu byly všechny tři druhy jedlého hmyzu kulinárně upraveny pražením na pánvi a dochuceny grilovacím kořením. Příprava skryté formy jedlého hmyzu pak zahrnovala lyofilizaci vzorků, jejich homogenizaci do podoby mouky a následnou přípravu moučníků s přidavkem mouky z jedlého hmyzu. Detailní popis chovu, usmrcení a přípravy jednotlivých forem jedlého hmyzu je uveden v následujících kapitolách.

3.1.2.1. Chov jedlého hmyzu

Tenebrio molitor

Tenebrio molitor (potemník moučný) byl chován v insektáriu České zemědělské univerzity v Praze při stabilní teplotě 26-28 °C a vlhkosti 40-50 %. Během chovu byla dodržována světelná perioda 12 h světla a 12 h tmy. Potemníci byli krmeni směsí kuřecího krmiva a pšeničných otrub v poměru 4:1 *m:m* a obden kousky jablek jako zdroj tekutin.

Locusta migratoria

Locusta migratoria (saranče stěhovavá) byla chována v insektáriu České zemědělské univerzity v Praze při stabilní teplotě 28-30 °C a vlhkosti 25-35 %. Pro lokální vyhřátí jedinců až na teplotu 40 °C byly využity bodové žárovky. Během chovu byla dodržována světelná perioda 15 hodin světla a 9 hodin tmy, simulující přirozené denní cykly. Hlavní

složkou stravy bylo kuřecí krmivo vyrobené Demonstračním a experimentálním centrem Fakulty agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů České zemědělské univerzity v Praze. Krmivo bylo složeno ze pšenice (78 %), sójového šrotu (17,6 %), řepkového oleje (1,8 %), vápence (1,0 %), fosforečnanu vápenatého (0,7 %), vitaminového premixu (0,5 %), uhličitanu sodného (0,4 %) a soli (0,1 %). Kromě toho dostávali jedinci každý den čerstvou travu a měli k dispozici hydrogel. Locusty byly sklizeny po 70 dnech.

Acheta domestica

Acheta domestica (cvrček domácí) byl chován při stabilní teplotě 26-28 °C a vlhkosti 40-50 %. Krmivo bylo složeno ze pšenice (78 %), sójového šrotu (17,6 %), řepkového oleje (1,8 %), vápence (1,0 %), fosforečnanu vápenatého (0,7 %), vitaminového premixu (0,5 %), uhličitanu sodného (0,4 %) a soli (0,1 %) a jako zdroj vody byl podáván hydrogel. Sklizeň byla prováděna 60. den.

3.1.2.2. Lačnění a usmrcení

Všechny vzorky byly před usmrcením ponechány 24 hodin vyláčet a následně byly usmrceny zmrazením při -80 °C. Takto připravené vzorky byly skladovány v mrazáku o teplotě -80 °C až do jejich následné kulinární úpravy, přičemž zhruba 500 g zmrazeného *Tenebrio molitor* bylo odebráno pro výrobu mouky.

3.1.2.3. Příprava mouky z moučného červa (*Tenebrio molitor*)

Předem zmrazené vzorky *Tenebrio molitor* byly lyofilizovány (lyofilizátor Coolsafe, Scanvac) po dobu 72 hodin a následně homogenizovány za využití kávového mlýnku (Grindomix, Retsch).

3.1.2.4. Příprava perníkové buchtý s 15% přídatkem mouky z moučného červa

Použité suroviny:

- 100 ml řepkového oleje
- 200 g cukru krupice
- 250 ml polotučného mléka
- 340 g polohrubé mouky
- 60 g mouky z moučného červa

- 1 polévková lžíce kakaa
- 1 balíček kypřicího prášku do perníku

Postup přípravy:

Všechny tekuté suroviny byly smíchány a následně k nim byl přidán cukr, prosátá mouka z moučného červa, prosátá polohrubá mouka, prosáté kakao a kypřicí prášek do perníku. Celá směs byla důkladně promíchána, přelita do předem vymazané a vysypané formy a pečena po dobu 30 minut v horkovzdušné troubě vyhřáté na 150 °C (recept: vlastní zdroj).

3.1.2.5. Příprava brownies s 15% přídavkem mouky z moučného červa

Použité suroviny:

- 350 g tmavé čokolády (70%)
- 250 g másla
- 3 velká vejce (velikost L)
- 250 g cukru krupice
- 72 g hladké mouky
- 13 g mouky z moučného červa
- 1 čajová lžička kypřicího prášku do pečiva

Postup přípravy:

Vejce byla vyšlehána do pěny, následně byl do pěny zašlehán cukr. Nalámaná čokoláda byla společně s máslem nakrájeným na kostky rozpuštěna ve vodní lázni a následně vmíchána do vaječné pěny. Poté byla do směsi proseta hladká mouka, mouka z moučného červa a kypřicí prášek do pečiva. Celá směs byla vymíchána do hladka a následně přelita do předem vymazané a vysypané formy. Brownies bylo pečeno po dobu 35 minut při 150 °C v horkovzdušné troubě (recept: vlastní zdroj).

3.2. Průzkum trhu

V rámci této práce byl proveden rovněž průzkum českého trhu, při kterém se zjišťovala dostupnost výrobků z jedlého hmyzu ve vybraných obchodních řetězcích, které navštěvuje značná část české populace. Dostupnost produktů z jedlého hmyzu byla zjišťována jednak fyzickými návštěvami prodejen a rovněž kontaktováním obchodních řetězců

prostřednictvím e-mailové korespondence. Navštíveny a kontaktovány byly následující obchodní řetězce: Lidl, Billa, Kaufland, Albert, Penny, Globus, Delmart, Tesco a Norma. Rovněž byl proveden průzkum trhu na internetu. Pro vyhledávání byl zvolen internetový vyhledávač Google, do kterého byla zadána klíčová slova „jedlý hmyz“. Prozkoumáno bylo prvních 20 nalezených výsledků vyhledávání.

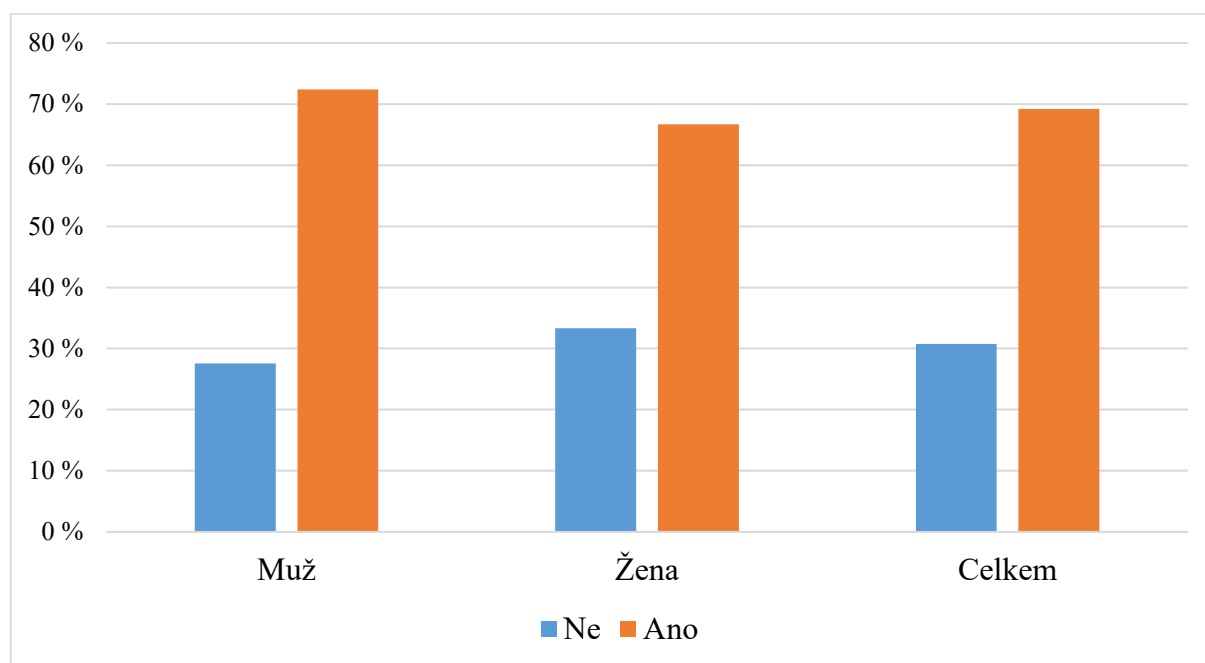
4. Výsledky

4.1. Dotazníkové šetření

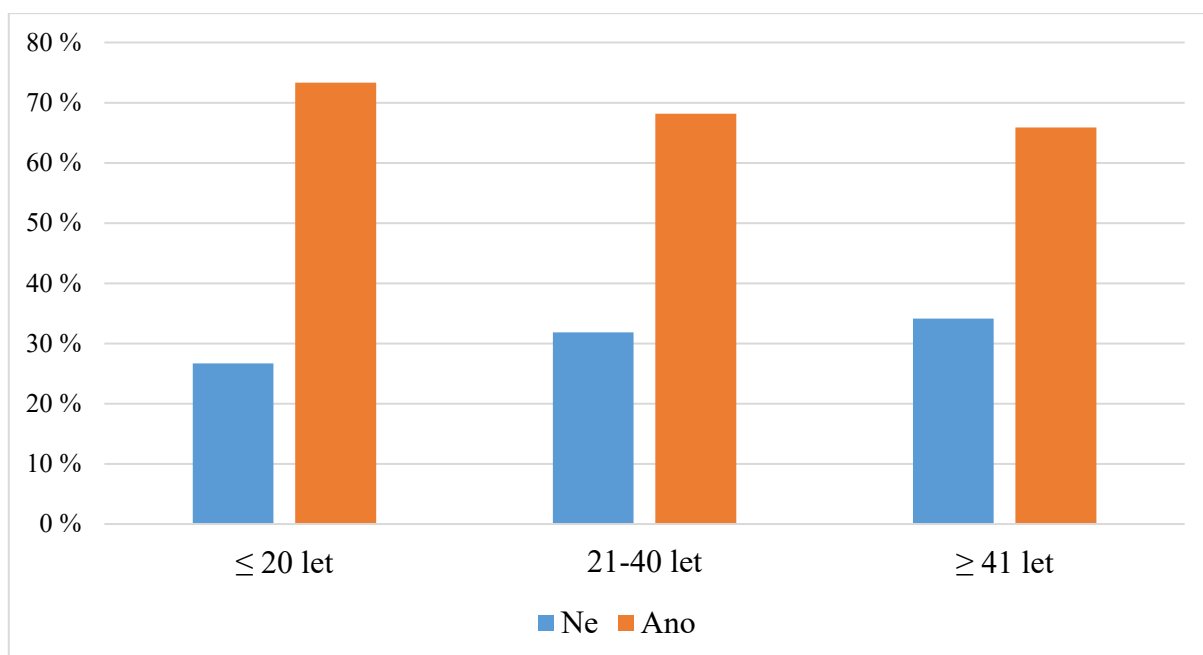
Předchozí konzumace jedlého hmyzu

První otázka byla zaměřená na předchozí konzumaci jedlého hmyzu. Respondenti mohli vybírat ze dvou možností odpovědí: ano a ne.

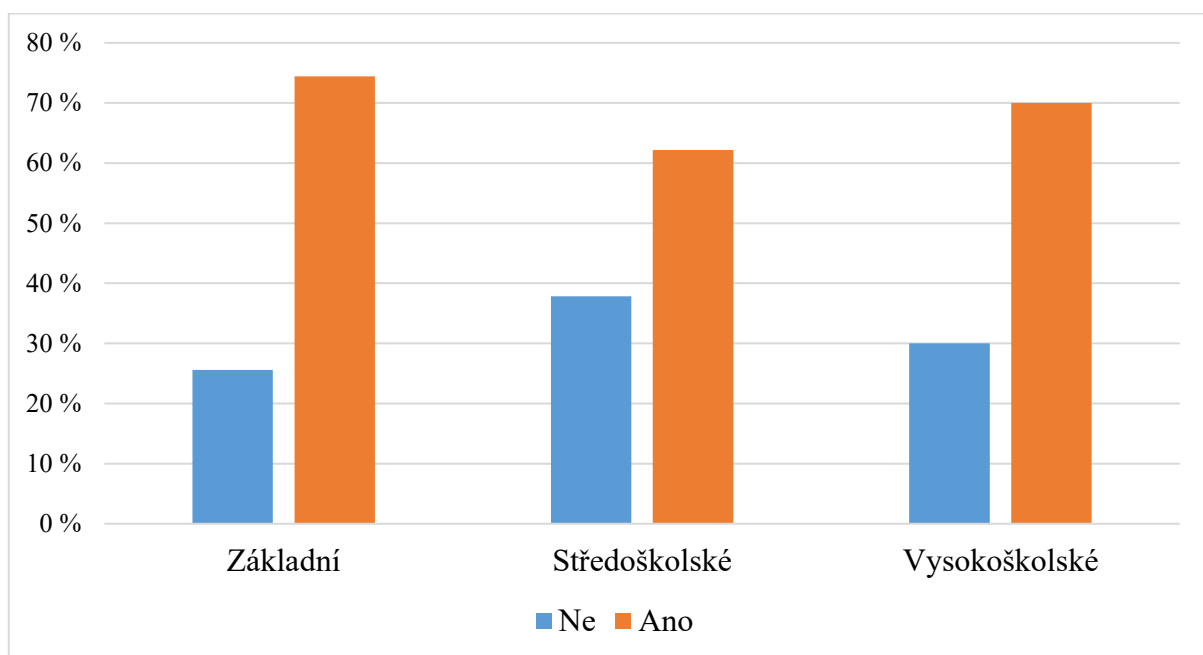
Bylo zjištěno, že celkem 69 % respondentů již dříve konzumovalo jedlý hmyz nebo výrobek s obsahem jedlého hmyzu, přičemž celkem 72 % mužů a 67 % žen odpovědělo ano (**Graf 1**). Hmyz byl nejvíce konzumován ve věkové kategorii do 20 let (73 %), přičemž míra předchozí konzumace jedlého hmyzu mírně klesala v následujících věkových kategoriích (68 % ve věkové kategorii 21-40 let a 66 % ve věkové kategorii nad 41 let) (**Graf 2**). Nejvyšší předchozí konzumace jedlého hmyzu byla zaznamenána u respondentů se základním vzděláním (74 %), následováno vysokoškolsky vzdělanými respondenty (70 %) a nejméně byla předchozí konzumace jedlého hmyzu a výrobků z něj zaznamenána u respondentů se středoškolským vzděláním (**Graf 3**).



Graf 1: Předchozí konzumace jedlého hmyzu nebo výrobku s obsahem jedlého hmyzu v závislosti na pohlaví



Graf 2: Předchozí konzumace jedlého hmyzu nebo výrobku s obsahem jedlého hmyzu v závislosti na věku

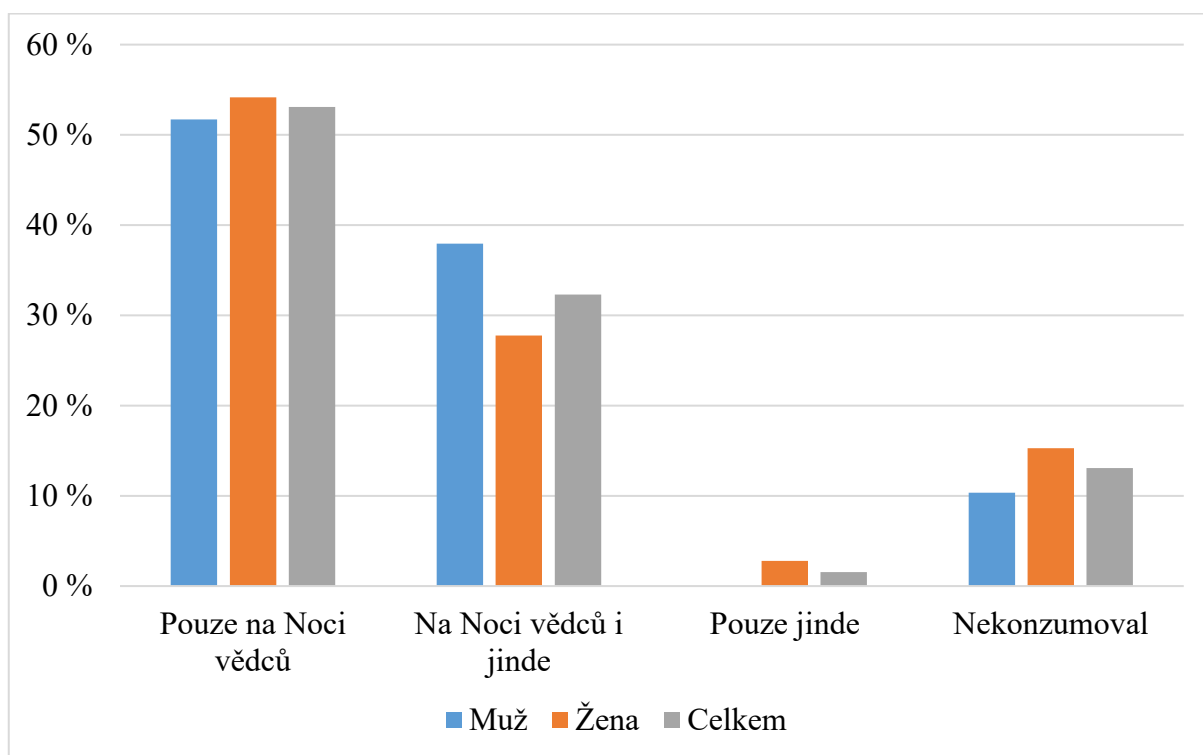


Graf 3: Předchozí konzumace jedlého hmyzu nebo výrobku s obsahem jedlého hmyzu v závislosti na vzdělání

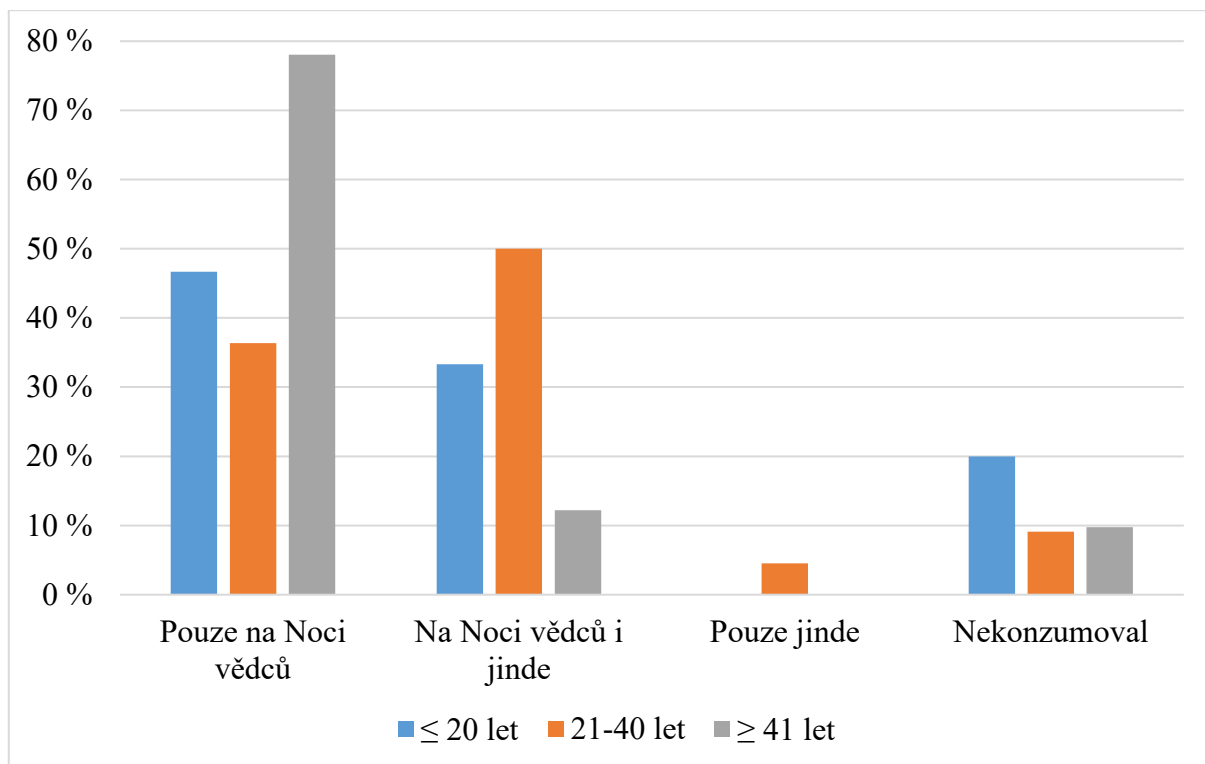
Místo konzumace jedlého hmyzu

Cílem druhé otázky bylo zjistit, kolik respondentů konzumovalo jedlý hmyz pouze na akci Noc vědců a kolik respondentů konzumovalo jedlý hmyz také mimo zmíněnou akci. Respondenti měli na výběr ze čtyř odpovědí: pouze na Noci vědců, na Noci vědců i jinde, pouze jinde a jedlý hmyz jsem nekonsumoval/a.

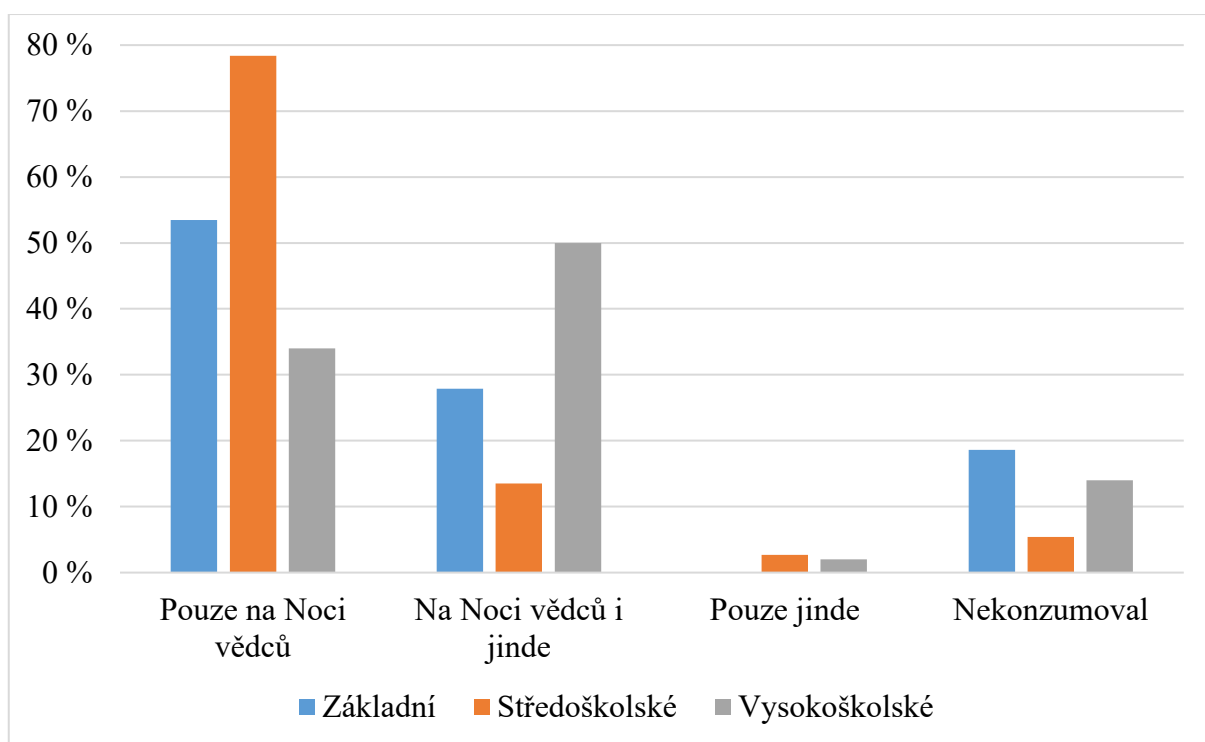
Bylo zjištěno, že respondenti konzumovali jedlý hmyz nejvíce na akci Noc vědců. Na Noci vědců i jinde konzumovala jedlý hmyz téměř třetina respondentů, přičemž muži konzumovali jedlý hmyz také mimo tuto akci více (38 %) než ženy (28 %). Průměrně 13 % respondentů jedlý hmyz nekonzumovalo vůbec. Jen minimum respondentů konzumovalo jedlý hmyz pouze mimo akci Noc vědců (**Graf 4**). Pouze na Noci vědců konzumovalo jedlý hmyz nejvíce respondentů nad 41 let (78 %), méně pak ve věkové kategorii do 20 let (47 %) a nejméně ve věkové kategorii od 21 do 40 let. Ve věkové kategorii od 21 do 40 let byla nejčastější zmíněnou odpovědí konzumace jedlého hmyzu na Noci vědců i jinde (50 %) (**Graf 5**). Pouze na Noci vědců konzumovalo jedlý hmyz nejvíce středoškolsky vzdělaných respondentů (78 %), na Noci vědců i jinde pak konzumovalo jedlý hmyz nejvíce vysokoškolsky vzdělaných respondentů (50 %) (**Graf 6**).



Graf 4: Místo konzumace jedlého hmyzu v závislosti na pohlaví



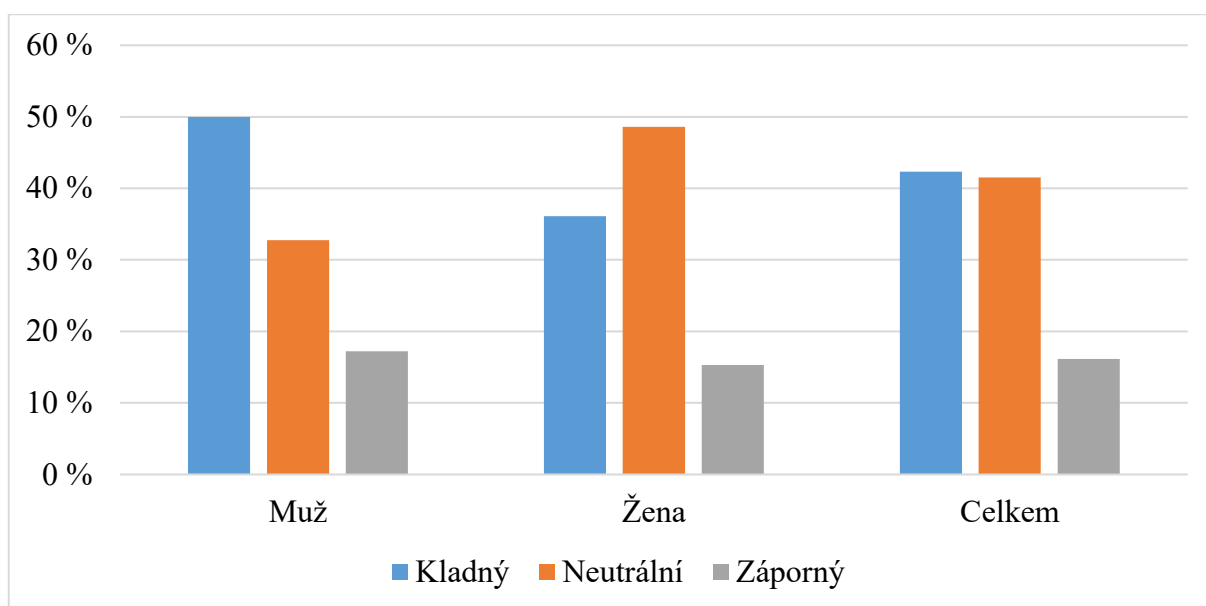
Graf 5: Místo konzumace jedlého hmyzu v závislosti na věku



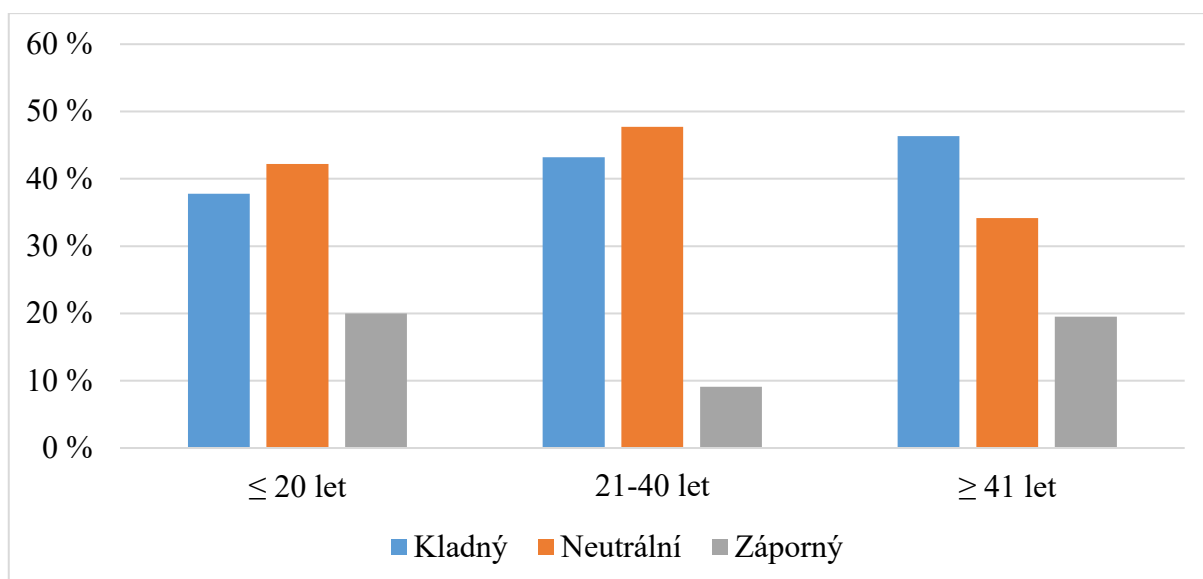
Graf 6: Místo konzumace jedlého hmyzu v závislosti na vzdělání

Postoj ke konzumaci jedlého hmyzu

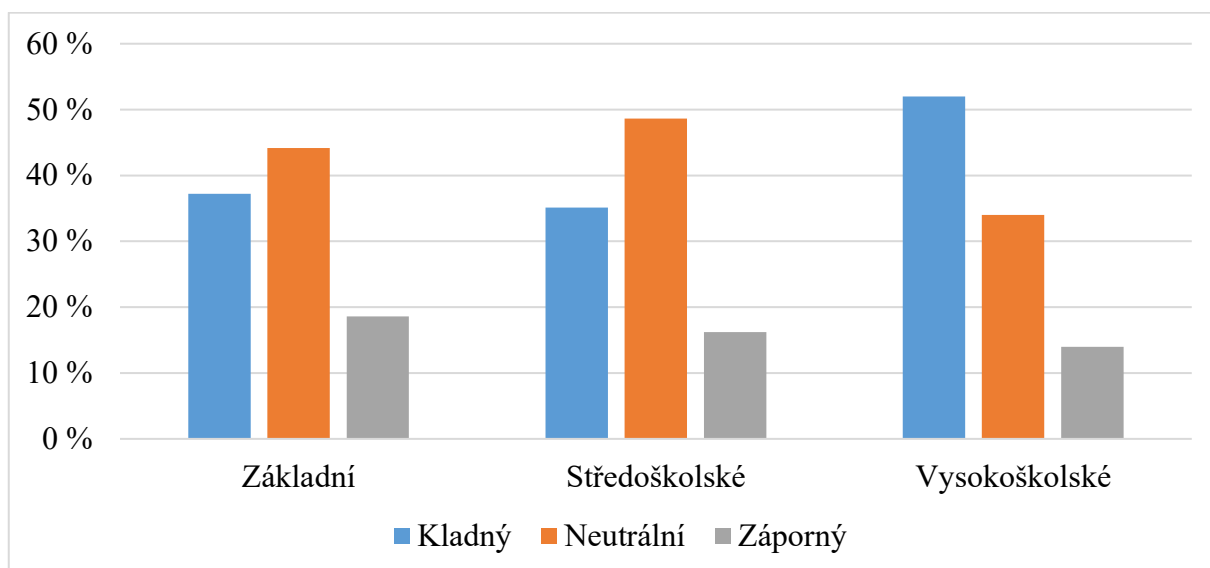
Třetí otázka byla zaměřena na postoj respondentů ke konzumaci jedlého hmyzu. Respondenti měli na výběr ze tří odpovědí: kladný postoj, neutrální postoj a záporný postoj. V rámci této otázky bylo zjištěno, že celkově má nejvíce respondentů ke konzumaci jedlého hmyzu kladný nebo neutrální vztah a pouze 16 % respondentů má k entomofagii vztah záporný (**Graf 7**). Více respondentů s kladným vztahem bylo zaznamenáno mezi muži (50 %), mezi ženami mělo kladný vztah k entomofagii pouze 36 % žen, nicméně je potřeba podotknout, že více žen ve srovnání s muži mělo k entomofagii vztah neutrální (49 % ženy, 33 % muži). Nejvíce respondentů s kladným vztahem ke konzumaci jedlého hmyzu bylo ve věkové skupině nad 41 let (46 %), nejméně pak ve věkové skupině do 20 let (38 %). Záporný vztah k entomofagii byl srovnatelný ve věkových skupinách do 20 let a nad 41 let (20 %). Ve věkové skupině od 21 do 40 let byl negativní postoj ke konzumaci jedlého hmyzu nejmenší (9 %) (**Graf 8**). Nejvíce respondentů s kladným vztahem k entomofagii bylo mezi vysokoškolsky vzdělanými respondenty (52 %), nejméně pak mezi středoškolsky vzdělanými respondenty (35 %) (**Graf 9**).



Graf 7: Postoj k jedlému hmyzu v závislosti na pohlaví



Graf 8: Postoj ke konzumaci jedlého hmyzu v závislosti na věku

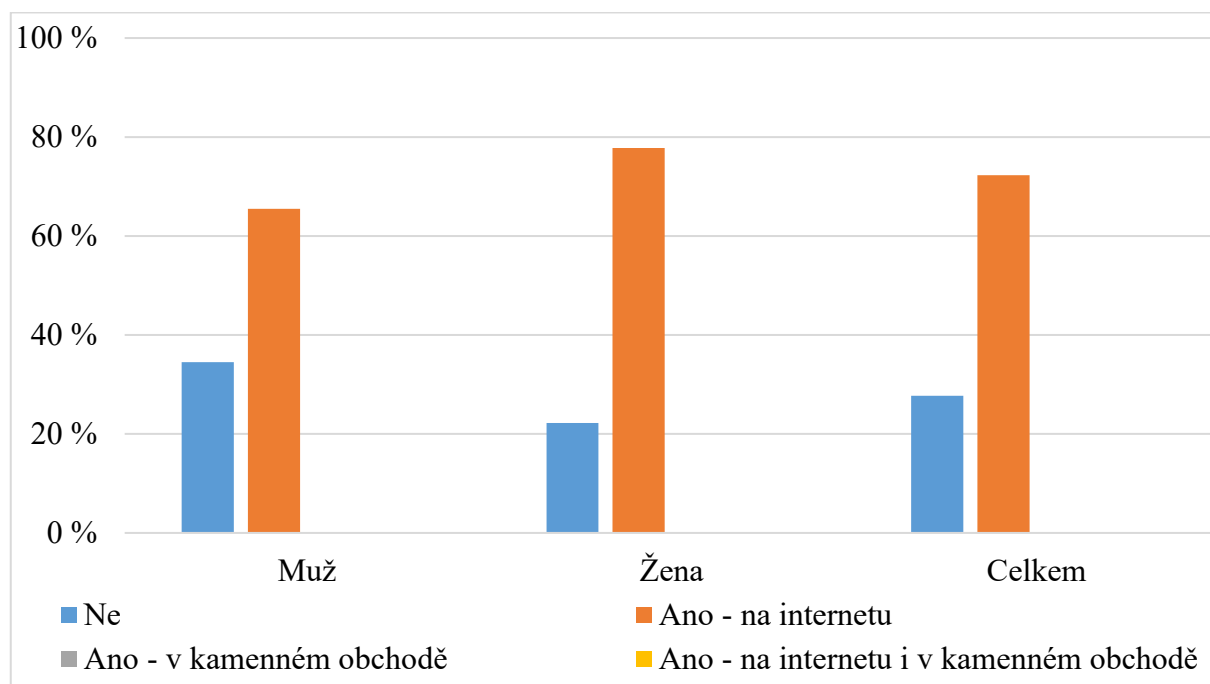


Graf 9: Postoj ke konzumaci jedlého hmyzu v závislosti na vzdělání

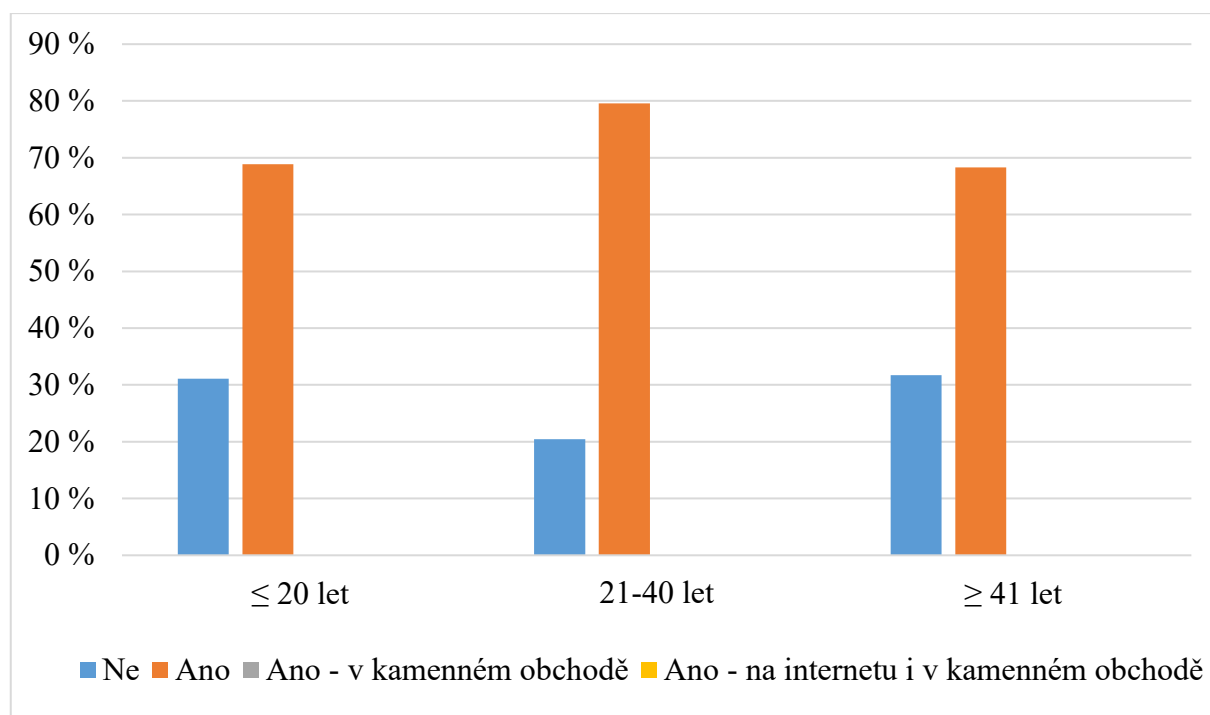
Setkání se s produkty z jedlého hmyzu v obchodech nebo na internetu

Cílem čtvrté otázky bylo zjistit, jestli se respondenti někdy setkali s výrobkem z jedlého hmyzu a pokud ano, tak jestli se s výrobkem setkali na internetu nebo v kamenném obchodě. Respondenti měli na výběr ze čtyř variant odpovědí: ano - v kamenném obchodě, ano - v internetovém obchodě, ano - v kamenném i internetovém obchodě a ne. Celkem 72 % respondentů se již setkalo s jedlým hmyzem na internetu. S jedlým hmyzem se na internetu setkalo 65 % mužů a 72 % žen (**Graf 10**). Nejvíce se s jedlým hmyzem na internetu setkali respondenti ve věku 21 až 40 let, méně pak respondenti mladší 20 let (69 %) a respondenti starší 41 let (68 %) (**Graf 11**). Ve vztahu ke vzdělání se na internetu s jedlým hmyzem

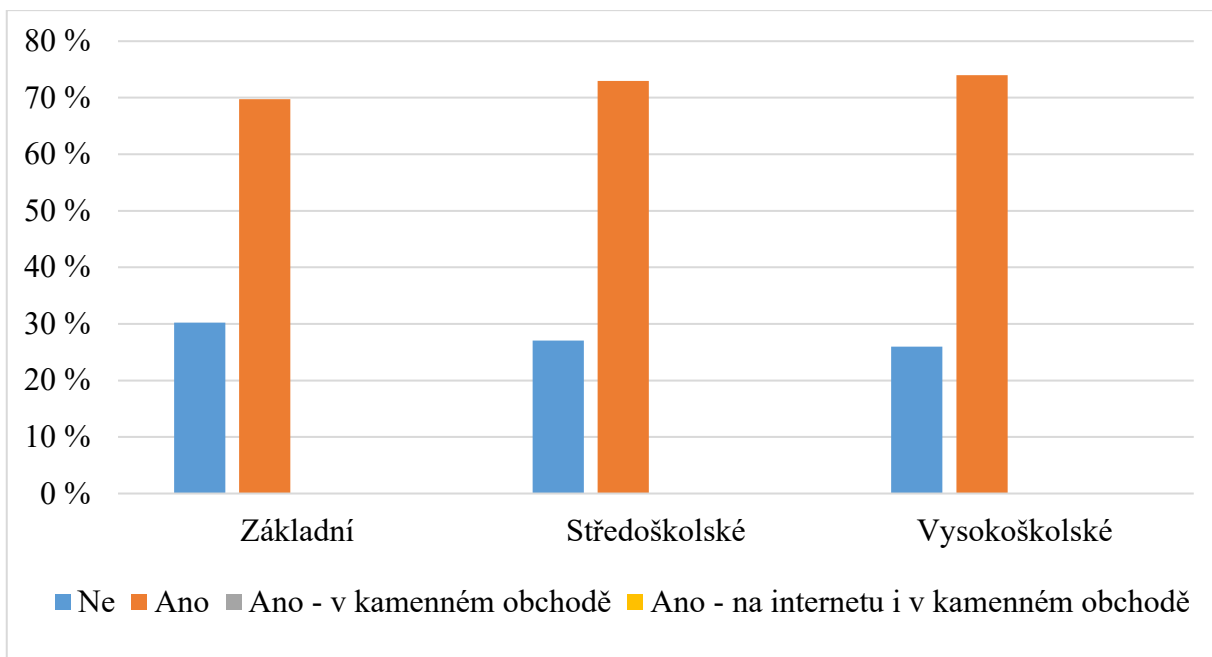
setkalo nejvíce respondentů vysokoškolským vzděláním (74 %), následováno středoškolsky vzdělanými respondenty (73 %) a nejméně se základním vzděláním (70 %) (**Graf 12**). V kamenném obchodě se s jedlým hmyzem nesetkal žádný z respondentů.



Graf 10: Setkání se s produkty z jedlého hmyzu v závislosti na vzdělání



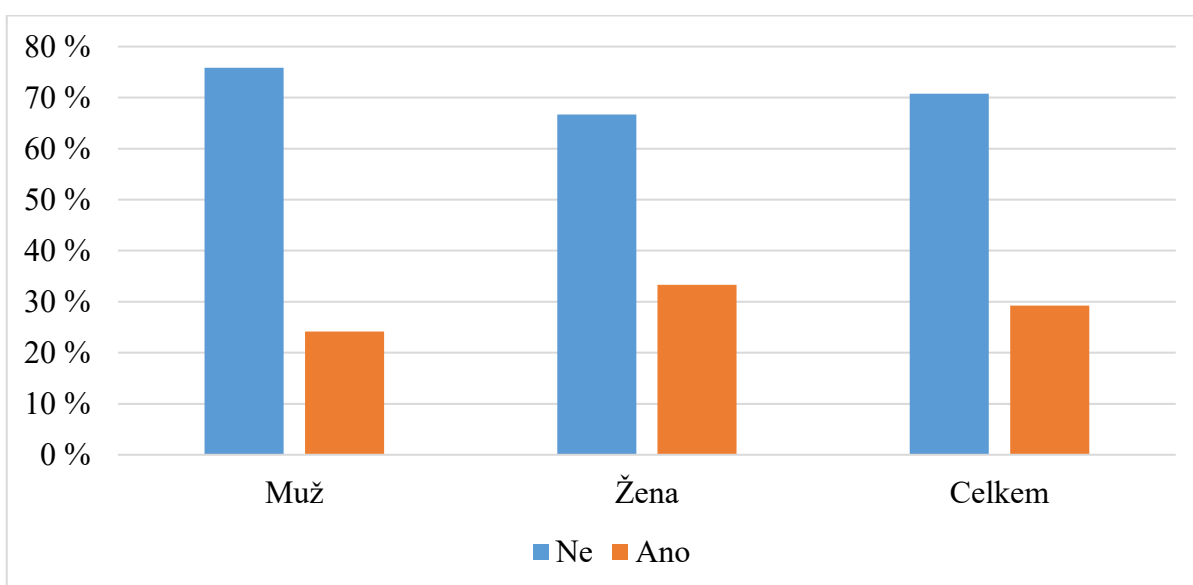
Graf 11: Setkání se s produkty z jedlého hmyzu v závislosti na vzdělání



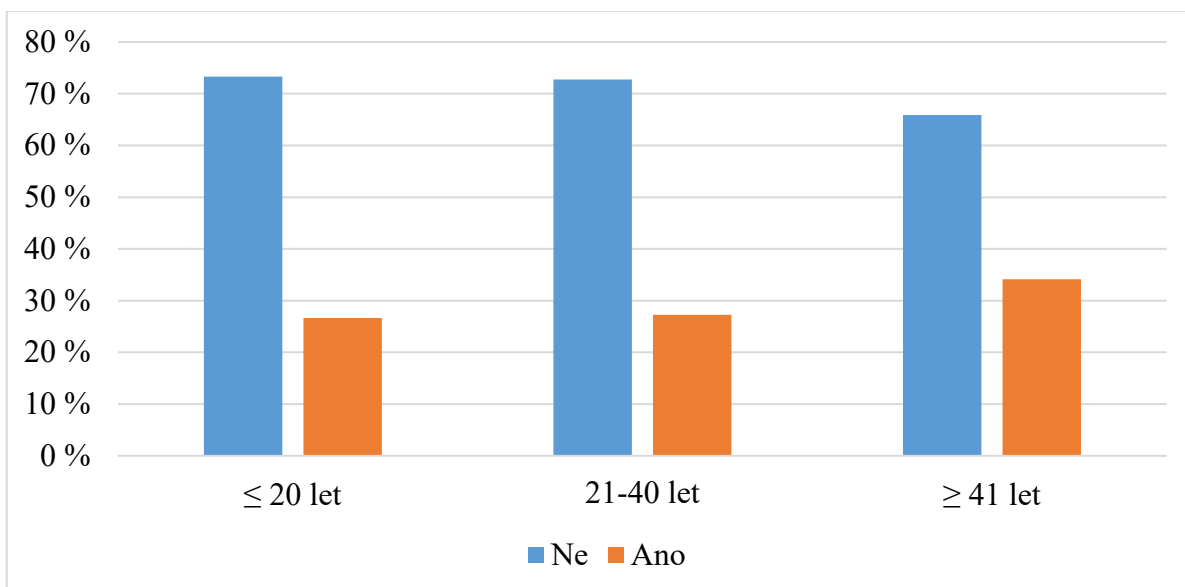
Graf 12: Setkání se s produkty z jedlého hmyzu v závislosti na vzdělání

Zakoupení jedlého hmyzu

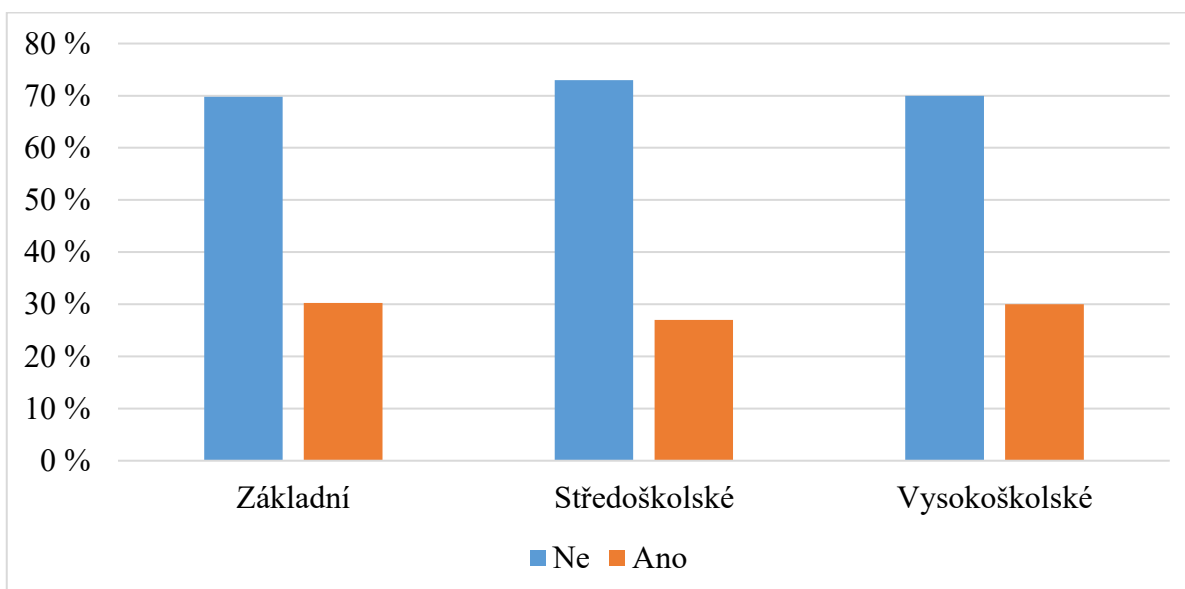
Jedlý hmyz nebo výrobek obsahující jedlý hmyz si celkem zakoupilo pouze 29 % lidí (**Graf 13**). Jedlý hmyz si zakoupilo více žen (33 %) než mužů (24 %). Nejvíce si jedlý hmyz zakoupili respondenti ve věku nad 41 let (34 %), méně si poté hmyz zakoupili v mladších věkových skupinách (shodně 27 %) (**Graf 14**). Hmyz si zakoupilo více respondentů se základním a vysokoškolským vzděláním (shodně 30 %) a nejméně respondentů se středoškolským vzděláním (27 %) (**Graf 15**).



Graf 13: Zakoupení jedlého hmyzu v závislosti na pohlaví



Graf 14: Zakoupení jedlého hmyzu v závislosti na věku

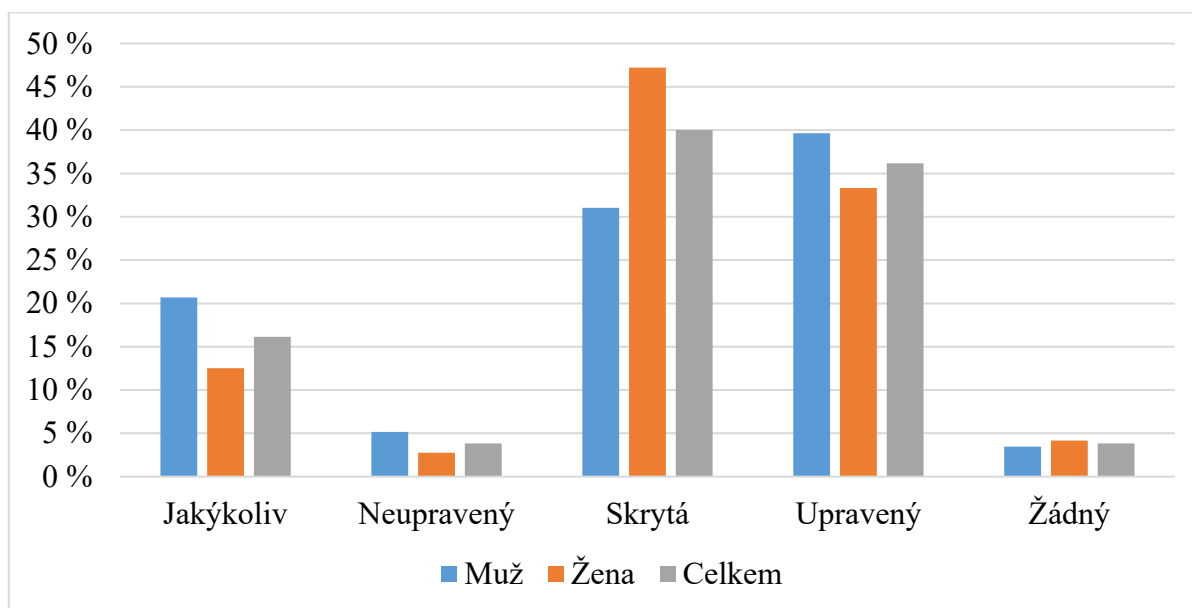


Graf 15: Zakoupení jedlého hmyzu v závislosti na vzdělání

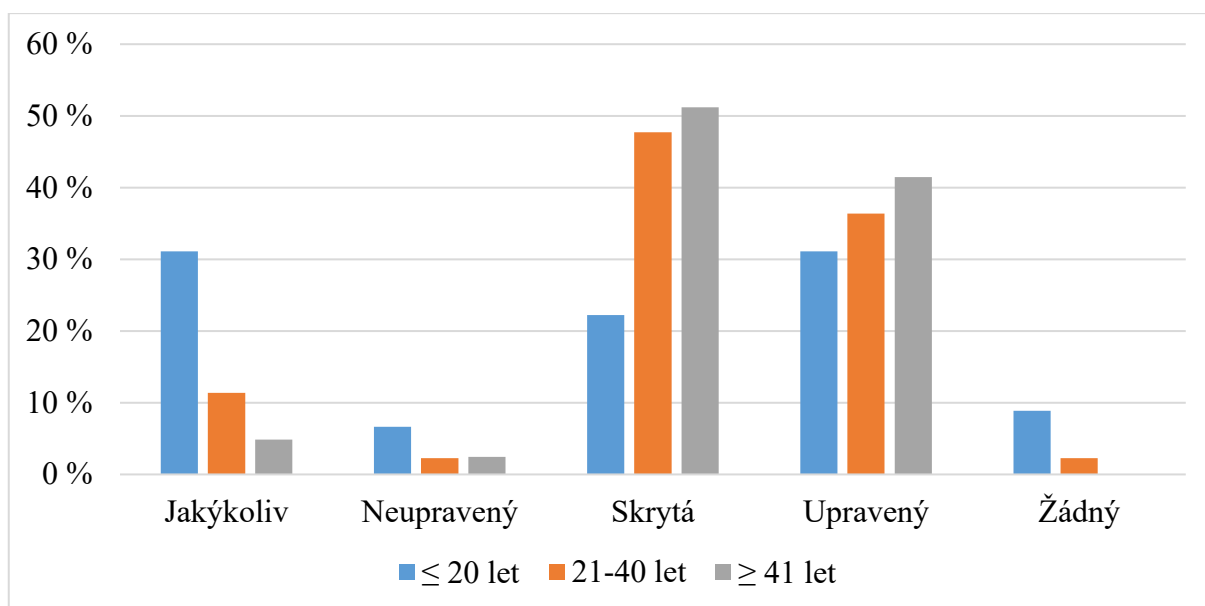
Preferovaná forma konzumace jedlého hmyzu

Tato otázka byla zaměřena na preferovanou formu jedlého hmyzu, která respondenty nejvíce zaujala. Respondenti měli na výběr z pěti možností: forma skrytá (jedlý hmyz byl začleněn do potraviny v podobě mouky), celý – kulinárně upravený (jedlý hmyz byl kulinárně upraven, jednalo se však o viditelnou formu jedlého hmyzu), celý – kulinárně neupravený (respondent preferuje jedlý hmyz v syrové podobě bez jakékoli kulinární úpravy), jakýkoliv (respondentovi nevadí ani jedna z možností) a žádný (respondent by si nevybral ani jednu z možností a k entomofagii má negativní postoj). Obecně

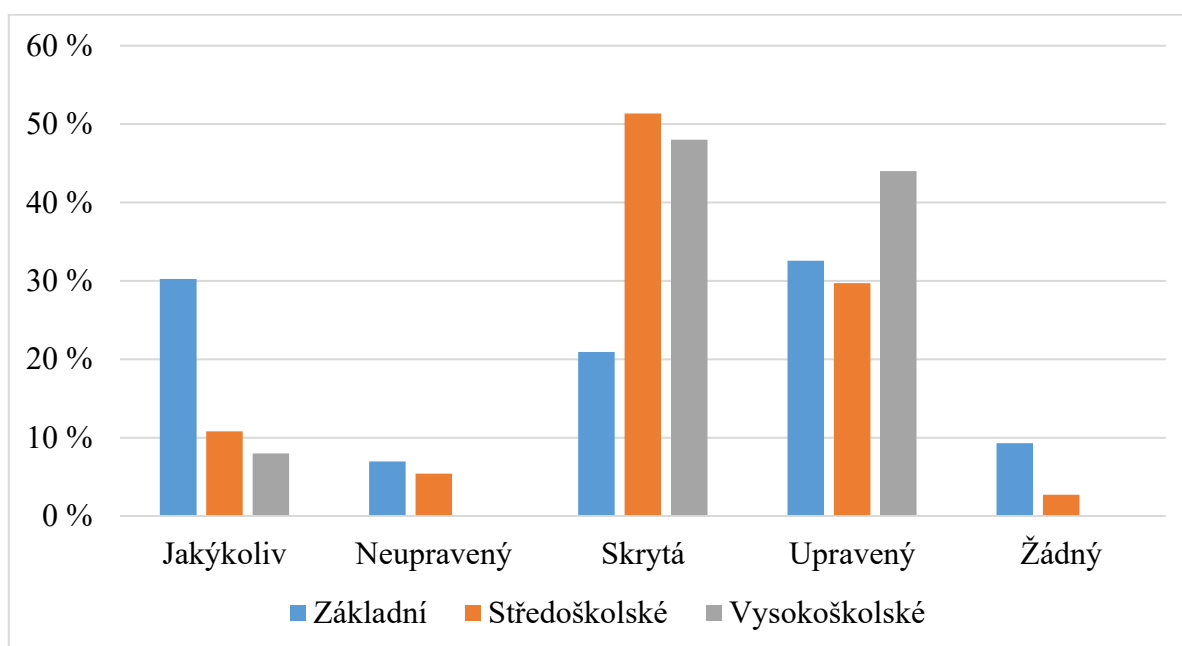
respondenty zaujala nejvíce skrytá forma jedlého hmyzu (40 %), přičemž 47 % dotázaných žen a 31 % mužů by tuto podobu preferovalo. Zajímavým zjištěním je, že muži by obecně preferovali více kulinárně upravený jedlý hmyz (40 %) než jedlý hmyz ve skryté podobě (31 %). Zhruba 21 % mužů a 12,5 % by preferovalo jakoukoli formu jedlého hmyzu a pouze malá část respondentů (průměrně 4 %) by ne zvolila žádnou formu jedlého hmyzu (**Graf 16**). Skrytá forma byla nejčastěji preferovanou podobou zejména u respondentů nad 41 let (51 %), stejně tak jako u respondentů od 21 do 40 let (48 %). Ve věkové kategorii do 20 let byl nejoblíbenější kulinárně upravený jedlý hmyz ve viditelné podobě (31 %) a rovněž jakákoliv podoba jedlého hmyzu (31 %) (**Graf 17**). U respondentů se základním vzděláním byl preferován nejvíce kulinárně upravený jedlý hmyz (33 %) následovaný jakoukoli úpravou jedlého hmyzu (30 %). Mezi středoškolsky vzdělanými respondenty byla nejoblíbenější formou skrytá podoba (51 %) a poté kulinárně upravený jedlý hmyz (30 %). Rovněž u vysokoškolsky vzdělaných respondentů byla nejoblíbenější skrytá forma (48 %) následovaná kulinárně upraveným jedlým hmyzem (44 %). Zajímavým zjištěním bylo, že v této věkové kategorii nikdo neoznačil odpověď žádný ani kulinárně neupravený (**Graf 18**).



Graf 16: Preferovaná forma konzumace jedlého hmyzu v závislosti na pohlaví



Graf 17: Preferovaná forma konzumace jedlého hmyzu v závislosti na věku

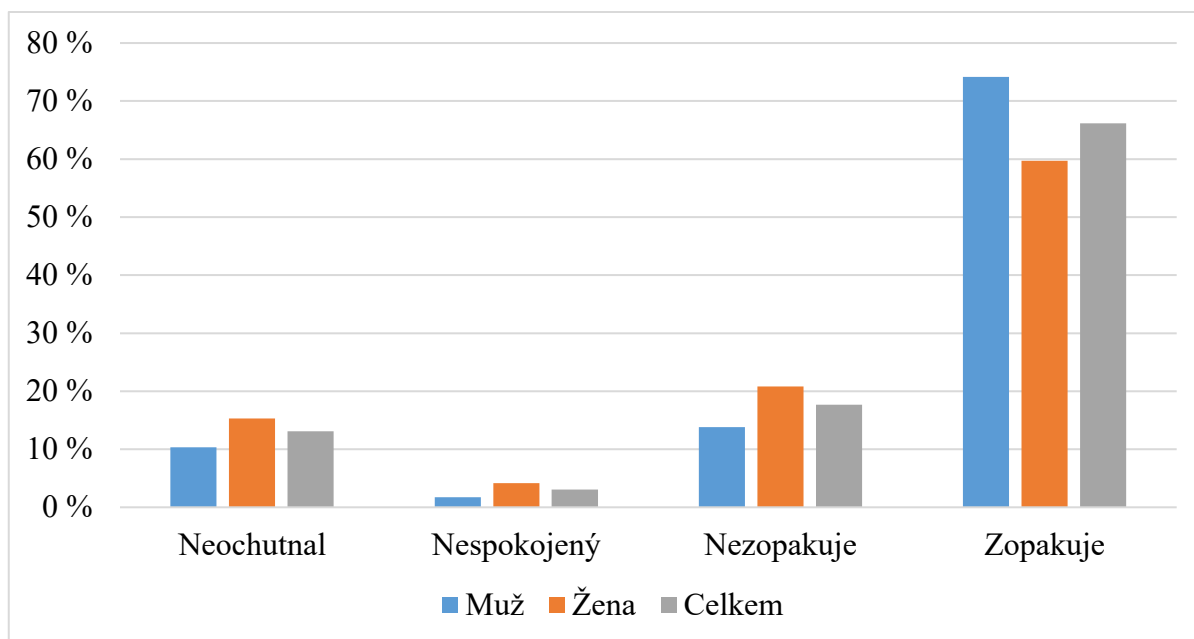


Graf 18: Preferovaná forma konzumace jedlého hmyzu v závislosti na vzdělání

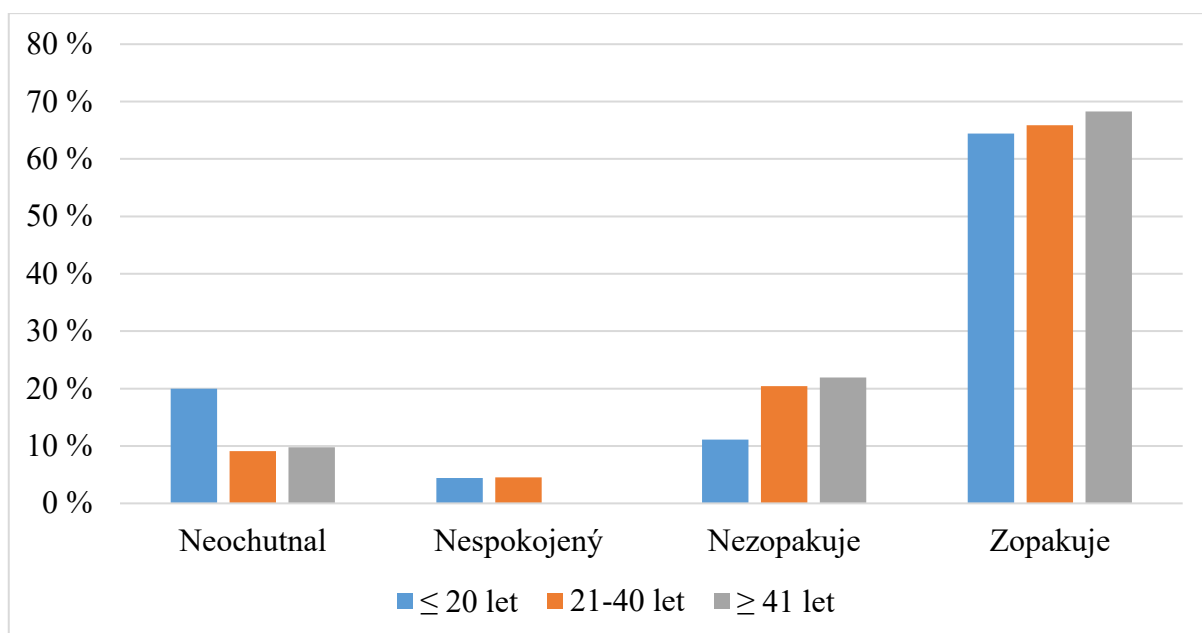
Zážitek z ochutnání jedlého hmyzu

Tato otázka byla zaměřena na reakci respondentů na ochutnávané vzorky. Respondenti měli na výběr ze čtyř možností odpovědí: hmyz jsem neochutnal/a, hmyz jsem ochutnal/a, ale nechutnal mi, hmyz jsem ochutnal/a, chutnat mi, ale znova bych si ho nedal a hmyz jsem ochutnal/a, chutnat mi a určitě si ho někdy dám znova. Pozitivním zjištěním bylo, že celkově 66 % respondentů jedlý hmyz ochutnalo a jeho konzumaci zopakuje. Konzumaci zopakuje

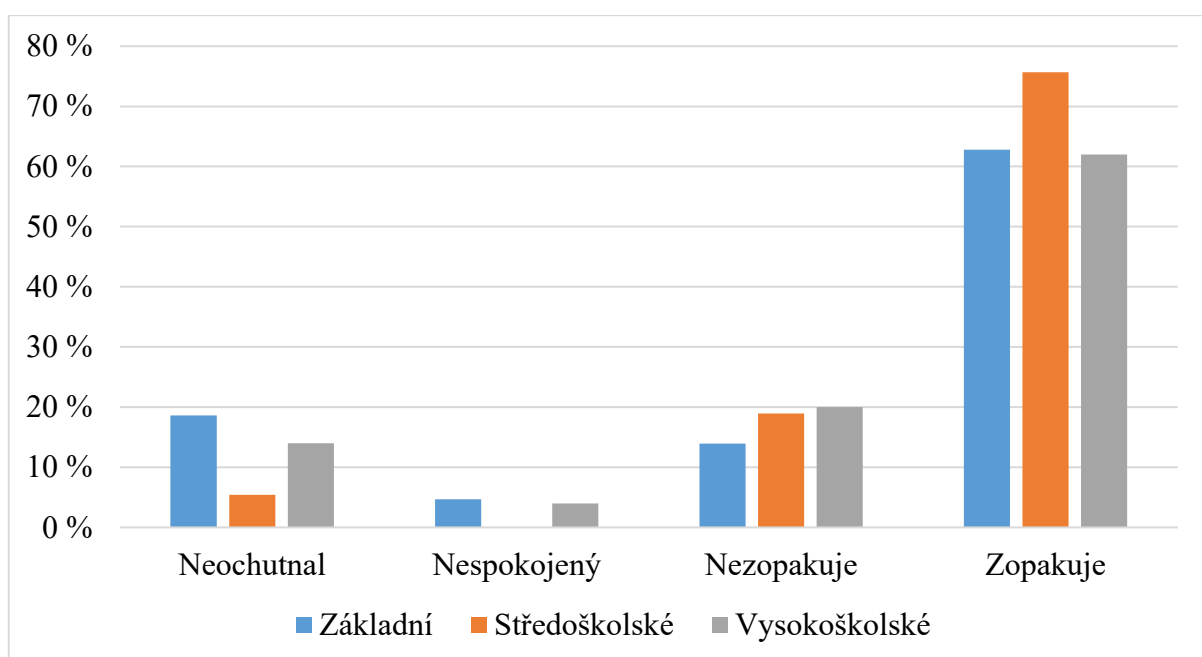
více mužů (74 %) než žen (60 %). Druhou nejčastější odpovědí, a to nezávisle na pohlaví bylo, že respondentům jedlý hmyz chutnal, ale znova by si ho nedali. Tuto odpověď zvolilo více žen (21 %) než mužů (14 %). Jedlý hmyz neochutnalo 10 % mužů a 15 % žen a pouze 2 % mužů a 4 % žen, kteří jedlý hmyz ochutnali, byli s jeho chutí nespokojeni (**Graf 19**). Rovněž napříč věkovými kategoriemi byla nejčastější odpovědí, že respondent konzumaci zopakuje. Konzumaci nezopakuje více respondentů ve věku nad 41 let (22 %) a ve věku 21 až 40 let (21 %) než ve věku do 20 let (11 %). Jedlý hmyz neochutnalo nejvíce respondentů do 20 let (20 %), ve věkové kategorii od 21 až 40 let a nad 41 let neochutnalo jedlý pouze 9 % respektive 10 % respondentů (**Graf 20**). Také v závislosti na vzdělání byla ve všech skupinách zjištěna nejčastější odpovědí, že respondent konzumaci jedlého hmyzu zopakuje, přičemž nejčastěji tuto odpověď zvolili respondenti se středoškolským vzděláním (76 %). Jedlý hmyz neochutnalo nejvíce respondentů se základním vzděláním (19 %) a nejméně se středoškolským vzděláním (5 %) (**Graf 21**).



Graf 19: Zážitek z ochutnání jedlého hmyzu v závislosti na pohlaví



Graf 20: Zážitek z ochutnání jedlého hmyzu v závislosti na věku

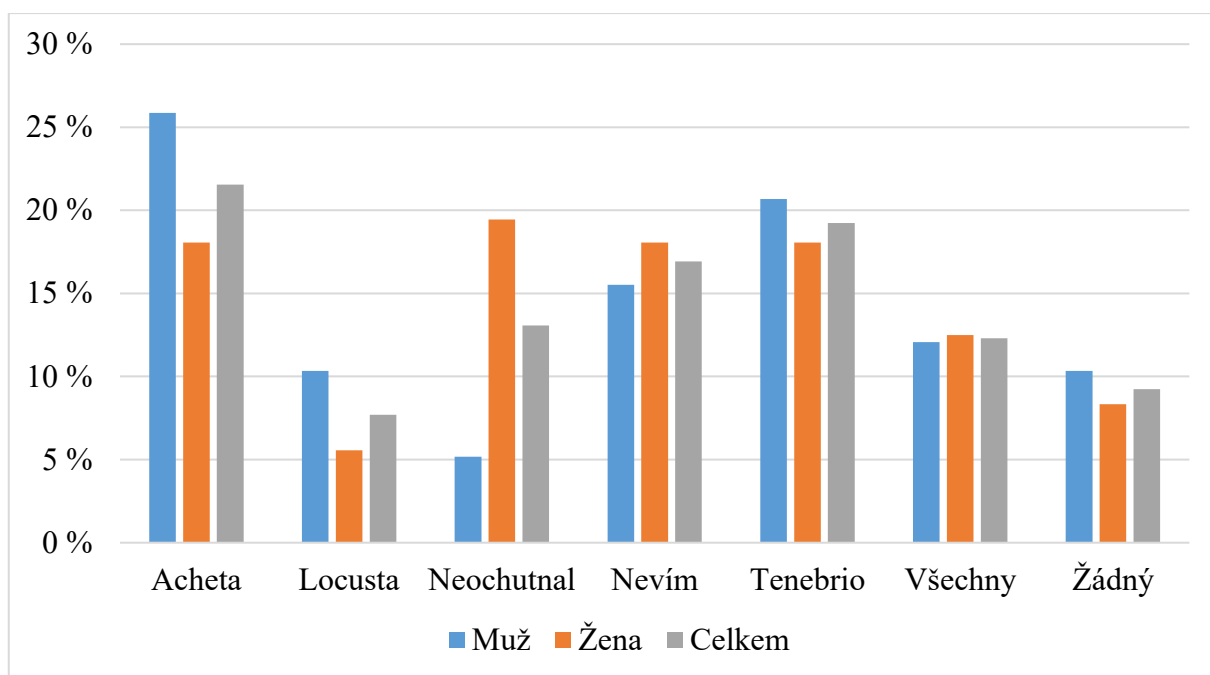


Graf 21: Zážitek z ochutnání jedlého hmyzu v závislosti na vzdělání

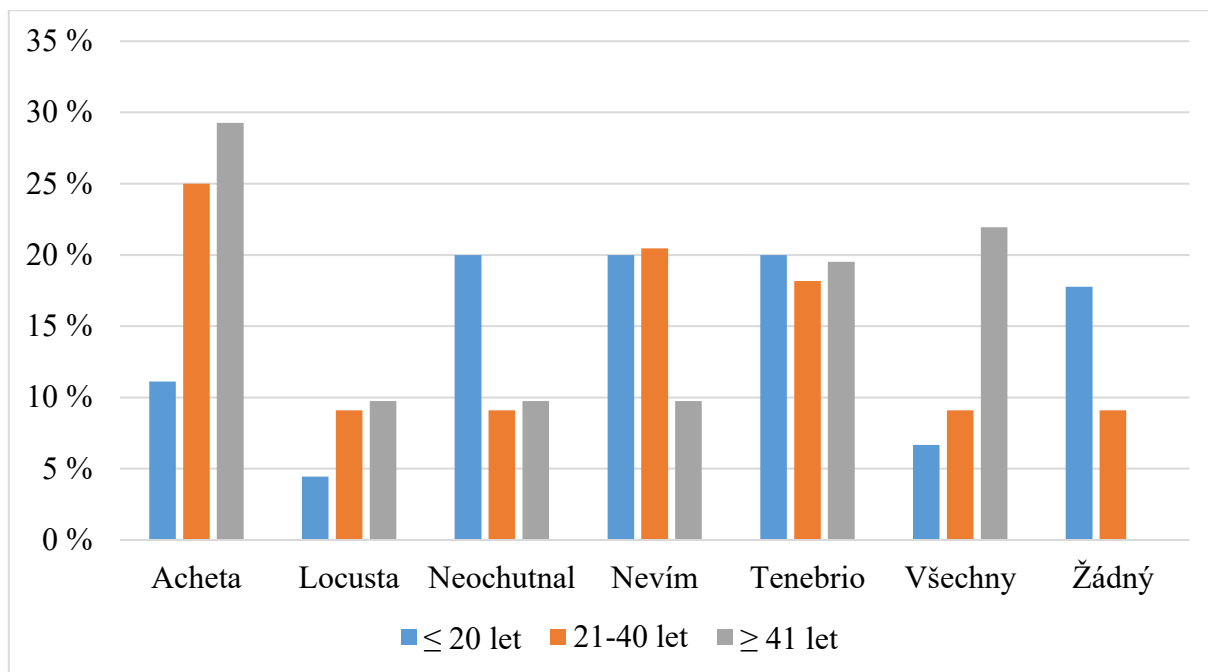
Preferovaný druh jedlého hmyzu

Tato otázka byla zaměřena na konkrétní hodnocení tří předložených kulinárně upravených druhů jedlého hmyzu ve viditelné podobě, a to konkrétně *Tenebrio molitor*, *Locusta migratoria* a *Acheta domestica*. Respondenti měli na výběr ze sedmi odpovědí a to žádný, neochutnal/a jsem všechny, nevím, *Locusta*, *Acheta*, *Tenebrio* nebo všechny.

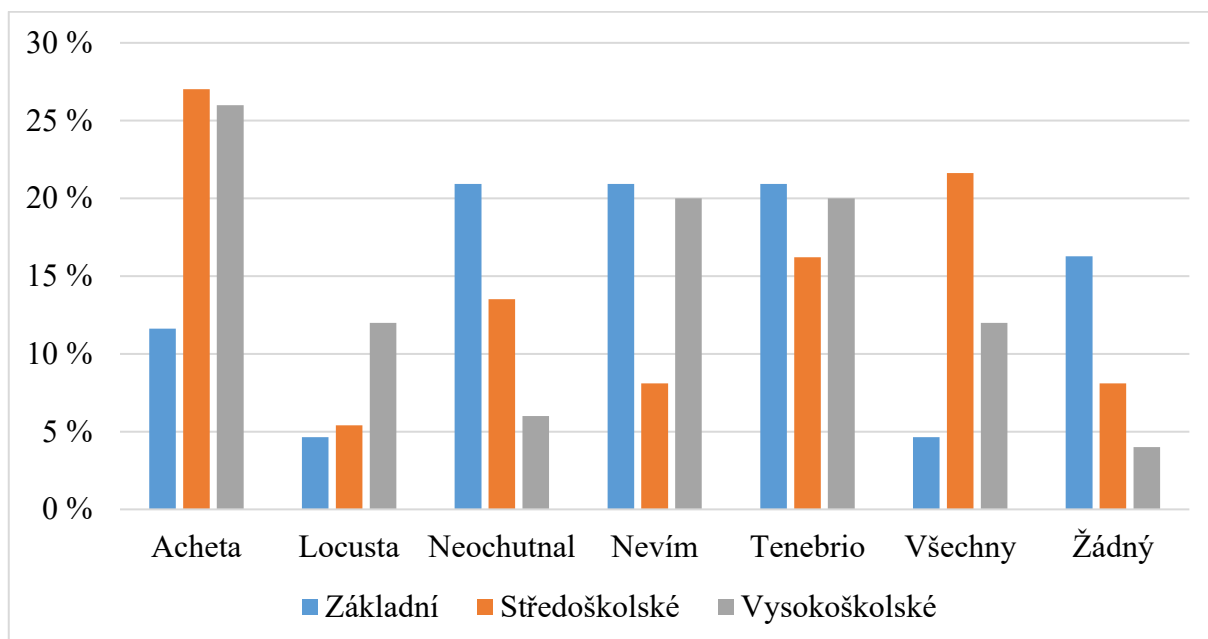
Jak lze vidět z **Grafu 22**, celkově nejoblíbenějším druhem byla *Acheta domesticus*, neboli cvrček domácí. Cvrček byl také nejoblíbenějším druhem mezi muži (26 %). Ženy nejčastěji neochutnaly všechny druhy (19 %), ty, které ochutnaly všechny druhy, nejvíce zaujala *Acheta domesticus* (18 %) a *Tenebrio molitor* (18 %). V závislosti na věkové kategorii (**Graf 23**) se výsledky značně lišily. Ve věkové kategorii do 20 let byly shodně nejčastější odpovědi neochutnání všech druhů, nevím a *Tenebrio molitor* (vše 20 %). Ve věkové kategorii od 21 do 40 let pak zvítězila *Acheta domesticus* (25 %), stejně jako ve věkové kategorii nad 41 let (29 %). *Acheta domesticus* také nejvíce zaujala středoškolsky a vysokoškolsky vzdělané respondenty (27 % respektive 26 %) (**Graf 24**).



Graf 22: Preferovaný druh jedlého hmyzu v závislosti na pohlaví



Graf 23: Preferovaný druh jedlého hmyzu v závislosti na věku



Graf 24: Preferovaný druh jedlého hmyzu v závislosti na vzdělání

4.2. Průzkum trhu

V průběhu průzkumu českého trhu se zaměřením na dostupnost výrobků z jedlého hmyzu byly navštíveny a kontaktovány vybrané obchodní řetězce, které jsou populární mezi českými spotřebiteli. Bylo zjištěno, že ve vybraných obchodních řetězcích, které zahrnují

Lidl, Billu, Kaufland, Albert, Penny, Globus, Delmart, Tesco a Normu, nebyly k dispozici žádné produkty z jedlého hmyzu ani při fyzických návštěvách prodejen, ani prostřednictvím komunikace prostřednictvím e-mailové korespondence.

Vzhledem k absenci produktů z jedlého hmyzu ve vybraných obchodních řetězcích bylo rozhodnuto zaměřit se na internetový prodej těchto výrobků. Dalším krokem bylo tedy zjišťování dostupnosti a sortimentu produktů z jedlého hmyzu na online platformách relevantních pro český trh. Nalezené výsledky jsou uvedeny v **Tabulce 7**.

Tabulka 7: Produkty z jedlého hmyzu dostupné na internetu

Název produktu	Druh hmyzu	Značka produktu
Čokoládový šejk s cvrčím proteinem	<i>Acheta domestica</i>	SENS Foods
Jahodový šejk s cvrčím proteinem	<i>Acheta domestica</i>	SENS Foods
Banánový šejk s cvrčím proteinem	<i>Acheta domestica</i>	SENS Foods
Proteinová snídaně s naklíčenými vločkami, quinoa a s cvrčím proteinem	<i>Acheta domestica</i>	SENS Foods
Křupaví pražení cvrčci ve zkumavce	<i>Acheta domestica</i>	SENS Foods
Cvrččí proteinovka v tmavé čokoládě	<i>Acheta domestica</i>	SENS Foods
Proteinové chipsy s cvrčím proteinem*	<i>Acheta domestica</i>	SENS Foods
Jídlo na cesty s těstovinami s cvrčím proteinem*	<i>Acheta domestica</i>	SENS Foods
Serious protein tyčinky s cvrčím proteinem*	<i>Acheta domestica</i>	SENS Foods
Pleasure protein tyčinky s cvrčím proteinem*	<i>Acheta domestica</i>	SENS Foods
Protein těstoviny s cvrčím proteinem	<i>Acheta domestica</i>	SENS Foods
Cvrččí proteinový prášek na vaření & pečení	<i>Acheta domestica</i>	SENS Foods
Oříšková másla s cvrčím proteinem*	<i>Acheta domestica</i>	SENS Foods
Crunchy Worms (pražení červíci)*	<i>Tenebrio molitor</i>	Crunchy
Crunchy Cricket (sušení cvrčci)*	<i>Acheta domestica</i>	Crunchy
Crunchy mléčná čokoláda s červíky	<i>Tenebrio molitor</i>	Crunchy
Crunchy tmavá čokoláda s červíky	<i>Tenebrio molitor</i>	Crunchy
Crunchy Proteinová tyčinka Arašídů & slaný karamel	<i>Tenebrio molitor</i>	Crunchy
Grig cvrčci v mléčné čokoládě	<i>Acheta domestica</i>	Grig
Grig křupaví cvrčci	<i>Acheta domestica</i>	Grig
Grig sušení červíci	<i>Tenebrio molitor</i>	Grig
Grig červíci v bílé čokoládě	<i>Tenebrio molitor</i>	Grig
Grig Sušené kobylky	<i>Locusta migratoria</i>	Grig
Grig Sušení červíci na vaření Natural	<i>Tenebrio molitor</i>	Grig
Grig Cvrččí chipsy	<i>Acheta domestica</i>	Grig
Grig Cvrččí trojhránky	<i>Acheta domestica</i>	Grig
Grig Cvrččí tyčinky	<i>Acheta domestica</i>	Grig
Grig Cvrččí prášek	<i>Acheta domestica</i>	Grig
Arašídové máslo s cvrčím proteinem	<i>Acheta domestica</i>	Grig

Název produktu	Druh hmyzu	Značka produktu
Grig proteinová tyčinka*	<i>Acheta domestica</i>	Grig
Grig Tagliatelle s cvrčím proteinem	<i>Acheta domestica</i>	Grig
Grig Granola s cvrčím proteinem	<i>Acheta domestica</i>	Grig
Doplněk stravy s cvrčím proteinem	<i>Acheta domestica</i>	Grig
Křupaví červíci*	<i>Tenebrio molitor</i>	Wormup
Lahodní cvrčci*	<i>Acheta domestica</i>	Wormup
Jedlí červíci*	<i>Tenebrio molitor</i>	Nutsman
FARMERIO Protein chocolate	<i>Tenebrio molitor</i>	Nutsman
Sušení červíci*	<i>Tenebrio molitor</i>	MámeChut'
Sušené kobylky*	<i>Locusta migratoria</i>	MámeChut'
Sušení cvrčci*	<i>Acheta domestica</i>	MámeChut'
FUTU Jedlý hmyz Moučák obyčejný larvy*	<i>Tenebrio molitor</i>	Naureus

*různé příchutě

V rámci internetového prodeje se objevuje široká škála výrobků s obsahem jedlého hmyzu, a to jak ve slané, tak ve sladké variantě. Jedlý hmyz bylo možno zakoupit jak ve viditelné podobě, nejčastěji v sušené nebo pražené formě, případně ve skryté podobě. Ve skryté podobě byly k dispozici proteinové tyčinky s přidaným hmyzím proteinem, proteinové šejky, které lze využít k přípravě nápoje, prášek vyrobený ze hmyzu, který lze využít pro vaření či pečení nebo například těstoviny obohacené o hmyzí protein. U většiny produktů si lze zvolit z různých příchutí.

5. Diskuze

Očekává se, že do roku 2050 světová populace dosáhne 9 miliard, což zvyšuje poptávku po potravinách a klade tlak na zajištění dostatečných zdrojů kvalitních bílkovin (Montowska et al., 2019; Hawkey et al., 2021). Jedním inovativním přístupem k tomuto problému je zkoumání konzumace jedlého hmyzu (entomofagie), která představuje nový zdroj bílkovin, tuků, vitaminů a minerálních látek (Agbidye et al., 2009; van Huis, 2016). Tato alternativa může být ekologicky šetrnější než tradiční metody produkce potravin (Oonincx et al., 2010). Praktická část této bakalářské práce se zaměřuje na analýzu postojů a přístupu českých spotřebitelů k jedlému hmyzu a jejich ochotu začlenit tento nový zdroj potravin do své stravy. K tomu byl vytvořen a distribuován dotazník během akce Noc vědců 2023 na České zemědělské univerzitě v Praze, kde měli respondenti možnost ochutnat různé kulinárně upravené formy jedlého hmyzu a výrobky obsahující hmyz ve formě mouky, představující skrytou podobu tohoto potravinového zdroje. Dalším cílem praktické části této bakalářské práce bylo hodnocení dostupnosti produktů z jedlého hmyzu na českém trhu.

5.1. Dotazníkové šetření

Je obecně známo, že ve střední Evropě je ochota lidí kupovat nebo přijímat nové alternativy proteinu nižší než ve státech západní a severní Evropy (Gere et al., 2017; Piha et al., 2018). Proto bylo velmi překvapivé, že 69 % z dotázaných respondentů mělo zkušenost s konzumací jedlého hmyzu. K mnohem nižším výsledkům dospěli ve studii Kulma et al. (2020), ve které potvrdilo předchozí konzumaci jedlého hmyzu 37,8 % respondentů z České republiky. Vzhledem k tomu, že naše data byla sbírána během akce Noc vědců 2023 na České zemědělské univerzitě, kde byla v posledních několika letech k dispozici ochutnávka jedlého hmyzu, je možné, že výsledky tohoto průzkumu jsou ovlivněny tímto kontextem. Respondenti, kteří v roce 2023 vyplňovali dotazníky, mohli navštívit tuto akci i v minulých letech, což mohlo vést k navýšení počtu respondentů s předchozími zkušenostmi s konzumací jedlého hmyzu. S tímto vědomím byla do dotazníku zařazena otázka týkající se místa konzumace jedlého hmyzu. Cílem této otázky bylo zjistit, zda respondenti konzumovali jedlý hmyz pouze na akci Noc vědců, nebo také jinde. Z odpovědí vyplývá, že 53 % respondentů konzumovalo jedlý hmyz pouze během akce Noc vědců. Naopak 32 % respondentů potvrdilo, že jedlý hmyz konzumovali jak na akci Noc vědců, tak jinde. Tento rozdíl naznačuje, že existuje pravděpodobnost, že tito respondenti konzumují jedlý hmyz také ve svém soukromí nebo na jiných akcích, a navíc

se zjištěný výsledek blíží údajům stanoveným ve studii Kulma et al. (2020) více než původní výsledky, které nerozlišovaly místo konzumace jedlého hmyzu. Zjištěný údaj je také se shodě s evropským průzkumem zaměřeným na konzumaci jedlého hmyzu, který zjistil zkušenost s jedlým hmyzem u 33 % respondentů z celkem 11 států v Evropské unii.

Předchozí konzumaci jedlého hmyzu potvrdilo více mužů než žen, což je v souladu s řadou dalších studií a rovněž předchozí konzumace jedlého hmyzu klesala se vzrůstajícím věkem (Lammers et al., 2019; Laureati et al., 2016; Orsi et al., 2019; Petrescu-Mag et al., 2022).

Celkově lze konstatovat, že většina respondentů má k entomofagii buď kladný nebo neutrální postoj, přičemž pouze menšina vykazuje záporný vztah k této problematice. Tato zjištění naznačují relativně příznivé přijetí konzumace jedlého hmyzu v daném vzorku respondentů. Opět je potřeba podotknout, že se jednalo o respondenty, kteří měli v rámci akce Noc vědců možnost si vyslechnout přednášku na toto téma a byli tedy v této problematice edukováni, což mohlo ovlivnit jejich postoje k této problematice. Existuje několik studií, které zkoumaly dopad informací o výhodách konzumace hmyzu na postoje k potravinovým výrobkům obsahujícím hmyz, což naznačuje, že tato strategie může zvýšit akceptaci konzumace hmyzu. Mancini et al. (2019) například prokázali, že vzdělávací přednáška o ekologických, bezpečnostních, nutričních a sensorických aspektech konzumace hmyzu zvýšila ochotu vyzkoušet hmyz a potraviny obsahující hmyz mezi univerzitními studenty.

Zajímavým aspektem je rozdíl mezi pohlavími ve vztahu k entomofagii. Muži vykazují obvykle vyšší tendenci k pozitivnímu postoji než ženy, což bylo rovněž potvrzeno v této studii. Věkové rozdíly také odrážejí zajímavé trendy. Respondenti ve věku nad 41 let vykazují nejvyšší podíl kladného postoje, zatímco nejnižší podíl kladného postoje je mezi respondenty ve věkové skupině do 20 let. Tato zjištění jsou v rozporu se zjištěními jiných studií, ve kterých uvádí pokles kladného postoje k entomofagii s věkem (Lammers et al., 2019; Laureati et al., 2016; Orsi et al., 2019; Petrescu-Mag et al., 2022).

Vzdělání také hrálo významnou roli v postoji ke konzumaci jedlého hmyzu. Respondenti s vysokoškolským vzděláním vykazovali nejvyšší podíl kladného postoje, zatímco respondenti se středoškolským nebo základním vzděláním vykazovali mnohem nižší podíl kladného postoje. K podobným zjištěním dospěli také ve studii Cicatiello et al. (2016) (Cicatiello et al., 2016). Zjištěný pozitivní vliv vzdělání ve vztahu k přístupu k entomofagii může reflektovat lepší informovanost a otevřenost vysokoškolsky vzdělaných respondentů k novým potravinovým trendům.

Poměrně překvapivě byla v této studii zaznamenána vysoká míra setkání s produkty z jedlého hmyzu na internetu, přičemž touto formou se se zmíněnými produkty setkala celkově 72 % respondentů. Velmi důležitým zjištěním bylo, že se žádný z respondentů s jedlým hmyzem nesetkal v kamenném obchodě. To naznačuje pravděpodobnou nedostupnost těchto produktů v kamenných obchodech v České republice. Omezená dostupnost hmyzích produktů v běžných kamenných obchodech mohou hrát klíčovou roli v rozhodnutí spotřebitelů nekonzumovat jedlý hmyz. Zlepšení dostupnosti a viditelnosti produktů z jedlého hmyzu na trhu, zejména prostřednictvím tradičních prodejních kanálů jako jsou supermarkety, by mohlo vést ke zvýšené důvěře a akceptaci tohoto nového potravinového zdroje mezi spotřebiteli. To bylo také potvrzeno ve review Alhujaili et al. (2023), ve které bylo shrnuto, že účastníci nejrůznějších studií by nejvíce preferovali nákup těchto produktů v supermarketech. Hlavní, a pravděpodobně jedinou možností nákupu jedlého hmyzu je v současnosti prostřednictvím internetových obchodů, což může vést k omezenému výběru produktů z důvodu délky dopravy. Rovněž může tento způsob nákupu přitahovat pouze určité skupiny populace, které preferují nákup prostřednictvím internetu. Proto je klíčové, aby se tyto produkty staly snadno dostupnými v kamenných obchodech, aby spotřebitelé měli možnost vybírat z širší škály produktů přímo na místě.

Ačkoli 42 %, respektive 84 % respondentů uvedlo, že mají k entomofagii kladný, respektive kladný nebo neutrální vztah, pouze 29 % respondentů uvedlo, že si jedlý hmyz doposud zakoupilo. To může být vyvoláno vysokou cenou výrobků z jedlého hmyzu, které jsou v současnosti na českém trhu. Tento předpoklad byl také prokázán ve studii Kulma et al. (2020), která dospěla k závěru, že více než polovina respondentů v České republice by byla ochotna zakoupit hmyzí produkty, pokud by byly cenově srovnatelné s potravinami z konvenčních zdrojů. To naznačuje, že cena hraje skutečně klíčovou roli při formování spotřebitelských preferencí ohledně jedlého hmyzu. Významná je také skutečnost, že pouze 19 % respondentů projevilo ve zmíněné studii ochotu zaplatit vyšší cenu za jedlý hmyz bez ohledu na jeho náklady ve srovnání s konvenčními potravinami. Naopak 27 % respondentů uvedlo, že by jedlý hmyz zakoupili pouze v případě, že by byl levnější než potraviny běžného původu (Kulma et al., 2020). Tato data naznačují, že vývoj cen jedlého hmyzu a jeho konkurenceschopnost ve srovnání s tradičními potravinami mohou být klíčové faktory pro šíření a rozvoj tohoto nového potravinového zdroje. Tato zjištění tedy pravděpodobně odpovídají na otázku, proč si pouze 29 % respondentů v naší studii doposud zakoupilo jedlý hmyz.

Dalším důležitým aspektem, který ovlivňuje spotřebitelské chování v oblasti jedlého hmyzu, je forma, ve které jsou tyto produkty prezentovány a připraveny k jídlu. Z literatury vyplývá, že obecně respondenti nejvíce preferují skrytou formu jedlého hmyzu, ve které je jedlý hmyz rozdrčen nejčastěji do podoby prášku (Mancini et al., 2022). Jedním z hlavních faktorů může být skrytý charakter této formy, který umožňuje konzumaci hmyzu bez přímého vizuálního kontaktu s celým organismem. Pro mnohé konzumenty může být právě skrytá forma jedlého hmyzu méně konfrontační a lépe přijatelná, protože není tak nápadná jako konzumace celých hmyzích organismů. Skrytá forma také umožňuje snadnější začlenění jedlého hmyzu do běžných potravinových produktů, což může zvýšit přijetí a akceptaci jedlého hmyzu mezi spotřebiteli. Použití mouky z hmyzu jako ingredience může zároveň ovlivnit chuťové vnímání a přispět k lepšímu gastronomickému zážitku, což může také podporovat jeho preferenci. V neposlední řadě je možné, že skrytá forma jedlého hmyzu lépe vyhovuje zvyklostem a stravovacím návykům respondentů, kteří jsou otevřeni novým potravinovým zdrojům, ale zároveň preferují konzumaci potravin, které mají podobu a chuť jim známou a přijatelnou. Tato kombinace faktorů může vysvětlovat, proč skrytý forma jedlého hmyzu získává mezi respondenty nejvyšší přízeň. Rovněž v této studii byla zjištěna celkově největší přijatelnost právě skryté formy, ačkoli byly zjištěny značné rozdíly mezi pohlavím, věkovými skupinami a vzděláním. Skrytá forma jedlého hmyzu jednoznačně vyhrála u žen, zatímco u mužů zvítězil hmyz celý – kulinárně upravený. Tato preference může souviset se skutečností, že muži jsou obecně více otevřeni konzumaci jedlého hmyzu, což může vést také k menší averzi vůči konzumaci celého hmyzu ve viditelné podobě. Rovněž ve věkové kategorii do 20 let a u respondentů se základním vzděláním byla zjištěna vyšší preference celého kulinárně upraveného jedlého hmyzu. Podobně výsledky ve věkové kategorii do 20 let a u respondentů se základním vzděláním spolu souvisí, protože nejvíce zástupců v těchto dvou kategoriích tvořili mladiství nebo děti, kteří se mohou lépe identifikovat s konzumací jedlého hmyzu ve viditelné podobě a mají obecně menší averzi vůči novým potravinovým zdrojům.

Zkušenost s ochutnáním jedlého hmyzu představuje klíčový aspekt pro porozumění spotřebitelských preferencí a postojů k tomuto novému potravinovému zdroji. Analýza této zásadní otázky umožňuje zhodnotit, jaká je obecná ochota spotřebitelů opakovat konzumaci jedlého hmyzu. Zjištění ukazují, že zhruba dvě třetiny respondentů, plánují konzumaci jedlého hmyzu zopakovat. Tento trend naznačuje určitou míru otevřenosti vůči novým potravinovým zkušenostem, zejména mezi muži, kteří častěji, než ženy vyjádřili připravenost jedlý hmyz znova konzumovat. Rovněž ve studii Kulma a kol. (2020) zjistili

u respondentů z České republiky poměrně vysoké procentuální zastoupení těch, kteří plánují jedlý hmyz v budoucnu znova konzumovat (Kulma et al., 2020). Je však důležité zdůraznit, že i mezi těmi, kteří jedlý hmyz ochutnali a chutnal jim, existuje skupina, která by svou konzumaci nezopakovala. Tento postoj je častěji zastoupen u žen než u mužů.

Celkově nejoblíbenějším druhem byl mezi respondenty cvrček domácí (*Acheta domestica*), patřící mezi zástupce dospělců, druhým nejoblíbenějším druhem byl potěmnik moučný (*Tenebrio molitor*), zástupce larvální formy. Nejméně oblíbená pak byla saranče stěhovavá (*Locusta migratoria*), která byla také největším ochutnávaným druhem jedlého hmyzu. Pravděpodobně z toho důvodu byla konzumenty hodnocena jako preferovaný druh nejméně často. Je však potřeba podotknout, že někteří respondenti neochutnali všechny druhy a necelým 10 % respondentů nechutnal žádný z ochutnávaných druhů.

5.2. Průzkum trhu

Výsledky průzkumu trhu v České republice poukazují na absenci produktů z jedlého hmyzu v běžných kamenných provozovnách populárních obchodních řetězců včetně Lidlu, Billy, Kauflandu, Alberta, Penny, Globusu, Delmartu, Tesca a Normy. Tato zjištění naznačují, že dostupnost produktů z jedlého hmyzu je na českém trhu v současné chvíli limitovaná a spotřebitelé mají omezené možnosti fyzického nákupu těchto produktů přímo v kamenných prodejnách. Tento poznatek byl potvrzen také prostřednictvím dotazníku, v rámci kterého nikdo z oslovených respondentů nevedl, že by se setkal s produktem z jedlého hmyzu v kamenném obchodě.

V reakci na absenci produktů v kamenných obchodech bylo prověřeno, jaké možnosti nabízí internetový prodej těchto výrobků. V online prostředí se objevuje široká škála produktů s obsahem jedlého hmyzu, včetně slaných i sladkých variant. Jedlý hmyz je na internetu dostupný jak ve viditelné, tak ve skryté podobě. Skrytá podoba jedlého hmyzu, která zahrnuje často prášek vyrobený ze hmyzu, má za cíl oslovit spotřebitele, kteří mohou mít averzi vůči konzumaci celých hmyzích organismů. Tento přístup k prezentaci jedlého hmyzu se osvědčil zejména v zemích, ve kterých konzumace hmyzu není tradiční, a podniky se proto zaměřují na tuto skrytou formu jako strategii k získání a rozšíření zákaznické základny. Další tržní strategií jsou vysoce zpracované potraviny na bázi hmyzu, které jsou známé mezi spotřebiteli. Mezi tyto produkty patří tyčinky, lupínky, koktejly, omáčky nebo například těstoviny. Tato metoda reflektuje snahu firem o přizpůsobení jedlého hmyzu stravovacím návykům západního světa a o vytvoření produktů, které jsou atraktivní

pro konzumenty a zároveň poskytují výhody spojené s konzumací hmyzu, jako je vysoký obsah bílkovin a ekologická udržitelnost.

Průzkum naznačuje, že internetový prodej je aktuálně hlavním kanálem pro nákup produktů z jedlého hmyzu v České republice. Absence produktů z jedlého hmyzu v běžných kamenných provozovnách obchodních řetězců může hrát klíčovou roli v omezení jejich dostupnosti a povědomí veřejnosti o této nové potravinové alternativě.

6. Závěr

Z dotazníkových dat vyplývá, že převážná většina respondentů projevila pozitivní nebo neutrální postoj k entomofagii, což naznačuje otevřenost veřejnosti ke konzumaci jedlého hmyzu. Zjištění též ukázala, že postoj k entomofagii je ovlivněn jak pohlavím, tak věkem a vzděláním. Akce jako Noc vědců sehrála klíčovou roli v podpoře konzumace jedlého hmyzu, což naznačuje, že osvěta a edukace veřejnosti mají významný dopad na přijetí této potravinové alternativy. Významným faktorem byla také forma prezentace jedlého hmyzu. Skrytá forma, zejména ve formě prášku začleněného do pekařských výrobků, měla nejvyšší přízeň mezi respondenty, což ukazuje na důležitost vizuální prezentace této potraviny a její akceptovatelnost mezi spotřebiteli.

Výzkum trhu v České republice ukázal, že produkty z jedlého hmyzu jsou převážně nedostupné v běžných kamenných prodejnách populárních obchodních řetězců. Spotřebitelé se tak obrací na internetový prodej, kde mají širší možnosti výběru, včetně různých forem jedlého hmyzu jako prášky nebo zpracované potraviny. Absence těchto produktů v kamenných obchodech může omezovat jejich širší povědomí a dostupnost mezi veřejností v České republice.

Na základě zjištění průzkumu lze navrhnout několik doporučení pro budoucí rozvoj a podporu konzumace jedlého hmyzu. Edukace veřejnosti o přínosech konzumace jedlého hmyzu prostřednictvím různých osvětových aktivit je klíčová pro změnu postoje veřejnosti. Zvýšení dostupnosti produktů z jedlého hmyzu v běžných kamenných obchodech a supermarketech by mohlo podpořit jejich konzumaci. Důležité je také inovovat formu prezentace jedlého hmyzu tak, aby byl lépe akceptován mezi spotřebiteli, a zároveň zvážit cenovou strategii, která by zvýšila konkurenceschopnost těchto produktů v porovnání s tradičními potravinovými alternativami.

7. Seznam použité literatury

- Adeniyi, A., Idowu, A., Okedeyi, O. (2003). Level of cadmium, chromium and lead in dumpsites soil, Earthworm (*Lybrodriilus violaceous*), Housefly (*Musca domestica*), Dragon fly (*Libellula lictosa*). *pakistan journal of science and industrial research*, 43, 452-456.
- Agbideye, F., Ofuya, T., Akindele, S. (2009). Marketability and Nutritional Qualities of Some Edible Forest Insects in Benue State, Nigeria. *Pakistan Journal of Nutrition*, 8. doi:10.3923/pjn.2009.917.922
- Agea, J., Dickson, B., Buyinza, M., Nabanoga, G. (2008). Commercialization Of *Ruspolia nitidula* (nsenene Grasshoppers) In Central Uganda. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development (ISSN: 1684-5358) Vol 8 Num 3*, 8. doi:10.4314/ajfand.v8i3.19195
- Akande, K., Doma, U.D, Agu, H., Adamu, H.M. (2010). Major Antinutrients Found in Plant Protein Sources: Their Effect on Nutrition. *Pakistan Journal of Nutrition*, 9. doi:10.3923/pjn.2010.827.832
- Akullo, J., Agea, J., Obaa, B., Acai, J., Nakimbugwe, D. (2018). Nutrient composition of commonly consumed edible insects in the Lango sub-region of northern Uganda. *International Food Research Journal*, 25, 159-166.
- Alamu, O., Amao, A., Nwokedi, C., Oke, A., Lawal, I. (2013). Diversity and nutritional status of edible insects in Nigeria: A review. 5, 215-222. doi:10.5897/IJBC12.121
- Alexander, P., Brown, C., Arneith, A., Dias, C., Finnigan, J., Moran, D., Rounsevell, M. D. A. (2017). Could consumption of insects, cultured meat or imitation meat reduce global agricultural land use? *Global Food Security*, 15, 22-32. doi:<https://doi.org/10.1016/j.gfs.2017.04.001>
- Alhujaili, A., Nocella, G., Macready, A. (2023). Insects as Food: Consumers' Acceptance and Marketing. *Foods*, 12(4). doi:10.3390/foods12040886
- Althwab, S. A., Alhomaïd, R., Ali, R., El-Anany, A., Mousa, H. (2021). Effect of migratory locust (*Locusta migratoria*) powder incorporation on nutritional and sensorial properties of wheat flour bread. *British Food Journal, ahead-of-print*. doi:10.1108/BFJ-11-2020-1052
- Amoah, I., Cobbinah, J. C., Yeboah, J. A., Essiam, F. A., Lim, J. J., Tandoh, M. A., Rush, E. (2023). Edible insect powder for enrichment of bakery products– A review of nutritional, physical characteristics and acceptability of bakery products to consumers. *Future Foods*, 8, 100251. doi:<https://doi.org/10.1016/j.fufo.2023.100251>
- Ananingsih, V., Gao, J., Zhou, W. (2013). Impact of Green Tea Extract and Fungal Alpha-Amylase on Dough Proofing and Steaming. *Food and Bioprocess Technology*, 6. doi:10.1007/s11947-012-0986-3
- Anankware, J., Fening, K., Osekre, E., Obeng-Ofori, D. (2015). Insects as food and feed: A review. *International Journal of Agricultural Research and Review*, 3, 143-152.
- Anankware, J., Osekre, E., Obeng-Ofori, D., Khamala, C. (2016). Identification and classification of common edible insects in Ghana. *International Journal of Entomology Research*, 1, 2455-4758.
- Anusha, S., Negi, P. S. (2022). Chapter 29 - Edible insects and gut health. In D. Bagchi & S. E. Ohia (Eds.), *Nutrition and Functional Foods in Boosting Digestion, Metabolism and Immune Health* (pp. 523-539): Academic Press.
- Ardoïn, R., Marx, B.D., Boeneke, Ch., Prinyawiwatkul, W. (2021). Effects of cricket powder on selected physical properties and US consumer perceptions of whole-wheat snack crackers. *Food Sci. Technol.*, 56(8), 4070-4080. doi:doi.org/10.1111/ijfs.15032

- Ariëns, R. M. C., Bastiaan-Net, S., van de Berg-Somhorst, D. B. P. M., El Bachrioui, K., Boudewijn, A., van den Dool, R. T. M., de Jong, G. A. H., Wichers, H. J., Mes, J. J. (2021). Comparing nutritional and digestibility aspects of sustainable proteins using the INFOGEST digestion protocol. *Journal of Functional Foods*, 87, 104748. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jff.2021.104748>
- Ayensu, J., Annan, R., Edusei, A., Lutterodt, H. (2018). Beyond nutrients, health effects of entomophagy: a systematic review. *Nutrition & Food Science*, 49. doi:10.1108/NFS-02-2018-0046
- Bauserman, M., Lokangaka, A., Gado, J., Close, K., Wallace, D., Kodondi, K. K., Tshetu, A., Bose, C. (2015). A cluster-randomized trial determining the efficacy of caterpillar cereal as a locally available and sustainable complementary food to prevent stunting and anaemia. *Public Health Nutr*, 18(10), 1785-1792. doi:10.1017/s1368980014003334
- Bawa, M., Songsermpong, S., Kaewtapee, C., Chanput, W. (2020). Nutritional, sensory, and texture quality of bread and cookie enriched with house cricket (*Acheta domesticus*) powder. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44. doi:10.1111/jfpp.14601
- Bednarska, A. J., Opyd, M., Żurawicz, E., Laskowski, R. (2015). Regulation of body metal concentrations: Toxicokinetics of cadmium and zinc in crickets. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 119, 9-14. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2015.04.056>
- Belluco, S., Losasso, C., Maggioletti, M., Alonzi, C., Paoletti, M., Ricci, A. (2013). Edible Insects in a Food Safety and Nutritional Perspective: A Critical Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12, 296-313. doi:10.1111/1541-4337.12014
- Bempah, C., Buah-Kwofie, A., Denutsui, D., Asomaning, J., Tutu, A. (2011). Monitoring of Pesticide Residues in Fruits and Vegetables and Related Health Risk Assessment in Kumasi Metropolis, Ghana. *Res. J. Environ. Earth Sci.*, 3.
- Biconsin-Junior, A., Feitosa, B. F., Silva, F. L., Mariutti, L. R. B. (2023). Mycotoxins on edible insects: Should we be worried? *Food and Chemical Toxicology*, 177, 113845. doi:<https://doi.org/10.1016/j.fct.2023.113845>
- Borges, M. M., da Costa, D. V., Trombete, F. M., Câmara, A. K. F. I. (2022). Edible insects as a sustainable alternative to food products: an insight into quality aspects of reformulated bakery and meat products. *Current Opinion in Food Science*, 46, 100864. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cofs.2022.100864>
- Bosch, G., Vervoort, J. J. M., Hendriks, W. H. (2016). In vitro digestibility and fermentability of selected insects for dog foods. *Animal Feed Science and Technology*, 221, 174-184. doi:<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.08.018>
- Bosch, G., Zhang, S., Oonincx, D. G., Hendriks, W. H. (2014). Protein quality of insects as potential ingredients for dog and cat foods. *J Nutr Sci*, 3, e29. doi:10.1017/jns.2014.23
- Boulidam, S., Durst, P. B., Johnson, D. V., Leslie, R. N., Shono, K. (2010). *Edible insects in a Lao market economy*.
- Bukkens, S. (2005). Insects in the human diet: Nutritional aspects. *Ecological Implications of Minilivestock*, 545-577.
- Caparros Megido, R., Gierts, C., Blecker, C., Brostaux, Y., Haubruge, É., Alabi, T., Francis, F. (2016). Consumer acceptance of insect-based alternative meat products in Western countries. *Food Quality and Preference*, 52, 237-243. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2016.05.004>
- Caparros Megido, R., Poelaert, C., Ernens, M., Liotta, M., Blecker, C., Danthine, S., Tyteca, E., Haubruge, E., Alabi, T., Bindelle, J., Francis, F. (2018). Effect of household cooking techniques on the microbiological load and the nutritional quality of

- mealworms (*Tenebrio molitor* L. 1758). *Food Research International*, 106, 503-508. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.01.002>
- Cicatiello, C., Rosa, B., Franco, S., Lacetera, N. (2016). Consumer approach to insects as food: barriers and potential for consumption in Italy. *British Food Journal*, 118, 2271-2286. doi:10.1108/BFJ-01-2016-0015
- Collavo, A., Glew, R., Huang, Y. S., Chuang, L.-T., Bosse, R., Paoletti, M. (2005). House cricket Smallscale Farming. Chapter - 27 Ecological Implications of Minilivestock.
- Crawford, L. A., Lepp, N. W., Hodkinson, I. D. (1996). Accumulation and egestion of dietary copper and cadmium by the grasshopper *Locusta migratoria* R & F (Orthoptera: Acrididae). *Environmental Pollution*, 92(3), 241-246. doi:[https://doi.org/10.1016/0269-7491\(96\)00004-8](https://doi.org/10.1016/0269-7491(96)00004-8)
- da Rosa Machado, C., Thys, R. C. S. (2019). Cricket powder (*Gryllus assimilis*) as a new alternative protein source for gluten-free breads. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 56, 102180. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ifset.2019.102180>
- Dagevos, H. (2020). A literature review of consumer research on edible insects: recent evidence and new vistas from 2019 studies. *Journal of Insects as Food and Feed*, 7, 1-12. doi:10.3920/JIFF2020.0052
- de Carvalho, N. M., Walton, G. E., Poveda, C. G., Silva, S. N., Amorim, M., Madureira, A. R., Pintado, M. E., Gibson, G. R., Jauregi, P. (2019). Study of in vitro digestion of *Tenebrio molitor* flour for evaluation of its impact on the human gut microbiota. *Journal of Functional Foods*, 59, 101-109. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.05.024>
- de Gier, S., Verhoeckx, K. (2018). Insect (food) allergy and allergens. *Mol Immunol*, 100, 82-106. doi:10.1016/j.molimm.2018.03.015
- Doi, H., Gałęcki, R., Mulia, R. N. (2021). The merits of entomophagy in the post COVID-19 world. *Trends in Food Science & Technology*, 110, 849-854. doi:<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.01.067>
- Douglas, A. E. (2015). Multiorganismal insects: diversity and function of resident microorganisms. *Annu Rev Entomol*, 60, 17-34. doi:10.1146/annurev-ento-010814-020822
- EFSA. (2024) Novel food. Retrieved from <https://www.efsa.europa.eu/en/topics/topic/novel-food>
- EFSA. (2015). Risk profile of insects as food and feed. 13(10).
- EFSA. (2016). Novel and traditional food: Guidance finalized. Retrieved from <https://www.efsa.europa.eu/en/press/news/161110>
- Egonyu, J. P., Subramanian, S., Tanga, C. M., Dubois, T., Ekesi, S., Kelemu, S. (2021). Global overview of locusts as food, feed and other uses. *Global Food Security*, 31, 100574. doi:<https://doi.org/10.1016/j.gfs.2021.100574>
- Engel, P., Moran, N. A. (2013). The gut microbiota of insects - diversity in structure and function. *FEMS Microbiol Rev*, 37(5), 699-735. doi:10.1111/1574-6976.12025
- FAO. (2012). Expert consultation meeting: Assessing the potential of insects as food and feed in assuring food security.
- FAO. (2013). Edible Insects. Future Prospects for Food and Feed Security. Retrieved from <https://www.fao.org/3/i3253e/i3253e.pdf>
- Feng, Y., Chen, X. M., Zhao, M., He, Z., Sun, L., Wang, C. Y., Ding, W. F. (2018). Edible insects in China: Utilization and prospects. *Insect Sci*, 25(2), 184-198. doi:10.1111/1744-7917.12449
- Finke, M. D. (2007). Estimate of chitin in raw whole insects. *Zoo Biol*, 26(2), 105-115. doi:10.1002/zoo.20123

- Finke, M. D., Oonincx, D. (2014). Chapter 17 - Insects as Food for Insectivores. *Mass Production of Beneficial Organisms* (pp. 583-616). San Diego: Academic Press.
- Fischer, A. (2021). Eating insects – from acceptable to desirable consumer products. *Journal of Insects as Food and Feed*, 7, 1061-1063. doi:10.3920/JIFF2021.x008
- Fombong, F. T., Kinyuru, J., Ng'ang'a, J., Ayieko, M., Mbi Tanga, C., Vanden Broeck, J., Van Der Borgh, M. (2021). Affordable Processing of Edible Orthopterans Provides a Highly Nutritive Source of Food Ingredients. *Foods*, 10(1). doi:10.3390/foods10010144
- Fontaneto, D., Tommaseo-Ponzetta, M., Galli, C., Risé, P., Glew, R. H., Paoletti, M. G. (2011). Differences in fatty acid composition between aquatic and terrestrial insects used as food in human nutrition. *Ecol Food Nutr*, 50(4), 351-367. doi:10.1080/03670244.2011.586316
- García-Segovia, P., Igual, M., Martínez-Monzó, J. (2020). Physicochemical Properties and Consumer Acceptance of Bread Enriched with Alternative Proteins. *Foods*, 9(7). doi:10.3390/foods9070933
- Garofalo, C., Osimani, A., Milanović, V., Taccari, M., Cardinali, F., Aquilanti, L., Riolo, P., Ruschioni, S., Isidoro, N., Clementi, F. (2017). The microbiota of marketed processed edible insects as revealed by high-throughput sequencing. *Food Microbiology*, 62, 15-22. doi:<https://doi.org/10.1016/j.fm.2016.09.012>
- Gere, A., Székely, G., Kovács, S., Kókai, Z., Sipos, L. (2017). Readiness to adopt insects in Hungary: A case study. *Food Quality and Preference*, 59, 81-86. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2017.02.005>
- Ghosh, S., Lee, S.-M., Jung, C., Meyer-Rochow, V. B. (2017). Nutritional composition of five commercial edible insects in South Korea. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 20(2), 686-694. doi:<https://doi.org/10.1016/j.aspen.2017.04.003>
- Giampieri, F., Alvarez-Suarez, J., Machì, M., Cianciosi, D., Navarro-Hortal, M., Battino, M. (2022). Edible insects: A novel nutritious, functional, and safe food alternative. *Food Frontiers*, 3. doi:10.1002/fft2.167
- González, C. M., Garzón, R., Rosell, C. M. (2019). Insects as ingredients for bakery goods. A comparison study of *H. illucens*, *A. domestica* and *T. molitor* flours. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 51, 205-210. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ifset.2018.03.021>
- Guiné, R. P. F. (2022). Textural Properties of Bakery Products: A Review of Instrumental and Sensory Evaluation Studies. *I2*(17), 8628.
- Halloran, A., Flore, R., Vantomme, P., Roos, N. (2018). *Edible Insects in Sustainable Food Systems*.
- Hawkey, K. J., Lopez-Viso, C., Brameld, J. M., Parr, T., Salter, A. M. (2021). Insects: A Potential Source of Protein and Other Nutrients for Feed and Food. *Annu Rev Anim Biosci*, 9, 333-354. doi:10.1146/annurev-animal-021419-083930
- Hermans, W. J. H., Senden, J. M., Churchward-Venne, T. A., Paulussen, K. J. M., Fuchs, C. J., Smeets, J. S. J., Verdijk, L. B., van Loon, L. J. C. (2021). Insects are a viable protein source for human consumption: from insect protein digestion to postprandial muscle protein synthesis in vivo in humans: a double-blind randomized trial. *Am J Clin Nutr*, 114(3), 934-944. doi:10.1093/ajcn/nqab115
- Heś, M. (2017). Protein-Lipid Interactions in Different Meat Systems in the Presence of Natural Antioxidants - A Review. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 67. doi:10.1515/pjfn-2016-0024
- Hlongwane, Z. T., Slotow, R., Munyai, T. C. (2020a). Indigenous Knowledge about Consumption of Edible Insects in South Africa. *Insects*, 12(1). doi:10.3390/insects12010022

- Hlongwane, Z. T., Slotow, R., Munyai, T. C. (2020b). Nutritional Composition of Edible Insects Consumed in Africa: A Systematic Review. *Nutrients*, 12(9). doi:10.3390/nu12092786
- House, J. (2016). Consumer acceptance of insect-based foods in the Netherlands: Academic and commercial implications. *Appetite*, 107, 47-58. doi:<https://doi.org/10.1016/j.appet.2016.07.023>
- Hunts, H. J., Dunkel, F., Thienes, M. J., Carnegie, N. B. (2020). Gatekeepers in the food industry: acceptability of edible insects. *Journal of Insects as Food and Feed*, 6, 1-14. doi:10.3920/JIFF2018.0045
- Imathiu, S. (2020). Benefits and food safety concerns associated with consumption of edible insects. *NFS Journal*, 18, 1-11. doi:<https://doi.org/10.1016/j.nfs.2019.11.002>
- Jantzen da Silva Lucas, A., Menegon de Oliveira, L., da Rocha, M., Prentice, C. (2020). Edible insects: An alternative of nutritional, functional and bioactive compounds. *Food Chemistry*, 311, 126022. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.126022>
- Jongema. (2017). List of edible insects of the world. Retrieved from <https://www.wur.nl/en/research-results/chair-groups/plant-sciences/laboratory-of-entomology/edible-insects/worldwide-species-list.htm>
- Jung, J., Heo, A., Park, Y. W., Kim, Y. J., Koh, H., Park, W. (2014). Gut microbiota of *Tenebrio molitor* and their response to environmental change. *J Microbiol Biotechnol*, 24(7), 888-897. doi:10.4014/jmb.1405.05016
- Kauppi, S.-M., Pettersen, I., Boks, C. (2019). Consumer acceptance of edible insects and design interventions as adoption strategy. *International Journal of Food Design*, 4, 39-62. doi:10.1386/ijfd.4.1.39_1
- Kelemu, S., Niassy, S., Torto, B., Fiaboe, K., Affognon, H., Tonnang, H., Maniania, N. K., Ekesi, S. (2015). African edible insects for food and feed: Inventory, diversity, commonalities and contribution to food security. *Journal of Insects as Food and Feed*, 1, 103-119.
- Kim, T. K., Cha, J. Y., Yong, H. I., Jang, H. W., Jung, S., Choi, Y. S. (2022). Application of Edible Insects as Novel Protein Sources and Strategies for Improving Their Processing. *Food Sci Anim Resour*, 42(3), 372-388. doi:10.5851/kosfa.2022.e10
- Kim, T. K., Yong, H. I., Kim, Y. B., Kim, H. W., Choi, Y. S. (2019). Edible Insects as a Protein Source: A Review of Public Perception, Processing Technology, and Research Trends. *Food Sci Anim Resour*, 39(4), 521-540. doi:10.5851/kosfa.2019.e53
- Kinyuru, J., Mogendi, J., Riwa, C., Ndung'u, N. (2015). Edible insects-A novel source of essential nutrients for human diet: Learning from traditional knowledge. *Animal Frontiers*, 5, 14-19. doi:10.2527/af.2015-0014
- Kolakowski, B. M., Johaniuk, K., Zhang, H., Yamamoto, E. (2021). Analysis of Microbiological and Chemical Hazards in Edible Insects Available to Canadian Consumers. *Journal of Food Protection*, 84(9), 1575-1581. doi:<https://doi.org/10.4315/JFP-21-099>
- Kolobe, S. D., Manyelo, T. G., Malesatja, E., Sebola, N. A., Mabelebele, M. (2023). Fats and major fatty acids present in edible insects utilised as food and livestock feed. *Vet Anim Sci*, 22, 100312. doi:10.1016/j.vas.2023.100312
- Kourkouta, L., Koukourikos, Iliadis, Ouzounakis, Monios, A., Tsaloglidou. (2017). Bread and Health. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 5. doi:10.17265/2328-2150/2017.11.005
- Kouřimská, L., Adámková, A. (2016). Nutritional and sensory quality of edible insects. *NFS Journal*, 4, 22-26. doi:<https://doi.org/10.1016/j.nfs.2016.07.001>

- Kowalczewski, P., Gumienna, M., Rybicka, I., Górna, B., Sarbak, P., Dziedzic, K., Kmiecik, D. (2021). Nutritional Value and Biological Activity of Gluten-Free Bread Enriched with Cricket Powder. *Molecules*, 26(4). doi:10.3390/molecules26041184
- Kowalski, S., Mikulec, A., Mickowska, B., Skotnicka, M., Mazurek, A. (2022). Wheat bread supplementation with various edible insect flours. Influence of chemical composition on nutritional and technological aspects. *LWT*, 159, 113220. doi:<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113220>
- Kulma, M., Kouřimská, L., Plachý, V., Božik, M., Adámková, A., Vrabc, V. (2019). Effect of sex on the nutritional value of house cricket, *Acheta domestica* L. *Food Chemistry*, 272, 267-272. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.08.049>
- Kulma, M., Petříčková, D., Kurečka, M., Kotikova, Z., Táborský, J., Michlova, T., Kouřimská, L. (2021). Effect of carrot supplementation on nutritional value of insects: a case study with Jamaican field cricket (*Gryllus assimilis*). *Journal of Insects as Food and Feed*, 8, 1-10. doi:10.3920/JIFF2021.0138
- Kulma, M., Škvorová, P., Petříčková, D., Kouřimská, L. (2023). A descriptive sensory evaluation of edible insects in Czechia: do the species and size matter? *International Journal of Food Properties*, 26(1), 218-230. doi:10.1080/10942912.2022.2161569
- Kulma, M., Tůmová, V., Fialová, A., Kouřimská, L. (2020). Insect consumption in the Czech Republic: what the eye does not see, the heart does not grieve over. *Journal of Insects as Food and Feed*, 6. doi:10.3920/JIFF2020.0020
- Kuntadi, K., Adalina, Y., & Maharani, K. (2018). Nutritional compositions of six edible insects in Java. *Indonesian Journal of Forestry Research*, 5, 57-68. doi:10.20886/ijfr.2018.5.1.57-68
- Kusia, E., Borgemeister, C., Tanga, C., Ekesi, S., Subramanian, S. (2021). Exploring community knowledge, perception and practices of entomophagy in Kenya. *International Journal of Tropical Insect Science*, 41, 2237-2246. doi:10.1007/s42690-021-00469-9
- Labu, S., Subramanian, S., Cheseto, X., Akite, P., Kasangaki, P., Chemurot, M., Tanga, Ch. M., Salifu, D., Egonyu, J. P. (2022). Agrochemical contaminants in six species of edible insects from Uganda and Kenya. *Current Research in Insect Science*, 2, 100049. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cris.2022.100049>
- Lammers, P., Ullmann, L. M., Fiebelkorn, F. (2019). Acceptance of insects as food in Germany: Is it about sensation seeking, sustainability consciousness, or food disgust? *Food Quality and Preference*, 77, 78-88. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2019.05.010>
- Lange, K. W., Nakamura, Y. (2021). Edible insects as future food: chances and challenges. *Journal of Future Foods*, 1(1), 38-46. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jfutfo.2021.10.001>
- Larouche, J., Campbell, B., Hénault-Éthier, L., Banks, I. J., Tomberlin, J. K., Preyer, C., Deschamps, M. H., Vandenberg, G. W. (2023). The edible insect sector in Canada and the United States. *Anim Front*, 13(4), 16-25. doi:10.1093/af/vfad047
- Laureati, M., Proserpio, C., Jucker, C., Savoldelli, S. (2016). New sustainable protein sources: Consumers' willingness to adopt insects as feed and food. 28, 652-668.
- Lehtovaara, V., Valtonen, A., Sorjonen, J., Hiltunen, M., Rutaro, K., Malinga, G., Nyekp, P., Roininen, H. (2017). The fatty acid contents of the edible grasshopper *Ruspolia differens* can be manipulated using artificial diets. *Journal of Insects as Food and Feed*, 3, 1-10. doi:10.3920/JIFF2017.0018
- Liang, X., Fu, Y., Tong, L., Liu, H. (2014). Microbial shifts of the silkworm larval gut in response to lettuce leaf feeding. *Appl Microbiol Biotechnol*, 98(8), 3769-3776. doi:10.1007/s00253-014-5532-y

- Lu, M., Zhu, C., Smetana, S., Zhao, M., Zhang, H., Zhang, F., Du, Y. (2024). Minerals in edible insects: A review of content and potential for sustainable sourcing. *Food Science and Human Wellness*, 13(1), 65-74. doi:<https://doi.org/10.26599/FSHW.2022.9250005>
- Mancini, S., Mattioli, S., Paolucci, S., Fratini, F., Dal Bosco, A., Tuccinardi, T., Paci, G. (2021). Effect of Cooking Techniques on the in vitro Protein Digestibility, Fatty Acid Profile, and Oxidative Status of Mealworms (*Tenebrio molitor*). *Front Vet Sci*, 8, 675572. doi:10.3389/fvets.2021.675572
- Mancini, S., Moruzzo, R., Riccioli, F., Paci, G. (2019). European consumers' readiness to adopt insects as food. A review. *Food Res Int*, 122, 661-678. doi:10.1016/j.foodres.2019.01.041
- Mancini, S., Sogari, G., Espinosa Diaz, S., Menozzi, D., Paci, G., Moruzzo, R. (2022). Exploring the Future of Edible Insects in Europe. *Foods*, 11(3). doi:10.3390/foods11030455
- Manditsera, F. A., Luning, P. A., Fogliano, V., Lakemond, C. M. M. (2019a). The contribution of wild harvested edible insects (*Eulepida mashona* and *Henicus whellani*) to nutrition security in Zimbabwe. *Journal of Food Composition and Analysis*, 75, 17-25. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jfca.2018.09.013>
- Manditsera, F. A., Luning, P. A., Fogliano, V., Lakemond, C. M. M. (2019b). Effect of domestic cooking methods on protein digestibility and mineral bioaccessibility of wild harvested adult edible insects. *Food Research International*, 121, 404-411. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.03.052>
- Marshall, D. L., Dickson, J. S., Nguyen, N. H. (2016). Chapter 8 - Ensuring Food Safety in Insect Based Foods: Mitigating Microbiological and Other Foodborne Hazards. *Insects as Sustainable Food Ingredients* (pp. 223-253). San Diego: Academic Press.
- Meiselman, H. L. (2020). *Handbook of Eating and Drinking*
- Melgar-Lalanne, G., Hernandez Alvarez, A. J. (2019). Edible Insects Processing: Traditional and Innovative Technologies. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19. doi:10.1111/1541-4337.12463
- Meyer-Rochow, V. B., Gahukar, R. T., Ghosh, S., Jung, C. (2021). Chemical Composition, Nutrient Quality and Acceptability of Edible Insects Are Affected by Species, Developmental Stage, Gender, Diet, and Processing Method. *10(5)*, 1036.
- Mina, G., Peira, G., Bonadonna, A. (2023). The Potential Future of Insects in the European Food System: A Systematic Review Based on the Consumer Point of View. *Foods*, 12(3). doi:10.3390/foods12030646
- Mitra, S., Chakraborty, A. J., Tareq, A. M., Emran, T. B., Nainu, F., Khusro, A., Idris, A. M., Khandaker, M. U., Osman, H., Alhumaydhi, F. A., Simal-Gandara, J. (2022). Impact of heavy metals on the environment and human health: Novel therapeutic insights to counter the toxicity. *Journal of King Saud University - Science*, 34(3), 101865. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jksus.2022.101865>
- Mlcek, J., Rop, O., Borkovcová, M., Bednářová, M. (2014). A Comprehensive Look at the Possibilities of Edible Insects as Food in Europe – A Review. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 64. doi:10.2478/v10222-012-0099-8
- Montowska, M., Kowalczewski, P. Ł., Rybicka, I., Fornal, E. (2019). Nutritional value, protein and peptide composition of edible cricket powders. *Food Chemistry*, 289, 130-138. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.03.062>
- Mosibo, O. K., Ferrentino, G., Alam, M. R., Morozova, K., Scampicchio, M. (2022). Extrusion cooking of protein-based products: potentials and challenges. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 62(9), 2526-2547. doi:10.1080/10408398.2020.1854674

- Musundire, R., Osuga, I. M., Cheseto, X., Irungu, J., Torto, B. (2016). Aflatoxin Contamination Detected in Nutrient and Anti-Oxidant Rich Edible Stink Bug Stored in Recycled Grain Containers. *PLOS ONE*, *11*(1), e0145914. doi:10.1371/journal.pone.0145914
- Mutungu, C., Irungu, F. G., Nduko, J., Mutua, F., Affognon, H., Nakimbugwe, D., Ekesi, S., Fiaboe, K. K. M. (2019). Postharvest processes of edible insects in Africa: A review of processing methods, and the implications for nutrition, safety and new products development. *Crit Rev Food Sci Nutr*, *59*(2), 276-298. doi:10.1080/10408398.2017.1365330
- Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2015/2283 ze dne 25. listopadu 2015 o nových potravinách, o změně nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1169/2011 a o zrušení nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 258/97 a nařízení Komise (ES) č. 1852/2001, (2015).
- Nonaka, K. i., Durst, P. B., Johnson, D. V., Leslie, R. N., Shono, K. (2010). *Cultural and commercial roles of edible wasps in Japan*.
- Oibiokpa, F. I., Akanya, H. O., Jigam, A. A., Saidu, A. N., Egwim, E. C. (2018). Protein quality of four indigenous edible insect species in Nigeria. *Food Science and Human Wellness*, *7*(2), 175-183. doi:<https://doi.org/10.1016/j.fshw.2018.05.003>
- Ojha, S., Bekhit, A. E.-D., Grune, T., Schlüter, O. K. (2021). Bioavailability of nutrients from edible insects. *Current Opinion in Food Science*, *41*, 240-248. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cofs.2021.08.003>
- Okyere, A. A. (2023). Chapter 11 - Food Safety Management of Insect-Based Foods. In V. Andersen, H. Lelieveld, & Y. Motarjemi (Eds.), *Food Safety Management (Second Edition)* (pp. 223-233). San Diego: Academic Press.
- Ooninx, D. G., van Itterbeeck, J., Heetkamp, M. J., van den Brand, H., van Loon, J. J., van Huis, A. (2010). An exploration on greenhouse gas and ammonia production by insect species suitable for animal or human consumption. *PLOS ONE*, *5*(12), e14445. doi:10.1371/journal.pone.0014445
- Opstvedt, J., Nygård, E., Samuelsen, T., Venturini, G., Luzzana, U., Mundheim, H. (2003). Effect on protein digestibility of different processing conditions in the production of fish meal and fish feed. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *83*, 775-782. doi:10.1002/jsfa.1396
- Orkus, A., Wolańska, W., Harasym, J., Piwowar, A., Kapelko, M. (2020). Consumers' Attitudes Facing Entomophagy: Polish Case Perspectives. *Int J Environ Res Public Health*, *17*(7). doi:10.3390/ijerph17072427
- Orsi, L., Voegelé, L. L., Stranieri, S. (2019). Eating edible insects as sustainable food? Exploring the determinants of consumer acceptance in Germany. *Food Res Int*, *125*, 108573. doi:10.1016/j.foodres.2019.108573
- Pambo, K. O., Okello, J. J., Mbeche, R. M., Kinyuru, J. N., Alemu, M. H. (2018). The role of product information on consumer sensory evaluation, expectations, experiences and emotions of cricket-flour-containing buns. *Food Res Int*, *106*, 532-541. doi:10.1016/j.foodres.2018.01.011
- Pankaj, S. K., Shi, H., Keener, K. M. (2018). A review of novel physical and chemical decontamination technologies for aflatoxin in food. *Trends in Food Science & Technology*, *71*, 73-83. doi:<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.11.007>
- Paoletti, M. G., Norberto, L., Damini, R., Musumeci, S. (2007). Human gastric juice contains chitinase that can degrade chitin. *Ann Nutr Metab*, *51*(3), 244-251. doi:10.1159/000104144

- Patel, S., Suleria, H. A. R., Rauf, A. (2019). Edible insects as innovative foods: Nutritional and functional assessments. *Trends in Food Science & Technology*, 86, 352-359. doi:<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.02.033>
- Payne, C. (2015). Wild harvesting declines as pesticides and imports rise: The collection and consumption of insects in contemporary rural Japan. *Journal of Insects as Food and Feed*, 1, 57-65. doi:10.3920/JIFF2014.0004
- Pener, M. P. (2016). Allergy to crickets: a review. *Journal of Orthoptera Research*, 25(2), 91-95.
- Pérez-Cobas, A. E., Maiques, E., Angelova, A., Carrasco, P., Moya, A., Latorre, A. (2015). Diet shapes the gut microbiota of the omnivorous cockroach *Blattella germanica*. *FEMS Microbiol Ecol*, 91(4). doi:10.1093/femsec/fiv022
- Petrescu-Mag, R. M., Rastegari Kopaei, H., Petrescu, D. C. (2022). Consumers' acceptance of the first novel insect food approved in the European Union: Predictors of yellow mealworm chips consumption. *Food Sci Nutr*, 10(3), 846-862. doi:10.1002/fsn3.2716
- Piha, S., Pohjanheimo, T., Lähteenmäki-Uutela, A., Křečková, Z., Otterbring, T. (2018). The effects of consumer knowledge on the willingness to buy insect food: An exploratory cross-regional study in Northern and Central Europe. *Food Quality and Preference*, 70, 1-10. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2016.12.006>
- Pippinato, L., Gasco, L., Di Vita, G., Mancuso, T. (2020). Current scenario in the European edible-insect industry: a preliminary study. 1-12. doi:10.3920/JIFF2020.0008
- Poma, G., Cuykx, M., Amato, E., Calaprice, C., Focant, J. F., Covaci, A. (2017). Evaluation of hazardous chemicals in edible insects and insect-based food intended for human consumption. *Food and Chemical Toxicology*, 100, 70-79. doi:<https://doi.org/10.1016/j.fct.2016.12.006>
- Pomés, A., Mueller, G. A., Randall, T. A., Chapman, M. D., Arruda, L. K. (2017). New Insights into Cockroach Allergens. *Curr Allergy Asthma Rep*, 17(4), 25. doi:10.1007/s11882-017-0694-1
- Pradanas-González, F., Álvarez-Rivera, G., Benito-Peña, E., Navarro-Villoslada, F., Cifuentes, A., Herrero, M., Moreno-Bondi, M. C. (2021). Mycotoxin extraction from edible insects with natural deep eutectic solvents: a green alternative to conventional methods. *Journal of Chromatography A*, 1648, 462180. doi:<https://doi.org/10.1016/j.chroma.2021.462180>
- Raheem, D., Carrascosa, C., Oluwole, O. B., Nieuwland, M., Saraiva, A., Millán, R., Raposo, A. (2019a). Traditional consumption of and rearing edible insects in Africa, Asia and Europe. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 59(14), 2169-2188. doi:10.1080/10408398.2018.1440191
- Raheem, D., Raposo, A., Oluwole, O. B., Nieuwland, M., Saraiva, A., Carrascosa, C. (2019b). Entomophagy: Nutritional, ecological, safety and legislation aspects. *Food Research International*, 126, 108672. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108672>
- Ramos-Elorduy, J. (2005). Insects: a hopeful food source. *Ecological Implications of Minilivestock*, 263-291.
- Ramos-Elorduy, J., Moreno, J. M. P., Prado, E. E., Perez, M. A., Otero, J. L., de Guevara, O. L. (1997). Nutritional Value of Edible Insects from the State of Oaxaca, Mexico. *Journal of Food Composition and Analysis*, 10(2), 142-157. doi:<https://doi.org/10.1006/jfca.1997.0530>
- Ramos-Elorduy, J. (2009). Anthro-entomophagy: Cultures, evolution and sustainability. *Entomological Research*, 39, 271-288. doi:10.1111/j.1748-5967.2009.00238.x
- Riaz Rajoka, M. S., Mehwish, H. M., Wu, Y., Zhao, L., Arfat, Y., Majeed, K., Anwaar, S. (2020). Chitin/chitosan derivatives and their interactions with microorganisms: a

- comprehensive review and future perspectives. *Crit Rev Biotechnol*, 40(3), 365-379. doi:10.1080/07388551.2020.1713719
- Ribeiro, J. C., Cunha, L. M., Sousa-Pinto, B., Fonseca, J. (2018). Allergic risks of consuming edible insects: A systematic review. *Mol Nutr Food Res*, 62(1). doi:10.1002/mnfr.201700030
- Ribeiro, J. C., Gonçalves, A. T. S., Moura, A. P., Varela, P., Cunha, L. M. (2022). Insects as food and feed in Portugal and Norway – Cross-cultural comparison of determinants of acceptance. *Food Quality and Preference*, 102, 104650. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2022.104650>
- Rinninella, E., Cintoni, M., Raoul, P., Lopetuso, L. R., Scaldaferri, F., Pulcini, G., Miggianno, G. A. D., Gasbarrini, A., Mele, M. C. (2019). Food Components and Dietary Habits: Keys for a Healthy Gut Microbiota Composition. *Nutrients*, 11(10). doi:10.3390/nu11102393
- Rocchetti, G., Leni, G., Rebecchi, A., Dordoni, R., Giuberti, G., Lucini, L. (2024). The distinctive effect of different insect powders as meat extenders in beef burgers subjected to cooking and in vitro gastrointestinal digestion. *Food Chem*, 442, 138422. doi:10.1016/j.foodchem.2024.138422
- Rodríguez-Rodríguez, M., Barroso, F. G., Fabrikov, D., Sánchez-Muros, M. J. (2022). In Vitro Crude Protein Digestibility of Insects: A Review. *Insects*, 13(8). doi:10.3390/insects13080682
- Rumpold, B., Schlüter, O. (2015). Insect-based protein sources and their potential for human consumption: Nutritional composition and processing. *Animal Frontiers*, 5, 20-24. doi:10.2527/af.2015-0015
- Rumpold, B. A., Fröhling, A., Reineke, K., Knorr, D., Boguslawski, S., Ehlbeck, J., Schlüter, O. (2014). Comparison of volumetric and surface decontamination techniques for innovative processing of mealworm larvae (*Tenebrio molitor*). *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 26, 232-241. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ifset.2014.09.002>
- Rumpold, B. A., Schlüter, O. K. (2013). Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Mol Nutr Food Res*, 57(5), 802-823. doi:10.1002/mnfr.201200735
- Sarah van Broekhoven, Q. H. T. D., Arnold van Huis, van Loon, J. J.A. (2014). Exposure of tenebrionid beetle larvae to mycotoxin-contaminated diets and methods to reduce toxin levels. 47-58.
- Shockley, M., Lesnik, J., Allen, R., Fonseca, A. (2018). Edible Insects and Their Uses in North America; Past, Present and Future. In (pp. 55-79).
- Schlüter, O., Rumpold, B., Holzhauser, T., Roth, A., Vogel, R. F., Quasigroch, W., Vogel, S., Volker, H., Jäger, H., Bandick, N., Kulling, S., Knorr, D., Steinberg, P., Engel, K. H. (2017). Safety aspects of the production of foods and food ingredients from insects. *Mol Nutr Food Res*, 61(6). doi:10.1002/mnfr.201600520
- Schrögel, P., Wätjen, W. (2019). Insects for Food and Feed-Safety Aspects Related to Mycotoxins and Metals. *Foods*, 8(8). doi:10.3390/foods8080288
- Siddaraju, A., Negi, P. (2023). Edible insects as innovative ingredients: processing technologies and insect incorporated foods. *Journal of Insects as Food and Feed*, 9, 1-14. doi:10.3920/JIFF2022.0026
- Skotnicka, M., Karwowska, K., Kłobukowski, F., Borkowska, A., Pieszko, M. (2021). Possibilities of the Development of Edible Insect-Based Foods in Europe. *Foods*, 10(4). doi:10.3390/foods10040766
- Smarzyński, K., Sarbak, P., Kowalczewski, P., Róžańska, M. B., Rybicka, I., Polanowska, K., Fedko, M., Kmiecik, D., Masewicz, L., Nowicki, M., Lawandowicz, J., Jezowski, P., Kačániová, M., Slachcinski, M., Piechota, T., Baranowska, H. M. (2021). Low-

- Field NMR Study of Shortcake Biscuits with Cricket Powder, and Their Nutritional and Physical Characteristics. *Molecules*, 26(17). doi:10.3390/molecules26175417
- Sogari, G., Bogueva, D., Marinova, D. (2019). Australian Consumers' Response to Insects as Food. *Agriculture*, 9, 108. doi:10.3390/agriculture9050108
- Sogari, G., Menozzi, D., Hartmann, C., Mora, C. (2019). How to Measure Consumers Acceptance Towards Edible Insects? – A Scoping Review About Methodological Approaches. In (pp. 27-44).
- Soladoye, O. P., Juárez, M. L., Aalhus, J. L., Shand, P., Estévez, M. (2015). Protein Oxidation in Processed Meat: Mechanisms and Potential Implications on Human Health. *Compr Rev Food Sci Food Saf*, 14(2), 106-122. doi:10.1111/1541-4337.12127
- Sripabloom, J., Kitthawee, S., Suphantharika, M. (2022). Functional and physicochemical properties of cookies enriched with edible insect (*Tenebrio molitor* and *Zophobas atratus*) powders. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 16(3), 2181-2190. doi:10.1007/s11694-022-01324-2
- Stone, A. K., Tanaka, T., Nickerson, M. T. (2019). Protein quality and physicochemical properties of commercial cricket and mealworm powders. *J Food Sci Technol*, 56(7), 3355-3363. doi:10.1007/s13197-019-03818-2
- Stork, N. E. (2018). How Many Species of Insects and Other Terrestrial Arthropods Are There on Earth? *Annu Rev Entomol*, 63, 31-45. doi:10.1146/annurev-ento-020117-043348
- Struck, S., Straube, D., Zahn, S., Rohm, H. (2018). Interaction of wheat macromolecules and berry pomace in model dough: Rheology and microstructure. *Journal of Food Engineering*, 223, 109-115. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.12.011>
- Stull, V., Patz, J. (2020). Research and policy priorities for edible insects. *Sustainability Science*, 15(2), 633-645. doi:10.1007/s11625-019-00709-5
- Suman, M. (2021). Last decade studies on mycotoxins' fate during food processing: an overview. *Current Opinion in Food Science*, 41, 70-80. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cofs.2021.02.015>
- SZPI. (2023). Hmyz v potravinách. Jak je to možné? Retrieved from <https://www.szpi.gov.cz/clanek/hmyz-v-potravinach-jak-je-to-mozne.aspx>
- Tang, C., Yang, D., Liao, H., Sun, H., Liu, C., Wei, L., Li, F. (2019). Edible insects as a food source: a review. *Food Production, Processing and Nutrition*, 1. doi:10.1186/s43014-019-0008-1
- Tzompa-Sosa, D. A., Yi, L., van Valenberg, H. J. F., van Boekel, M. A. J. S., Lakemond, C. M. M. (2014). Insect lipid profile: aqueous versus organic solvent-based extraction methods. *Food Research International*, 62, 1087-1094. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.05.052>
- van der Fels-Klerx, H. J., Camenzuli, L., Belluco, S., Meijer, N., Ricci, A. (2018). Food Safety Issues Related to Uses of Insects for Feeds and Foods. *Compr Rev Food Sci Food Saf*, 17(5), 1172-1183. doi:10.1111/1541-4337.12385
- van Huis, A. (2013). Potential of insects as food and feed in assuring food security. *Annu Rev Entomol*, 58, 563-583. doi:10.1146/annurev-ento-120811-153704
- van Huis, A. (2016). Edible insects are the future? *Proc Nutr Soc*, 75(3), 294-305. doi:10.1017/s0029665116000069
- van Huis, A., Rumpold, B., Maya, C., Roos, N. (2021). Nutritional Qualities and Enhancement of Edible Insects. *Annu Rev Nutr*, 41, 551-576. doi:10.1146/annurev-nutr-041520-010856
- van Lenteren, J. C. (2006). Ecosystem services to biological control of pests: Why are they ignored? *Proceedings Netherlands Entomological Society Meeting*, 17, 103-111.
- WHO/FAO. Protein and Amino Acid Requirements in Human Nutrition: Report

- of a Joint WHO/FAO/UNU Expert Consultation. (2007) WHO technical report series 935.
- Wilkinson, K., Muhlhausler, B., Motley, C., Crump, A., Bray, H., Ankeny, R. (2018). Australian Consumers' Awareness and Acceptance of Insects as Food. *Insects*, 9(2). doi:10.3390/insects9020044
- Williams, J. P., Williams, J. R., Kirabo, A., Chester, D., Peterson, M. (2016). Chapter 3 - Nutrient Content and Health Benefits of Insects. *Insects as Sustainable Food Ingredients* (pp. 61-84). San Diego: Academic Press.
- Wouters, A. G. B., Rombouts, I., Fierens, E., Brijs, K., Delcour, J. A. (2016). Relevance of the Functional Properties of Enzymatic Plant Protein Hydrolysates in Food Systems. *Compr Rev Food Sci Food Saf*, 15(4), 786-800. doi:10.1111/1541-4337.12209
- Chen, X., Feng, Y., Chen, Z. (2009). Common edible insects and their utilization in China. *Entomological Research*, 39(5), 299-303.
- Yazıcı, G., Özer, M. (2021). *Using Edible Insects in the Production of Cookies, Biscuits, and Crackers: A Review* (Vol. 6).
- Yen, A. (2009). Edible insects: Traditional knowledge or western phobia? *Entomological Research*, 39, 289-298. doi:10.1111/j.1748-5967.2009.00239.x
- Yen, A. L., Durst, P. B., Johnson, D. V., Leslie, R. N., Shono, K. (2010). *Edible insects and other invertebrates in Australia: future prospects*.
- Yerlikaya, P., Topuz, O., Yatmaz, H., Gokoglu, N. (2012). Fatty Acid Profiles of Different Shrimp Species: Effects of Depth of Catching. *Journal of Aquatic Food Product Technology - J Aquat Food Prod Technol*, 22. doi:10.1080/10498850.2011.646388
- Yhoun-aree, D. (2010). Edible insects in Thailand: nutritional values and health concerns. *Edible Forest Insects*, 201-216.
- Yi, L., Lakemond, C. M. M., Sagis, L. M. C., Eisner-Schadler, V., van Huis, A., van Boekel, M. A. J. S. (2013). Extraction and characterisation of protein fractions from five insect species. *Food Chemistry*, 141(4), 3341-3348. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.05.115>
- Yigit, N., Velioglu, Y. S. (2020). Effects of processing and storage on pesticide residues in foods. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 60(21), 3622-3641. doi:10.1080/10408398.2019.1702501
- Yun, J. H., Roh, S. W., Whon, T. W., Jung, M. J., Kim, M. S., Park, D. S., Yoon, Ch., Nam, Y. D., Kim, Y. J., Choi, J. H., Kim, J. Y., Shin, N. R., Kim, S. H., Lee, W. J., Bae, J. W. (2014). Insect gut bacterial diversity determined by environmental habitat, diet, developmental stage, and phylogeny of host. *Appl Environ Microbiol*, 80(17), 5254-5264. doi:10.1128/aem.01226-14
- Zamudio-Flores, P., Tirado-Gallegos, J., Espino-Díaz, M., Ochoa Reyes, E., Hernandez-Centeno, F., Hernández-González, M., De la Peña, H. Y. L., Garcia-Cano, V. G., Sanchez-Ortiz, O. (2019). Food supplements from a Grasshopper: A developmental stage-wise evaluation of amino acid profile, protein and vitamins in *Brachystola magna* (Girard). *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 31. doi:10.9755/ejfa.2019.v31.i7.1989
- Zielińska, E., Baraniak, B., Karaś, M., Rybczyńska, K., Jakubczyk, A. (2015). Selected species of edible insects as a source of nutrient composition. *Food Research International*, 77, 460-466. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.09.008>

Seznam zkratek

ADF	acidodetergentní vláknina
D	dospělec
DM	dry mass = sušina
EU	Evropská unie
FAO	Organizace pro výživu a zemědělství
FW	fresh weight = čerstvá hmotnost
HACCP	system analýzy rizika a stanovení kritických kontrolních bodů
L	larva
MLR	maximální limity reziduí
MUFA	monoenové mastné kyseliny
NF	novel foods = nové potraviny
PUFA	polyenové mastné kyseliny
SCFA	short chain fatty acids = mastné kyseliny s krátkým řetězcem
SFA	nasyčené mastné kyseliny
WHO	Světová zdravotnická organizace

Seznam grafů

Graf 1: Předchozí konzumace jedlého hmyzu v závislosti na pohlaví	50
Graf 2: Předchozí konzumace jedlého hmyzu v závislosti na věku	51
Graf 3: Předchozí konzumace jedlého hmyzu v závislosti na vzdělání.....	51
Graf 4: Místo konzumace jedlého hmyzu v závislosti na pohlaví.....	52
Graf 5: Místo konzumace jedlého hmyzu v závislosti na věku	53
Graf 6: Místo konzumace jedlého hmyzu v závislosti na vzdělání	53
Graf 7: Postoj k jedlému hmyzu v závislosti na pohlaví	54
Graf 8: Postoj ke konzumaci jedlého hmyzu v závislosti na věku	55
Graf 9: Postoj ke konzumaci jedlého hmyzu v závislosti na vzdělání	55
Graf 10: Setkání se s produkty z jedlého hmyzu v závislosti na vzdělání.....	56
Graf 11: Setkání se s produkty z jedlého hmyzu v závislosti na vzdělání.....	56
Graf 12: Setkání se s produkty z jedlého hmyzu v závislosti na vzdělání.....	57
Graf 13: Zakoupení jedlého hmyzu v závislosti na pohlaví	57
Graf 14: Zakoupení jedlého hmyzu v závislosti na věku	58
Graf 15: Zakoupení jedlého hmyzu v závislosti na vzdělání.....	58
Graf 16: Preferovaná forma konzumace jedlého hmyzu v závislosti na pohlaví	59
Graf 17: Preferovaná forma konzumace jedlého hmyzu v závislosti na věku	60
Graf 18: Preferovaná forma konzumace jedlého hmyzu v závislosti na vzdělání.....	60
Graf 19: Zážitek z ochutnání jedlého hmyzu v závislosti na pohlaví.....	61
Graf 20: Zážitek z ochutnání jedlého hmyzu v závislosti na věku	62
Graf 21: Zážitek z ochutnání jedlého hmyzu v závislosti na vzdělání	62
Graf 22: Preferovaný druh jedlého hmyzu v závislosti na pohlaví	63
Graf 23: Preferovaný druh jedlého hmyzu v závislosti na věku.....	64
Graf 24: Preferovaný druh jedlého hmyzu v závislosti na vzdělání.....	64

Seznam tabulek

Tabulka 1: Nejčastěji konzumované druhy jedlého hmyzu ve světě	12
Tabulka 2: Energetická hodnota vybraných druhů hmyzu.....	21
Tabulka 3: Obsah proteinu ve vybraných řádech a podřádech jedlého hmyzu.....	22
Tabulka 4: Profil mastných kyselin ve vybraných druzích jedlého hmyzu.	26
Tabulka 5: Obsah vlákniny ve vybraných druzích jedlého hmyzu.	28
Tabulka 6: Sociodemografické charakteristiky respondentů	46
Tabulka 7: Produkty z jedlého hmyzu dostupné na internetu	65

Seznam obrázků

Obrázek 1: Počty zaznamenaných druhů jedlého hmyzu v jednotlivých zemích světa..... 13

Seznam příloh

Příloha č. 1 Dotazník zkušeností s jedlým hmyzem a jeho sensorické hodnocení

Příloha č. 1 Dotazník zkušeností s jedlým hmyzem a jeho senzorické hodnocení

**Dotazník zkušeností s jedlým hmyzem a jeho senzorické
hodnocení**

Údaje o respondentovi:

- a) Pohlaví
- Muž
 - Žena
- b) Věk
- ≤ 20 let
 - 21-40 let
 - ≥ 41 let
- c) Vzdělání
- Základní
 - Středoškolské
 - Vysokoškolské

Dotazník zkušeností s jedlým hmyzem a jeho hodnocení:

1. Konzumoval/a jste někdy jedlý hmyz?
 - Ano
 - Ne
2. Kde jste konzumoval/a jedlý hmyz?
 - Jedlý hmyz jsem nikdy nekonzumoval/a
 - Jedlý hmyz jsem konzumoval/a pouze na Noci vědců
 - Jedlý hmyz jsem konzumoval/a na Noci vědců a jinde
 - Jedlý hmyz jsem konzumoval/a pouze jinde (ne na Noci vědců)
3. Jaký je Váš postoj k jedlému hmyzu?
 - Kladný – jsem tomu otevřen/a
 - Neutrální – nevyhledávám to, ale nemám problém vyzkoušet
 - Záporný – konzumace hmyzu se mi hnusí
4. Setkal/a jste se někdy s výrobkem z jedlého hmyzu v obchodě nebo na internetu?
 - Ano – v kamenném obchodě
 - Ano – v internetovém obchodě
 - Ano – v kamenném i internetovém obchodě
 - Ne
5. Koupil/a jste si někdy výrobek z jedlého hmyzu?
 - Ano
 - Ne

6. V jaké formě preferujete konzumaci jedlého hmyzu?
- V jakékoliv formě
 - Celý – kulinárně neupravený (syrový)
 - Celý – kulinárně upravený
 - Skrytá forma (např. Přidaný do běžné potraviny za účelem fortifikace)
 - Žádný
7. Jakým zážitkem pro Vás bylo ochutnání jedlého hmyzu?
- Hmyz jsem neochutnal/a
 - Hmyz jsem ochutnal/a, ale nechutnal mi
 - Hmyz jsem ochutnal/a, chutnal mi, ale znova bych si ho nedal
 - Hmyz jsem ochutnal/a, chutnal mi a určitě si ho někdy dám znova
8. Jaký druh jedlého hmyzu Vás zaujal nejvíce?
- Žádný
 - Neochutnal/a jsem všechny
 - Nevím, všechny chutnají stejně
 - Locusta migratoria*
 - Acheta domesticus*
 - Tenebrio molitor*
 - Všechny

