



### ABSTRAKT

S rostoucí světovou populací roste i poptávka po živočišných bílkovinách, což vede k hledání alternativních zdrojů výživy. Jedlý hmyz představuje perspektivní alternativu, která nabízí vysokou nutriční hodnotu, nízkou ekologickou stopu a efektivní konverzi organických zbytků na hodnotné bílkoviny. Evropská legislativa již umožňuje konzumaci vybraných druhů hmyzu, přičemž jejich nutriční složení zahrnuje všechny esenciální aminokyseliny, tuky, vitamíny a minerální látky. Přijetí hmyzu jako potravin je však v západních zemích stále omezené kvůli kulturním a psychologickým bariérám, přičemž vyšší akceptace je u produktů se skrytou formou hmyzu, například v moučkách či extrudovaných výrobcích.

Kromě nutričního přínosu hmyzu jako potravin se intenzivně zkoumá i jeho výživová hodnota jako krmiva pro hospodářská zvířata a možnost využití organických agro-potravinářských vedlejších produktů v chovu hmyzu. To může pozitivně ovlivnit nutriční složení hmyzu a zároveň přispět k udržitelnému nakládání s biologickým odpadem. Důležitým vedlejším produktem hmyzí produkce je také tzv. "frass", který se ukazuje jako efektivní organické hnojivo s potenciálním pozitivním vlivem na růst rostlin. Přestože jedlý hmyz nabízí mnoho environmentálních i nutričních výhod, je zapotřebí dalšího výzkumu zaměřeného na bezpečnost, optimalizaci chovu a zlepšení sensorických vlastností hmyzích produktů pro zvýšení jejich přijetí spotřebiteli.

*Klíčová slova: jedlý hmyz, nutriční a sensorická jakost, hmyzí "frass", výživa hmyzu*

### ABSTRACT

As the world population grows, so does the demand for animal protein, leading to a search for alternative sources of nutrition. Edible insects represent a promising alternative that offers high nutritional value, a low ecological footprint and an efficient conversion of organic residues into valuable proteins. European legislation already allows the consumption of selected insect species, with their nutritional composition including all essential amino acids, fats, vitamins and minerals. However, the acceptance of insects as food is still limited in Western countries due to cultural and psychological barriers, with higher acceptance of products with a hidden form of insects, such as in flours or extruded products. In addition to the nutritional benefits of insects, their feed value and the possibility of using organic agri-food by-products in insect farming are also being intensively investigated. This can positively affect the nutritional composition of insects and at the same time contribute to the sustainable management of biological waste. An important by-product of insect production is also the so-called "frass", which is proving to be an effective organic fertilizer with

a potential positive effect on plant growth. Although edible insects offer many environmental and nutritional benefits, further research is needed to address safety, optimize farming, and improve the sensory properties of insect products to increase their consumer acceptance.

*Keywords: edible insects, nutritional and sensory quality, insect "frass", insect nutrition*

## ÚVOD

S rostoucí populací se zvyšuje celosvětový nárůst poptávky po mase a potravinách živočišného původu. Spolu s omezenou plochou zemědělské půdy, která je k dispozici, to vede k hledání alternativních zdrojů bílkovin. Jedlý hmyz představuje alternativní zdroj bílkovin pro lidskou výživu a krmivo pro zvířata, který je zajímavý díky nízkým emisím skleníkových plynů, výborné konverzi krmiva, minimálnímu nároku na půdu a schopnosti přeměňovat nízko hodnotné organické vedlejší produkty na vysoce hodnotné bílkovinné suroviny (Van Huis, 2016).

Toto tvrzení podporují také nashromážděné informace organizací OSN pro výživu a zemědělství (FAO), podle kterých je důležité podporovat využití jedlého hmyzu jako řešení pro nutričně nedostatečnou stravu a zlepšovat zdraví rychle rostoucí populace (FAO, 2017). Aktuálně je na světě evidováno 2111 druhů hmyzu, které jsou považovány za jedlé (Jongema, 2017). Podle nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2015/2283, které vešlo v platnost 1. 1. 2018, jsou jedlý hmyz a výrobky z jedlého hmyzu jasně definovány jako nová potravina ve smyslu tohoto nařízení. Protože nebyly součástí tradičního jídelníčku obyvatel EU před 15. 5. 1997, jsou definovány jako nová potravina (Mishyna et al., 2020a). Mezi povolené druhy hmyzu určené ke konzumaci patří larvy potměníka moučného (*Tenebrio molitor*; nařízení Komise EU 2021/882), saranče stěhovavá (*Locusta migratoria*; nařízení Komise EU 2021/1975), cvrček domácí (*Acheta domesticus*; nařízení Komise EU 2022/188) a larvy potměníka stájového (*Alphitobius diaperinus*; nařízení Komise EU 2023/58).

## MATERIÁL A METODIKA

### Výživové hodnoty

Výživové hodnoty hmyzu jsou velmi vysoké. Hmyz obsahuje všechny esenciální živiny pro vývoj a růst člověka. Jedná se hlavně o proteiny, tuky, vitamíny, minerální látky a sacharidy (Dobermann et al., 2017). Například v porovnání s kuřecí prsní svalovinou, vepřovou plecí a hovězí svíčkovou má jedlý hmyz povolený ke konzumaci v EU vyšší obsah energie a proteinů a (až na cvrčka domácího) i vyšší obsah tuků. Dále má v některých případech i vyšší rozmanitost a obsah stopových prvků (Adámková et al., 2016; Mohamed, 2015; Orkus, 2021). Obsah proteinů hmyzu se podle Zhou et al. (2022) pohybuje od 6,25 do 80,26 g/100 g sušiny, ale podle van Huis et Tomberlin (2017) se obsah proteinů pohybuje mezi 25 až 75 g/100 g sušiny. Protein hmyzu obsahuje všechny esenciální aminokyseliny, nejvíce jsou zastoupené lysin, tryptofan a histidin (Ramos-Elorduy et al., 1997). Limitujícími aminokyselinami jsou nejčastěji cystein a methionin (van Huis a Tomberlin, 2017). Další živinou, na kterou je hmyz bohatý je tuk. Jeho průměrný obsah je od 10 do 60 g/100 g sušiny, přičemž vyšší obsah má larvální stádium než dospělec (Kouřimská

a Adámková, 2016). Díky takto vysokému zastoupení tuků, může hmyz poskytovat lidskému tělu velké množství energie a také esenciální mastné kyseliny, včetně kyseliny linolové a  $\alpha$ -linolenové (Paul et al., 2017). Obsah sacharidů v hmyzu je poměrně nízký a pohybuje se od 1 do 7 g/100 g v sušině. Hlavním zdrojem sacharidů je polysacharid chitin, který funguje jako dietární vláknina (van Huis a Tomberlin, 2017). Ve hmyzu je obsaženo velké množství vitamínů a minerálních látek. Konkrétně jde o vitamíny A, D2, D3, C, E, K, B1, B2, B3, B5, B6, listovou kyselinu, biotin a B12. V hmyzu najdeme také minerální látky jako jsou železo, zinek, fosfor, draslík a vápník. Například vápník obsažený v cvrčí moučce dosahuje hodnot srovnatelných s obsahem vápníku v tofu nebo v lososu a to 218 mg/100 g sušiny (Zhou et al., 2022).

### **Modifikace krmiva hmyzu**

Nutriční hodnota jedlého hmyzu není konstantní a záleží na mnoha faktorech. Dieta má pravděpodobně nejdůležitější vliv na tuto hodnotu (Van Huis et al., 2021). Při chovu hmyzu se nejběžněji jako krmivo používá krmná směs pro kuřata, přičemž hlavním proteinovým komponentem je nejčastěji sójová moučka. Využití alternativních zdrojů bílkovin lokálního původu je však v posledních letech intenzivně zkoumáno (Riekkinen et al., 2022). Nové krmné substráty lze získávat z různých zdrojů, jedná se například o vedlejší produkty zemědělské výroby, manipulace a skladování po sklizni, potravinářského průmyslu nebo komerční výroby potravin. Dále by se dle vědeckých studií daly využít i odpadní materiály z velkoobchodní a maloobchodní distribuce, z velkokuchyní a potravinový odpad z domácností (Edjabou et al., 2016; Ojha et al., 2020), ale legislativa EU to v případě hmyzu jako potraviny a krmiva pro hospodářská zvířata zatím nedovoluje. Například larvy mouchy bráněnky (*Hermetia illucens*) lze využít k recyklaci vedlejších zemědělských produktů jako jsou kávová drť, moučka z palmových jader, hnůj a organické odpadní materiály včetně rybích vnitřností, komunální organický odpad, odvodněné fekální kaly, organické výluhy a výpalky z lihovaru s rozpustnými látkami. V organickém odpadu se ale mohou vyskytovat i perzistentní polutanty, jako jsou těžké kovy. Například u již zmíněných larev mouchy bráněnky došlo k akumulaci kadmia v množství překračujícím limity pro použití jako krmivo pro zvířata, avšak v případě olova a zinku se situace ukázala být méně problematická (van Huis, 2015). Zároveň ale mohou být vedlejší produkty zemědělsko-potravinářského sektoru zdrojem nutričně důležitých látek, které se mohou do jedlého hmyzu transferovat. Jedním z příkladů je, když se při využití vedlejších produktů z vaření piva dosáhlo zkrácení doby vývoje larev, snížení mortality a zvýšení přírůstku hmotnosti u larev potemníka moučného (van Broekhoven et al., 2015). Dalším příkladem je upravení vysokého poměru  $\omega$ -6/  $\omega$ -3 mastných kyselin za pomoci oleje z lněného semínka, který byl bohatým zdrojem  $\omega$ -3 mastných kyselin v krmivu cvrčků a larev potemníků (Francardi et al., 2017) anebo zvýšení obsahu karotenoidů u jedlého hmyzu po zkrmování neprodejnými kusy mrkve anebo slupkami z mrkve (Kulma et al., 2022; Heath et al., 2024).

## Konzumace hmyzu

Konzumace hmyzu neboli entomofágie, je běžná skoro u 2 miliard obyvatel ze 131 zemí, především v Asii, Africe a Latinské Americe (Jantzen da Silva Lucas et al., 2020). V západních zemích dochází často k neofobii, což je neochota zkoušet nové neznámé jídlo, vůči jedlému hmyzu. Hlavním důvodem je to, že hmyz je vnímán jako nechutný, nebezpečný, špinavý a často i jako škůdce (Mishyna et al., 2020a). Proto pozorujeme vyšší přijatelnost hmyzích potravin nebo potravin s přídavkem jedlého hmyzu, pokud se jedná o skrytou formu, například ve formě moučky nebo v nadrcené podobě (Mancini et al., 2022) než u celého hmyzu, kde je jeho přijatelnost nižší. Celý hmyz je nejčastěji nabízen v sušené, grilované nebo dokonce nakládané podobě (Kulma et al., 2023). Nadrcený jedlý hmyz neboli hmyzí moučka, se může objevovat v různých typech potravin a také v různých formách. Jeho přídavek je povolen do pekařských výrobků nebo sušenek, nejčastěji v sušené a práškové podobě jako přídavek do pečiva nebo náhrada mouky. Dalším typem je alternativa k masu nebo masným výrobkům. Tento typ si získával ve světě popularitu hlavně ze začátku, ale v posledních letech získávají větší popularitu právě pekařské výrobky, sušenky a také třeba funkční potraviny. Dále můžeme najít na globálním trhu extrudované výrobky s přídavkem hmyzí moučky, těstoviny s použitím hmyzí moučky a další spíše už kuriozity jako nápoje, zmrzliny, omáčky anebo ingredience na pizzu (Ribeiro et al., 2024).

## Vliv hmyzu na senzorickou jakost potravin

Při využití hmyzu v různých potravinách byly zaznamenány rozdíly v senzorickém, hlavně hédonickém hodnocení, mezi různými druhy hmyzu, a i mezi způsoby úpravy u stejného druhu hmyzu (Ribeiro et al., 2024). Například potměnák moučný vykazoval v surové formě vlhké a mastné aroma, po pražení nebo smažení se aroma podobalo krevetám a po vaření v páře bylo aroma podobné sladké kukuřici (Seo et al., 2020). U saranče stěhovavé bylo aroma v syrové podobě spojováno se sladovými, bylinnými, zemitými a kyselými vjemy. Zato po sušení v mikrovlnné troubě v kombinaci se sušením mrazem získaly vzorky hmyzu rybí aroma, při sušení pouze mrazem aroma dřevité a při samotném sušení v mikrovlnné troubě bylo výsledné aroma ovocné, pražené, karamelizované, a dokonce i pikantní. V případě bource morušového (*Bombyx mori*) byla vůně v syrové podobě spojována s bylinkami, fazolemi, ovocem a ořechy. Obecně sušení zvyšuje intenzitu aroma, často až zápachu. Jedná se převážně o rybí, dřevitý, zemitý, sladový a zatuchlý zápach (Mishyna et al., 2020b). V tomto experimentu bylo autory stanoveno 55 těkavých látek, které patřily do skupin alkanů, aldehydů, alkoholů, esterů, ketonů a pyrazinů. Perez-Santaescolastica et al. (2022) zjistili, že je známo celkem až 406 zaznamenaných těkavých látek hmyzu, které kromě již zmiňovaných skupin patřily do skupin lineárních uhlovodíků, aromatických a cyklických uhlovodíků, karboxylových kyselin, dalších dusíkatých sloučenin, sloučenin síry, fenolů, terpenů a furanů.

## Vedlejší produkty z produkce hmyzu

Jako každá živočišná výroba, i produkce hmyzu vytváří množství vedlejších produktů. Hlavním odpadem z hmyzích farem jsou exkrementy, s podestýlkou nebo bez ní, nazývané “frass“ (Hénault-Ethier et al., 2024). Přestože je tento pevný odpad biologicky srovnatelný s hnojem, jeho definice se může lišit v závislosti

na legislativních požadavcích. Podle způsobu sklizně nebo balení může obsahovat i zbytky hmyzu, jako jsou pozůstatky exoskeletu či kousky mrtvých jedinců. Z biochemického hlediska „frass“ zahrnuje molekuly pocházející z rostlinného materiálu (např. celulózu, lignin a hemicelulózu), části exoskeletu hmyzu (např. chitin) nebo produkty střevního metabolismu (např. pyranteron a aminolevulovou kyselinu) (Lopes et al., 2022). „Frass“ má srovnatelné hnojivé účinky jako ostatní organická hnojiva. Koncentrace jednotlivých živin ve „frassu“ se liší podle stravy a druhu hmyzu. V porovnání se standardní dávkou hnojiva dosahuje „frass“ z mouchy bráněnky koncentrace dusíku od 20 do 130 % a draslíku od 17 do 193 %. Vyšší koncentrace fosforu najdeme například ve „frassu“ z cvrčka dvojskrvrnného (*Gryllus bimaculatus*) a to od 17 do 193 %. Další výhodou „frassu“ je to, že může zahrnovat různé mikroorganismy, které přispívají ke zdraví rostlin prostřednictvím produkce antibiotických látek, enzymů, růstových hormonů, úpravou hladin živin v půdě nebo působením jako antagonisté vůči potenciálně patogenním mikroorganismům (Hénault-Ethier et al., 2024). Dalším možným mechanismem, který by mohl ovlivňovat zdraví rostliny, je produkce těkavých organických látek a tím ovlivnění chování hmyzu, například odpuzování anebo naopak lákání na rostlinu (Weaver et al., 1990). Pozitivní vliv přídatku „frassu“ z moučného červa, byl pozorován například u salátu, špenátu a ječmene, kde došlo k nárůstu biomasy, a u okrasných rostlin, kde došlo ke zvýšení počtu květů. V případě zeleninových plodin došlo ke zvýšení biomasy jedlé části u červené řepy, rukoly a kapusty. U lichořeřišnice došlo k nárůstu biomasy listů, a ke zvýšení biomasy plodů došlo u cherry rajčátek, okurky a kukuřice (Zunzunegui et al., 2024).

## **ZÁVĚR**

Jedlý hmyz představuje perspektivní alternativu k tradičním zdrojům bílkovin díky své vysoké nutriční hodnotě, nízké ekologické stopě a schopnosti efektivně přeměňovat organické zbytky na hodnotné živiny. Kromě jeho potenciálu v lidské výživě roste i zájem o jeho využití v krmivářství a v udržitelném zpracování biologického odpadu. Chov hmyzu umožňuje recyklaci organických vedlejších produktů, čímž nejen snižuje environmentální zátěž, ale také může pozitivně ovlivnit nutriční složení samotného hmyzu. Významným vedlejším produktem hmyzí produkce je „frass“, organické hnojivo s prokazatelně příznivým vlivem na půdní úrodnost a růst rostlin. Přestože jedlý hmyz přináší řadu environmentálních i nutričních výhod, jeho širší přijetí stále závisí na překonání kulturních bariér a dalším výzkumu zaměřeném na bezpečnost, optimalizaci chovu a senzorické vlastnosti hmyzích produktů.

## **PODĚKOVÁNÍ**

Tato práce vznikla za podpory projektu MŠMT METROFOOD-CZ, č. LM2023064 a projektu NAZV č.: QK23020101.

## **LITERATURA**

Adámková, A., Kouřimská, L., Borkovcová, M., Kulma, M., Mlček, J. (2016): Nutritional values of edible Coleoptera (*Tenebrio molitor*, *Zophobas morio* and *Alphitobius diaperinus*) reared in the Czech Republic. *Potravinářstvo*, 10(1), 663–671. <https://doi.org/10.5219/609>

- Dobermann, D., Swift, J. A., Field, L. M. (2017)\_ Opportunities and hurdles of edible insects for food and feed. *Nutrition Bulletin*, 42(4), 293–308. <https://doi.org/10.1111/NBU.12291>
- Edjabou, M. E., Petersen, C., Scheutz, C., Astrup, T. F. (2016): Food waste from Danish households: Generation and composition. *Waste Management*, 52, 256–268. <https://doi.org/10.1016/J.WASMAN.2016.03.032>
- FAO. (2017): The Future of Food and Agriculture: Trends and Challenges |Policy Support and Governance| Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Francardi, V., Cito, A., Fusi, S., Botta, M., Dreassi, E. (2017): Linseed to increase n-3 fatty acids in *Tenebrio molitor* (Coleoptera Tenebrionidae). *Redia*, 100, 73–76. <https://doi.org/10.19263/REDIA-100.17.08>
- Heath, D., Vehar, A., Kouřimská, L., Kulma, M., Škvorová, P., Salmonová, H. Š., Lampová, B., Rehman, N., Jamnik, P., Jeršek, B., Červek, M., Ulrih, N. P., Heath, E., Ogrinc, N. (2024): Quality, safety and authenticity of insect protein-based food and feed: insights from the INPROFF Project. *Open Exploration* 2019 2:4, 2(4), 339–362. <https://doi.org/10.37349/EFF.2024.00041>
- Hénault-Ethier, L., Quinche, M., Reid, B., Hotte, N., Fortin, A., Normandin, É., de La Rochelle Renaud, G., Rasooli Zadeh, A., Deschamps, M. H., Vandenberg, G. (2024): Opportunities and challenges in upcycling agri-food byproducts to generate insect manure (frass): A literature review. *Waste Management*, 176, 169–191. <https://doi.org/10.1016/J.WASMAN.2023.12.033>
- 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. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2019.126022>
- Jongema Y. (2017): List of edible insect species of the world. Laboratory of Entomology. <https://www.wur.nl/en/research-results/chair-groups/plant-sciences/laboratory-of-entomology/edible-insects/worldwide-species-list.htm>
- Kouřimská, L., Adámková, A. (2016): Nutritional and sensory quality of edible insects. *NFS Journal*, 4, 22–26. <https://doi.org/10.1016/J.NFS.2016.07.001>
- Kulma, M., Petříčková, D., Kurečka, M., Kotíková, Z., Táborsky, J., Michlová, T., Kouřimská, L. (2022): 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(6), 621–629. <https://doi.org/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. <https://doi.org/10.1080/10942912.2022.2161569>

- Lopes, I. G., Yong, J. W., Lalander, C. (2022): Frass derived from black soldier fly larvae treatment of biodegradable wastes. A critical review and future perspectives. *Waste Management*, 142, 65–76. <https://doi.org/10.1016/J.WASMAN.2022.02.007>
- Mancini, S., Sogari, G., Diaz, S. E., Menozzi, D., Paci, G., Moruzzo, R. (2022): Exploring the Future of Edible Insects in Europe. *Foods* 2022, Vol. 11, Page 455, 11(3), 455. <https://doi.org/10.3390/FOODS11030455>
- Mishyna, M., Chen, J., Benjamin, O. (2020a): Sensory attributes of edible insects and insect-based foods – Future outlooks for enhancing consumer appeal. *Trends in Food Science & Technology*, 95, 141–148. <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2019.11.016>
- Mishyna, M., Haber, M., Benjamin, O., Martinez, J. J. I., Chen, J. (2020b): Drying methods differentially alter volatile profiles of edible locusts and silkworms. *Journal of Insects as Food and Feed*, 6(4), 405–416. <https://doi.org/10.3920/JIFF2019.0046>
- Mohamed, E. H. A. (2015): Determination of Nutritive Value of the Edible migratory locust *Locusta migratoria*, Linnaeus, 1758 (Orthoptera: Acrididae). *International Journal of Advances in Pharmacy, Biology and Chemistry*, 4(1), 144–148. [www.ijapbc.com](http://www.ijapbc.com)
- Ojha, S., Bußler, S., Schlüter, O. K. (2020): Food waste valorisation and circular economy concepts in insect production and processing. *Waste Management*, 118, 600–609. <https://doi.org/10.1016/J.WASMAN.2020.09.010>
- Orkusz, A. (2021): Edible Insects versus Meat—Nutritional Comparison: Knowledge of Their Composition Is the Key to Good Health. *Nutrients*, 13(4), 1207. <https://doi.org/10.3390/NU13041207>
- Paul, A., Frederich, M., Megido, R. C., Alabi, T., Malik, P., Uyttenbroeck, R., Francis, F., Blecker, C., Haubruge, E., Lognay, G., Danthine, S. (2017): Insect fatty acids: A comparison of lipids from three Orthopterans and *Tenebrio molitor* L. larvae. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 20(2), 337–340. <https://doi.org/10.1016/J.ASPEN.2017.02.001>
- Perez-Santaescolastica, C., De Winne, A., Devaere, J., Fraeye, I. (2022): The flavour of edible insects: A comprehensive review on volatile compounds and their analytical assessment. *Trends in Food Science & Technology*, 127, 352–367. <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2022.07.011>
- 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. <https://doi.org/10.1006/JFCA.1997.0530>
- Ribeiro, J. C., Pintado, M. E., Cunha, L. M. (2024): Consumption of edible insects and insect-based foods: A systematic review of sensory properties and evoked emotional response. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 23(1), e13247. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.13247>

- Riekkinen, K., Väkeväinen, K., Korhonen, J. (2022): The Effect of Substrate on the Nutrient Content and Fatty Acid Composition of Edible Insects. *Insects*, 13(7), 590.  
<https://doi.org/10.3390/INSECTS13070590/S1>
- Seo, H., Kim, H. R., Cho, I. H. (2020): Aroma Characteristics of Raw and Cooked *Tenebrio molitor* Larvae (Mealworms). *Food Science of Animal Resources*, 40(4), 649. <https://doi.org/10.5851/KOSFA.2020.E35>
- van Broekhoven, S., Oonincx, D. G. A. B., van Huis, A., van Loon, J. J. A. (2015): Growth performance and feed conversion efficiency of three edible mealworm species (Coleoptera: Tenebrionidae) on diets composed of organic by-products. *Journal of Insect Physiology*, 73, 1–10.  
<https://doi.org/10.1016/J.JINSPHYS.2014.12.005>
- van Huis, A. (2015): Edible insects contributing to food security? *Agriculture and Food Security*, 4(1), 1–9.  
<https://doi.org/10.1186/S40066-015-0041-5/METRICS>
- van Huis, A. (2016): Edible insects are the future? *Proceedings of the Nutrition Society*, 75(3), 294–305.  
<https://doi.org/10.1017/S0029665116000069>
- van Huis, A., Rumpold, B., Maya, C., Roos, N. (2021): Nutritional Qualities and Enhancement of Edible Insects. *Annual Review of Nutrition*, 41, 551–576. <https://doi.org/10.1146/ANNUREV-NUTR-041520-010856/CITE/REFWORKS>
- van Huis, A., Tomberlin, J. K. (2017): Insects as food and feed: from production to consumption. In *Insects as food and feed: from production to consumption*. Wageningen Academic Publishers.  
<https://doi.org/10.3920/978-90-8686-849-0>
- Weaver, D. K., Mcfarlane, J. E., Alli, I. (1990): Repellency of volatile fatty acids present in frass of larval yellow mealworms, *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae), to larval conspecifics. *Journal of Chemical Ecology*, 16(2), 585–593. <https://doi.org/10.1007/BF01021788/METRICS>
- Zhou, Y., Wang, D., Zhou, S., Duan, H., Guo, J., Yan, W. (2022): Nutritional Composition, Health Benefits, and Application Value of Edible Insects: A Review. *Foods*, 11(24), 3961.  
<https://doi.org/10.3390/FOODS11243961>
- Zunzunegui, I., Martín-García, J., Santamaría, Ó., Poveda, J. (2024): Analysis of yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) frass as a resource for a sustainable agriculture in the current context of insect farming industry growth. *Journal of Cleaner Production*, 460, 142608. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2024.142608>
- Kontaktní adresa: prof. Ing. Lenka Kouřimská, Ph.D., Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky, Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů, Česká zemědělská univerzita v Praze, Kamýcká 129, 165 00 Praha-Suchbát, e-mail: kourimska@af.czu.cz*