

JEDLÝ HMYZ A GASTRONOMIE

ЇСТІВНІ КОМАХИ ТА ГАСТРОНОМІЯ

Autor publikace: Doc. Ing. Miroslav Fišera, CSc.



Co-funded by
the European Union



This work was co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union
Innovation of the structure and content of study programs profiling food study fields with a view to digitizing teaching

Táto publikácia bola spolufinancovaná programom Európskej Únie Erasmus+
Inovácia štruktúry a obsahového zamerania študijných programov profilujúcich potravinárske študijné odbory s
ohľadom na digitalizáciu výučby

INGUPS | 2022-1-SK01-KA220-HED-000087766

JEDLÝ HMYZ A GASTRONOMIE

Doc. Ing. Miroslav Fišera, CSc.

KLÍČOVÁ SLOVA

Jedlý hmyz, nutriční hodnota hmyzu, bezpečnost konzumace hmyzu,

Úvod

Pro mnoho národů a etnických skupin je hmyz nepostradatelnou součástí jídelníčku a často je základem tradičních pokrmů. V Evropě je konzumace hmyzu neobvyklá, ale zájem o jedlý hmyz roste jak u konzumentů, tak i u výrobců potravin. S rostoucí populací lidstva se jedlý hmyz může stát nezanedbatelným zdrojem živin ve výživě člověka.

Z nutričního hlediska je u hmyzu významný obsah bílkovin, který je vyšší než u mnoha rostlin. V závislosti na druhu a vývojovém stádiu hmyzu se pohybuje od 20 do 76 %. Většina druhů hmyzu obsahuje dostatečné množství aminokyselin pro naplnění nutričních potřeb člověka. Stravitelnost hmyzího proteinu je kolem 89 %. Rozdíly v obsahu tuku jsou velmi značné (2 až 50 %) a závisí na mnoha faktorech. Z hlediska vývojového stádia obsahují největší množství tuku larvy a kukly, u dospělců je obsah tuku obecně nižší. Složení mastných kyselin se u jednotlivých druhů liší, nejvíce se projevuje vliv hostitelské rostliny, kterou se hmyz živí. V porovnání s živočišnými tuky je obsah esenciálních mastných kyselin vyšší, celkový obsah polyenových mastných kyselin může dosahovat až 70 %.

Mezi polysacharidy hmyzu přítomné ve významném množství patří chitin a glykogen. Jedlé druhy hmyzu obsahují méně sacharidů, než bílkovin a tuku. Jejich obsah se pohybuje obvykle v rozmezí 1 až 10 %. Sacharidy u hmyzu jsou zastoupeny převážně chitinem, jehož obsah je u různých druhů různý a pohybuje se většinou mezi 5 až 16 %. Jedlý hmyz obsahuje velké množství stopových prvků (K, Na, Ca, Cu, Fe, Zn, Mn a P), z vitamínů pak vitamin A, karoteny, vitaminy skupiny B a dále vitaminy D, E, K, a C.

Z hygienického hlediska je ale třeba poukázat na to, že některé druhy hmyzu produkují nebo obsahují silné farmakologicky účinné sloučeniny, které jsou známými toxiny pro obratlovce. Mohou také obsahovat rezidua pesticidů a toxických kovů z ekosystému. Konzumaci jedlého hmyzu je třeba zvážit také s ohledem na alergické reakce, které byly zdokumentovány například u potměníka moučného a různých druhů rovnokřídlých. Na nutriční hodnotu jedlého hmyzu má vliv mnoho faktorů, jako jsou podmínky chovu, počet jedinců v chovu, vývojové stádium a pohlaví jedinců, krmivo, způsob usmrcení a dalšího zpracování.

ЇСТІВНІ КОМАХИ ТА ГАСТРОНОМІЯ

Доц. Інж. Мирослав Фішера, кандидат наук

КЛЮЧОВІ СЛОВА

Їстівні комахи, харчова цінність комах, безпечність споживання комах

Вступ

Для багатьох народів та етнічних груп комахи є незамінною частиною раціону і нерідко становлять основу традиційних страв. У Європі споживання комах є незвичним явищем, але інтерес до їстівних комах зростає як серед споживачів, так і серед виробників продуктів харчування. Зі зростанням чисельності людства їстівні комахи можуть стати важливим джерелом поживних речовин у раціоні людини.

З погляду харчової цінності комахи містять значну кількість білків, яка є вищою, ніж у багатьох рослин. Залежно від виду та стадії розвитку комах їх вміст коливається від 20 до 76 %. Більшість видів комах містить достатню кількість амінокислот для задоволення харчових потреб людини. Засвоюваність білка комах становить близько 89 %. Вміст жиру значно коливається (від 2 до 50 %) і залежить від багатьох факторів. З погляду стадії розвитку найбільшу кількість жиру містять личинки та лялечки, тоді як вміст жиру в імаго загалом нижчий. Склад жирних кислот у окремих видів різний, найбільшою мірою проявляється вплив рослини-господаря, якою комаха живиться. Якщо порівнювати з тваринними жирами, вміст незамінних жирних кислот вищий, загальний вміст полієнових жирних кислот може досягати 70 %.

До полісахаридів комах, наявних у значних кількостях, належать хітин і глікоген. Їстівні комахи містять менше вуглеводів, ніж білків і жирів. Їх вміст становить звичайно від 1 до 10 %. Вуглеводи в комах представлені переважно хітином, вміст якого залежить від виду і коливається здебільшого від 5 до 16 %. Їстівні комахи містять велику кількість мікроелементів (K, Na, Ca, Cu, Fe, Zn, Mn і P), з вітамінів – вітамін A, каротини, вітаміни групи B, а також вітаміни D, E, K і C.

Але з погляду гігієни треба зазначити, що деякі види комах виробляють або містять фармакологічно активні сполуки, які є відомими токсинами для хребетних тварин. Вони також можуть містити залишки пестицидів і токсичних металів з екосистеми. Споживання їстівних комах треба зважити і з огляду на алергічні реакції, які були задокументовані, наприклад, щодо хрущака борошняного та різних видів прямокрил. На харчову цінність їстівних комах впливає багато факторів, таких як умови вирощування, кількість особин у господарстві, стадія розвитку і стать особин, корм, спосіб забиття та подальшого оброблення.

Entomofagie – konzumace hmyzu

Pojem „entomofagie“ znamená využívání hmyzu jako potravy. Vajíčka, larvy, dospělci a jiná vývojová stadia hmyzu byly využívány již v prehistorických dobách jako složka potravy u lidí a tento trend pokračuje i v moderní době. Člověk se v raném vývoji živil jako všežravec ve značné míře i hmyzem. Před tím, než měli lidé nástroje k lovu nebo zemědělství, představoval hmyz důležitou složku jejich potravy. Kromě toho žili lidé převážně v teplých oblastech, kde byly různé druhy hmyzu k nalezení celoročně. Při nedostatku masa obratlovců se hmyz mnohdy stával vítaným zdrojem bílkovin (Sponheimer et al., 2005).

Konkrétní důkazy konzumace hmyzu v lidské historii pak získáváme z analýz fosilií např. z jeskyň v USA a Mexiku či z maleb v jeskyních Artamila v severním Španělsku (9000–3000 let př. n. l.) (Lesnik, 2014). Nalezené důkazy o entomofagii byly potvrzeny i pomocí analytických metod. Například zkamenělé exkrementy z jeskyň v Mexiku obsahovaly mravence, larvy brouků, vši, klišťata a roztoče (Meyer-Rochow, 2009). Dále bylo pomocí analýzy stabilních izotopů uhlíku zjištěno, že kosti i sklovina Australopitéků jsou výrazně obohaceny izotopem ^{13}C . Nasvědčuje to tomu, že potravou těchto lidí byli převážně živočišné živíci se trávami včetně hmyzu (Sponheimer and Lee-Thorp, 1999).

Dnes je entomofagie tradičně realizována ve 113 zemích celého světa. Je evidováno více než 2000 jedlých druhů hmyzu. V celosvětovém měřítku jsou nejčastěji konzumovaným hmyzem brouci, dále pak housenky, včely, vosy a mravenci. Po nich následují kobylky, sarančata a cvrčci, cikády, křískovití a ploštice, termity, vážky, mouchy další druhy (Cerritos, 2009). Největší konzumace hmyzu (Obr. 1) je v Africe, Asii a Latinské Americe (van Huis, 2013; Kinyuru et al., 2013). Ve většině evropských zemí, je spotřeba hmyzu lidmi velice malá a často dokonce kulturně nevhodná. Nutriční hodnot hmyzu jeale srovnatelná s běžně konzumovaným masem. S ohledem na rostoucí počet obyvatel a s tím spojenou rostoucí poptávku po produkci tradičního hovězího, vepřového a kuřecího masa by se mělo o hmyzu, jako zdroji živočišných bílkovin, seriózně uvažovat (Dreon and Paoletti, 2009).

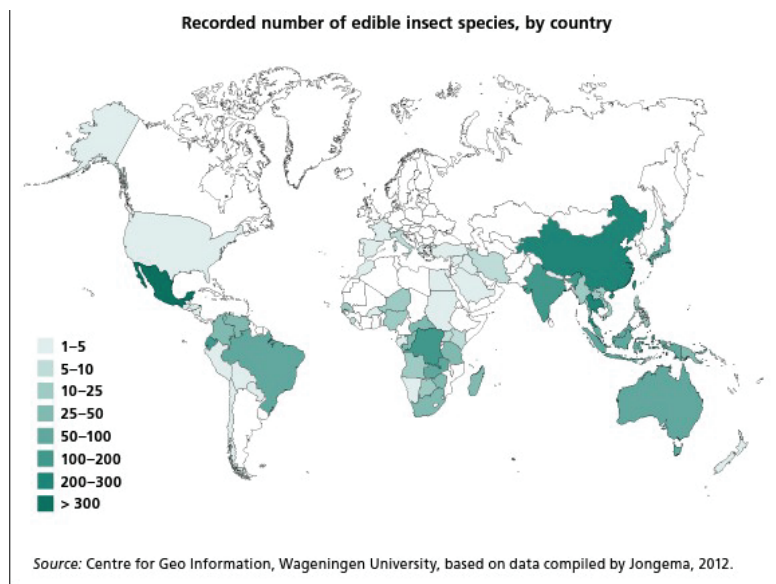
Ентомофагія — поїдання комах

Термін «ентомофагія» означає використання комах як харчового продукту. Яйця, личинки, імаго та інші стадії розвитку комах слугували людині їжею з доісторичних часів, і ця тенденція зберігається нині. На початку свого розвитку людина як всеїдна істота значною мірою харчувалася комахами. Перш ніж у людей з'явилися знаряддя для полювання чи землеробства, комахи були важливим компонентом їхнього раціону. Крім того, люди жили переважно в теплих регіонах, де протягом усього року можна було знайти різноманітних комах. У разі нестачі м'яса хребетних тварин комахи часто ставали бажаним джерелом білка (Sponheimer et al., 2005).

Конкретні докази споживання комах в історії людства можна отримати з аналізу скам'янілостей, наприклад з печер у США та Мексиці, або з малюнків у печерах Альтаміра на півночі Іспанії (9000–3000 рр. до н. е.) (Lesnik, 2014). Знайдені докази ентомофагії були підтверджені також аналітичними методами. Наприклад, скам'янілі екскременти з печер у Мексиці містили мурах, личинок жуків, вошей та кліщів (Meyer-Rochow, 2009). Крім того, за допомогою аналізу стабільних ізотопів вуглецю було виявлено, що кістки та зубна емаль австралопітеків були значно збагачені ізотопом ^{13}C . Це свідчить про те, що вони харчувалися переважно трав'яними тваринами, зокрема комахами (Sponheimer and Lee-Thorp, 1999).

Сьогодні ентомофагія традиційно практикується в 113 країнах світу. Відомо більше ніж про 2000 видів їстівних комах. У світовому масштабі найспоживанішими комахами є жуки, а також гусениці, бджоли, оси та мурахи. За ними йдуть коники, сарана і цвіркун, цикади, цикадки та клопи, терміти, бабки, мухи, інші види (Cerritos, 2009). Найбільше комах споживають (рис. 1) в Африці, Азії та Латинській Америці (van Huis, 2013; Kinyuru et al., 2013). У більшості європейських країн споживання комах людьми є дуже низьким і часто навіть культурно неприйнятним. Проте харчова цінність комах є порівнянною з м'ясом, яке ми звикли споживати. Враховуючи зростання чисельності населення і пов'язане з цим збільшення попиту на традиційні яловичину, свинину та курятину, комах варто серйозно розглядати як джерело тваринного білка (Dreon and Paoletti, 2009).

Obrázek 1: Počet druhů hmyzu konzumovaných ve světě



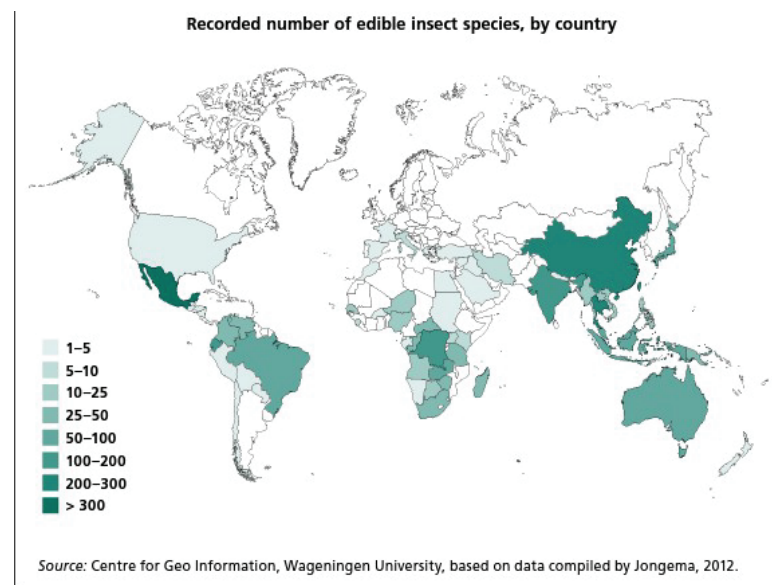
Zdroj: van Huis et al., 2013

V České republice by z hlediska podmínek chovu bylo možno konzumovat následující druhy hmyzu: cvrček domácí (*Acheta domestica*), cvrček stepní (*Gryllus assimilis*), saranče stěhovavá (*Locusta migratoria*), saranče pustinná (*Schistocerca gregaria*), potěmnik mouchý (*Tenebrio molitor*), potěmnik brazilský (*Zophobas morio*), včela medonosná (*Apis mellifera*) a zavijec voskový (*Galleria mellonella*) (Bednářová, 2013).

Proč konzumovat hmyz?

Hmyz je bohatý na živiny, a v některých případech má vysoký obsah bílkovin a tuků ve srovnání s jinými živočišnými potravinami (vepřové, hovězí a drůbeží) (Rumpold and Schlüter, 2013). Má vysoký obsah sušiny (20 až 76 %), jakož i hodnotných bílkovin. Jejich obsah je velmi variabilní díky široké škále druhů hmyzu a také v závislosti na vývojovém stádiu hmyzu, podmínkách chovu, pohlaví a dalších faktorech (Kulma et al., 2019). Hmyzí protein obsahuje zajímavá množství esenciálních aminokyselin, jako jsou tryptofan, lysin a histidin (Collavo et al., 2005). Proteiny hmyzu jsou poměrně vysoce stravitelné (77-98 %) (Ramos-Elorduy et al., 1997).

Рисунок 1 – Кількість видів комах, споживаних у світі



Джерело: van Huis et al., 2013

У Чеській Республіці умови розведення уможливають споживання таких видів комах: цвіркун хатній (*Acheta domestica*), цвіркун польовий (*Gryllus assimilis*), сарана перелітна (*Locusta migratoria*), сарана пустельна (*Schistocerca gregaria*), хрушак борошняний (*Tenebrio molitor*), хрушак зофобас (*Zophobas morio*), бджола медоносна (*Apis mellifera*) і воскова міль велика (*Galleria mellonella*) (Bednářová, 2013).

Чому варто споживати комах?

Комахи багаті на поживні речовини, а в деяких випадках містять значну кількість білків і жирів проти інших продуктів тваринного походження (свинини, яловичини та птиці) (Rumpold and Schlüter, 2013). Вони вирізняються високим вмістом сухої речовини (від 20 до 76 %), а також цінних білків. Їх вміст дуже мінливий через широке розмаїття видів комах, а також залежить від стадії розвитку комах, умов вирощування, статі та інших факторів (Kulma et al., 2019). Білок комах містить цікаві кількості незамінних амінокислот, таких як триптофан, лізин і гістидин (Collavo et al., 2005). Білки комах відносно добре засвоюються (77-98 %) (Ramos-Elorduy et al., 1997).

S nárůstem světové populace je zvýšená poptávka po zdroji proteinu a množství dostupné zemědělské půdy je omezené. V roce 2050 je světová populace odhadována na více než 9 miliard lidí, což vede ke zvýšení potřeby potravin až o polovinu vzhledem k momentální potřebě.

Konvenční zdroje proteinů mohou být nedostačující a bude potřeba se zaměřit na alternativní zdroje, kterými může být i jedlý hmyz (Godfray et al., 2010; Luan et al., 2013). V Africe, jihovýchodní Asii a v severní části Latinské Ameriky je tato početná skupina živočichů vyhledávanou lahůdkou a zajímavým obohacením sortimentu. Například v Mexiku je po hovězím a fazolích hmyz třetím národním jídlem (Cerritos and Cano-Santana, 2008).

Ve srovnání s chovem hospodářských zvířat se zdá být chov hmyzu šetrnější k životnímu prostředí, vzhledem k menší tvorbě skleníkových plynů, spotřebě vody a půdy (van Huis et al., 2013). Hmyz má ve srovnání s hospodářskými zvířaty vysokou konverzi krmiva (tj. schopnost využít živiny k tvorbě vlastního organismu). Van Huis et al. (2013) dokonce uvádí konverzi krmiva cvrčka domácího (*Acheta domestica*) jako 2x efektivnější oproti kuřatům, 4x vyšší než u prasat a více jak 12x vyšší než u skotu.

Zajímavým pozitivním aspektem entomofágie je pomoc při snížení používání pesticidů. Řízený sběr jedlého hmyzu, který je považován za škůdce hospodářských plodin může přispět k menší potřebě insekticidů. Kromě toho by měly být brány v úvahu také ekonomické výhody sběru hmyzu v porovnání s pěstováním rostlin. Například v Mexiku přináší sběr hmyzu k lidské konzumaci pozitiva ve smyslu snížení množství pesticidů při rostlinné zemědělské produkci a tím snížení finanční zátěže na rodinu zemědělce (Cerritos, 2009).

Nutriční hodnota jedlého hmyzu

Nutriční hodnota jedlého hmyzu je velmi různorodá především kvůli množství a variabilitě druhů. I v rámci jedné skupiny hmyzu se mohou nutriční hodnoty značně lišit v závislosti na stupni metamorfózy, původu hmyzu a jeho potravě. Stejně jako většina potravin i hmyz mění svojí nutriční hodnotu také vlivem přípravy a zpracováním před konzumací (sušení, vaření, smažení) (van Huis et al., 2013). Většina jedlého hmyzu poskytuje dostatečné množství energie a proteinů, splňuje požadavky aminokyselin pro člověka, má vysoký obsah mono a polyenových mastných kyselin, je bohatá na stopové prvky jako je měď, železo, hořčík, mangan, fosfor, selen a zinek, stejně jako vitamíny riboflavin, kyselinu pantothenovou, biotin a v některých případech kyselinu listovou (Rumpold and Schlüter, 2013).

Zi zбільшення чисельності населення світу зростає попит на джерела білка, а кількість доступних сільськогосподарських угідь є обмеженою. У 2050 році населення світу, за оцінками, становитиме понад 9 мільярдів людей, що веде до збільшення потреби у продуктах харчування на половину від поточної потреби.

Традиційних джерел білків може бути недостатньо, тому треба шукати альтернативи,

до яких можуть належати їстівні комахи (Godfray et al., 2010; Luan et al., 2013). В Африці, Південно-Східній Азії та північній частині Латинської Америки ця численна група тварин є популярним делікатесом і цікавим доповненням асортименту. Наприклад, у Мексиці комахи є третім після яловичини і бобів національним продуктом харчування (Cerritos and Cano-Santana, 2008).

Вирощування комах здається екологічно чистішим, ніж тваринництво, через менші обсяги виробництва парникових газів, споживання води та ґрунту (van Huis et al., 2013). Якщо порівнювати із сільськогосподарськими тваринами, у комах спостерігається висока конверсія корму (тобто здатність використовувати поживні речовини для побудови власного організму). Van Huis et al. (2013) навіть повідомляють, що конверсія корму у цвіркуна хатнього (*Acheta domestica*) в 2 рази ефективніша, ніж у курей, в 4 рази вища, ніж у свиней, і більше ніж у 12 разів вища проти великої рогатої худоби.

Цікавим позитивним аспектом ентомофагії є те, що вона допомагає зменшити використання пестицидів. Контрольоване збирання їстівних комах, які вважаються шкідниками сільськогосподарських культур, може сприяти зменшенню потреби в інсектицидах. Крім того, треба враховувати економічні переваги збирання комах проти вирощування сільськогосподарських культур. Наприклад, у Мексиці збирання комах для споживання людиною приносить вигоди з погляду зменшення кількості пестицидів, використовуваних для вирощування сільськогосподарських культур, а отже, зменшує фінансове навантаження на сім'ю фермера (Cerritos, 2009).

Харчова цінність їстівних комах

Харчова цінність їстівних комах дуже різноманітна, передусім через велику кількість і розмаїття видів. Навіть у межах однієї групи комах харчова цінність може значно відрізнятися залежно від ступеня метаморфозу, походження комахи та її раціону. Поживна цінність комах, як і більшості продуктів харчування, змінюється внаслідок готування та оброблення перед споживанням (сушіння, варіння, смаження) (van Huis et al., 2013). Більшість їстівних комах забезпечують достатню кількість енергії та білків, відповідають потребам людини в амінокислотах, мають високий вміст моно- та полієнових жирних кислот, багаті на мікроелементи, такі як мідь, залізо, магній, мangan, фосфор, сelen і цинк, а також вітаміни рибофлавін, кислоту пантотенову, біотин і в деяких випадках – фолієву кислоту (Rumpold and Schlüter, 2013).

Bezpečnost hmyzu

V roce 2015 zveřejnil Evropský úřad pro bezpečnost potravin (EFSA) stanovisko k používání hmyzu jako potravin a krmiva (EFSA, 2015). Účelem tohoto dokumentu bylo identifikovat potenciální rizika celého řetězce počínajícího chovem hmyzu, přes jeho zpracování a případné izolace některých frakcí. Zvažovány jsou zejména následující aspekty: (i) zda použití a zpracování hmyzu nebo některých jeho složek způsobují nové a dosud neznámé riziko, (ii) zda jsou rizika stejná pro všechny druhy hmyzu nebo zda se liší v závislosti na druhu a stádiu vývoje, (iii) zda jsou k dispozici metody k minimalizaci nebo odstranění rizik nebo zda je třeba tyto postupy nově vyvinout. Předpokládá se, že podmínky v zařízeních pro chov hmyzu jako potravin či krmiva budou vyhovovat příslušným předpisům platným pro chov dobytka. Patří mezi ně kontrolované podmínky chovu a krmení, které zabraňují mikrobiální a chemické kontaminaci. Údaje o spotřebě celého hmyzu a rizicích spojených se získáváním hmyzu žijícím ve volné přírodě, jakož i rizika spojená s chovem včel pro med se v tomto dokumentu nezohledňují.

Z hlediska bezpečnosti potravin, které obsahují bezobratlé živočichy, mohou existovat rizika: alergie u citlivých osob, riziko kontaminací pesticidy, těžkými kovy, radionuklidy, patogenními mikroorganismy (viry, bakterie, paraziti), riziko obsahu přirozeně biologicky toxických látek (biotoxiny), nebezpečí mechanického ucpání trávicího ústrojí (bezoáry) či traumatického poškození sliznic gastrointestinálního traktu (Suchý et al., 2017).

Mikrobiologická bezpečnost hmyzu

Mikrobiota hmyzu je velmi složitá (Engel and Moran, 2013; Yun et al., 2014; Douglas, 2015). Kromě povrchu těla a ústních orgánů jsou hlavním zdrojem mikroorganismů v hmyzu jejich střeva. Použití hmyzu jako potravin s sebou nese potenciální mikrobiologické riziko, protože hmyz může sloužit jako vektor pro mikroorganismy patogenní pro člověka, zvířata a rostliny. Patogeny, které mohou být přenášeny prostřednictvím hmyzu, zahrnují viry (Hogenhout et al., 2008), rickettsie (Parola et al., 2005), bakterie (Wales et al., 2010), protozoa (Koura et al., 1990), plísňe (Phoku et al., 2014), hlístice a další parazity lidského zažívacího traktu (Azambuja et al., 2005). Patogenní mikroorganismy specifické pro hmyz jsou považovány za neškodné pro člověka (Eilenberg et al., 2015). Dosud nebyly popsány žádné patogenní mikroorganismy specifické pro hmyz škodlivé i pro člověka s výjimkou několika zástupců rodu *rickettsia* (Almuzara et al., 2011). Také zatím nebyly popsány žádné priony specifické pro hmyz nebo fakt, že by hmyz sloužil jako přirozený vektor pro priony. Nicméně, přenos prionů na zvířata a na člověka prostřednictvím konzumace hmyzu krmeného potravou obsahující priony nemůže být

Безпечність комах

У 2015 році Європейське агентство з безпеки харчових продуктів (EFSA) опублікувало висновок щодо використання комах як продуктів харчування та кормів (EFSA, 2015). Мета цього документа полягала у визначенні потенційних ризиків усього ланцюга, починаючи від вирощування комах до їх переробки та можливого виділення окремих фракцій. Зокрема, розглядаються такі аспекти: (i) чи спричиняє використання та перероблення комах або їхніх компонентів нові та невідомі раніше ризики; (ii) чи є ризики однаковими для всіх видів комах або вони відрізняються залежно від виду та стадії розвитку; (iii) чи існують методи мінімізації чи усунення ризиків або такі методи потрібно розробляти. Очікується, що умови у господарствах з вирощування комах як харчового продукту або корму будуть задовольняти відповідним нормам, що стосуються тваринництва. До них належать контрольовані умови вирощування та годівлі, які запобігають мікробному та хімічному забрудненню. Дані про споживання цілих комах і ризики, пов'язані з отриманням комах, що живуть у дикій природі, а також ризики, пов'язані з вирощуванням бджіл задля отримання меду, в цьому документі не розглядаються.

З погляду безпеки харчових продуктів, які містять безхребетних, можуть існувати ризики: алергії у чутливих осіб, ризик забруднення пестицидами, важкими металами, радіонуклідами, патогенними мікроорганізмами (вірусами, бактеріями, паразитами), ризик впливу природних біологічно токсичних речовин (біотоксинів), ризик механічного закупорювання травного тракту (безоарами) або травматичного пошкодження слизових оболонок шлунково-кишкового тракту (Suchý et al., 2017).

Мікробіологічна безпеність комах

Мікробіом комах дуже складний (Engel and Moran, 2013; Yun et al., 2014; Douglas, 2015). Окрім поверхні тіла та ротових органів, основним джерелом мікроорганізмів у комах є їхній кишечник. Використання комах як їжі несе потенційний мікробіологічний ризик, оскільки комахи можуть бути переносниками мікроорганізмів, патогенних для людей, тварин і рослин. До патогенів, які можуть передаватися через комах, належать віруси (Hogenhout et al., 2008), рикетсії (Parola et al., 2005), бактерії (Wales et al., 2010), найпростіші (Koura et al., 1990), цвілеві гриби (Phoku et al., 2014), нематоди та інші паразити, що населяють травний тракт людини (Azambuja et al., 2005). Патогенні мікроорганізми, специфічні для комах, вважаються нешкідливими для людини (Eilenberg et al., 2015). Дотепер не описано жодних патогенних мікроорганізмів, специфічних для комах і водночас шкідливих для людини, за винятком кількох представників роду *Rickettsia* (Almuzara et al., 2011). Крім того, поки що немає відомостей про специфічні для комах пріони або про те, що комахи є природними переносниками пріонів. А втім, не можна виключати передавання пріонів тваринам і людям через споживання комах, годованих їжею, що містить пріони.

vyloúčen.

Mikroorganismy, které se vyskytují u hmyzu a mohou být pro člověka patogenní či problematické patří k rodům *Enterococcus*, *Streptococcus*, *Staphylococcus*, *Pseudomonas*, *Bacillus* a *Clostridium* nebo patří mezi *Enterobacteriaceae*, jako jsou *Escherichia*, *Enterobacter*, *Salmonella*, *Klebsiella*, *Serratia*, *Shigella* nebo *Yersinia* (Gupta et al., 2012; Skov et al., 2004). Součástí mikrobioty na povrchu nebo ve střevech hmyzu jsou i plísně či kvasinky rodů *Aspergillus*, *Penicillium*, *Alternaria* a *Candida*.

Vzhledem k tomu, že u prakticky všech druhů hmyzu není možné střevo a jeho mikrobiální obsah odstranit, je poměr obsahu střevní mikrobioty k celkové hmotnosti hmyzu důležitý. Objem střevního traktu se pohybuje od 0,05 do 2 ml v závislosti na druhu hmyzu. Některé druhy hmyzu obsahují průměrně 106-1012 bakterií na mililitr obsahu střeva (Cazemier et al., 1997). Mikrobiální biomasa představuje 1 až 10 % celkového těla hmyzu a závisí na druhu hmyzu (Douglas, 2015). Při zpracování hmyzu je nutno předpokládat, že dochází k vysoké mikrobiální kontaminaci, kterou je třeba eliminovat vhodným způsobem zpracování, nejlépe tepelným zpracováním. Je třeba také poznamenat, že různé krmné substráty a podmínky chovu mohou měnit druhové spektrum střevní mikrobioty hmyzu, stejně jako vliv druhu hmyzu a stadia jeho vývoje (Yun et al., 2014; Liang et al., 2014).

Chemické a toxikologické aspekty bezpečnosti hmyzu

Výběr druhů hmyzu vhodných ke konzumaci musí rovněž zahrnovat zvážení toxinů a antinutričních látek, jako jsou oxaláty, taniny, fytáty (Ekor et al., 2010; Shantibala et al., 2014) a thiamináza (Nishimune et al., 2000). Toxiny a antinutriční látky by měly být rozlišeny podle toho, zda jsou hmyzem absorbovány z krmiva nebo syntetizovány samotným hmyzem. Podmínky chovu hmyzu musí splňovat platné předpisy o bezpečnosti potravin. Hmyz vybraný pro produkci potravin a složek potravin by proto měl být chován a uchováván tak, aby se zabránila nebo minimalizovala kumulace externě zavlečených toxinů, léků nebo antinutrientů.

Мікроорганізми, які трапляються в комах і можуть бути патогенними або проблемними для людини, належать до родів *Enterococcus*, *Streptococcus*, *Staphylococcus*, *Pseudomonas*, *Bacillus* і *Clostridium* або до *Enterobacteriaceae*, зокрема *Escherichia*, *Enterobacter*, *Salmonella*, *Klebsiella*, *Serratia*, *Shigella* або *Yersinia* (Gupta et al., 2012; Skov et al., 2004). Складовою частиною мікробіоти на поверхні або в кишечнику комах є також цвілеві гриби або дріжджі родів *Aspergillus*, *Penicillium*, *Alternaria* та *Candida*.

Оскільки практично у всіх видів комах неможливо видалити кишечник і його мікробний вміст, співвідношення мікробіоти кишечника та загальної ваги комах є важливим. Об'єм кишкового тракту коливається від 0,05 до 2 мл залежно від виду комах. Деякі види комах містять у середньому 106–1012 бактерій на мілілітр вмісту кишечника (Cazemier et al., 1997). Мікробна біомаса становить від 1 до 10 % загальної маси тіла комах і залежить від її виду (Douglas, 2015). Під час переробки комах треба виходити з наявності високого мікробного забруднення, яке потрібно усунути за допомогою відповідного методу, бажано шляхом термічного оброблення. Треба також зазначити, що різні кормові субстрати та умови вирощування, як і вид комах та стадії її розвитку, можуть змінювати видовий спектр кишкової мікробіоти комах (Yun et al., 2014; Liang et al., 2014).

Хімічні та токсикологічні аспекти безпечності комах

Вибір видів комах, придатних для споживання, повинен також враховувати аналіз токсинів і антипоживних речовин, таких як оксалати, таніни, фітати (Ekor et al., 2010; Shantibala et al., 2014) і тіаміназа (Nishimune et al., 2000). Токсини та антипоживні речовини треба розрізняти залежно від того, чи поглинаються вони комахою з їжі, або синтезуються самою комахою. Умови вирощування комах повинні відповідати чинним нормам безпечності харчових продуктів. Тому комах, вибраних для виробництва харчових продуктів та їх складників, треба вирощувати та утримувати так, щоб запобігти

Některé druhy hmyzu syntetizují látky, které jsou pro člověka toxické. Jednou z takovýchto sloučenin je například monoterpen kantaridin. V přírodě jej produkuje především brouk puchýřník lékařský (*Lytta vesicatoria*). Droga z puchýřníků je známá pod názvem španělské mušky. Kantaridin je vázán na proteiny a je součástí hemolymfy i dalších brouků z čeledi majkovitých. Toxické účinky po požití zahrnují obtíže při polykání, nevolnost a zvracení krve (Till and Majmudar, 1981). Výtažky z puchýřníka lékařského se používaly v minulosti pro výrobu nápojů lásky, neboť v nich obsažené látky vyvolávají erekci. Toto užití se však nedoporučuje, protože kantaridin je nejen afrodiziakum, ale též prudký jed a snadno lze překročit smrtelnou dávku (proto byly španělské mušky oblíbeny i mezi traviči). Na předávkování španělskými muškami údajně zemřel španělský král Ferdinand II. Aragonský. U těhotných žen se používal jako abortivum, ovšem i zde je stejný problém s nebezpečím předávkování. Známý jsou případy otravy dobytka v oblastech, kde se puchýřníci přemnožili. Z dalších příkladů je možno uvést brouky tesaříky, kteří mohou obsahovat toluen. Potemníkovití (*Tenebrionidae*) produkují chinony a alkany (Brown et al., 1992), zatímco někteří motýli rodu *Zygaena* obsahují kyanogenní glykosidy (Zagrobleny et al., 2009). Rizikový potenciál těchto látek je třeba prozkoumat. Totéž platí pro toxiny, které mohou produkovat mikroorganismy ve střevech hmyzu, například toxiny rodu *Bacillus*, *Clostridium* a *Aspergillus*. Zatím nejsou k dispozici žádné údaje o přítomnosti toxinů v potenciálně jedlých druzích hmyzu. Tradiční konzumace hmyzu v určitých částech světa naznačuje, že jedlý hmyz nepředstavuje žádné zvýšené zdravotní riziko (Anankware et al., 2015; DeFoliart, 1999). V některých zemích, kdy jsou existující znalosti o tradičním používání hmyzu dostatečně komplexní, by toto mohlo sloužit jako základ pro prokázání "historie bezpečného používání." Toto však doposud nebylo vědecky ani systematicky zkoumáno. Pokud by ale docházelo k dalšímu zpracování hmyzu, mohly by být škodlivé složky přítomné pouze ve stopových množstvích během frakcionace obohaceny spolu se složkami žádanými. Toxický potenciál antinutričních látek a jejich obsah by měl být, proto minimalizován výběrem vhodných podmínek chovu a zpracování.

abо мінімізувати накопичення токсинів, ліків або антипоживних речовин, що потрапляють до організму ззовні.

Деякі види комах синтезують речовини, токсичні для людини. Однією з таких сполук є монотерпен кантаридин. У природі його виробляє переважно жук шпанська мушка (*Lytta vesicatoria*). Препарат, виготовлений із цієї комах, також має назву «шпанська мушка». Кантаридин зв'язується з білками і входить до складу гемолімфи і в інших жуків родини майкових. Токсичні ефекти після вживання всередину проявляються утрудненим ковтанням, нудотою та блюванням з кров'ю (Till and Majmudar, 1981). Екстракти шпанської мушки в минулому використовували для приготування любовного зілля, оскільки речовини, що містяться в них, спричиняють ерекцію. Однак таке використання не рекомендоване, бо кантаридин є не лише афродізіак, але й сильною отрутою, і смертельна доза може бути легко перевищена (тому шпанська мушка була популярною серед отруйників). Від передозування шпанською мушкою, за деякими даними, помер король Іспанії Фердинанд II Арагонський. У вагітних жінок вона використовувалася як абортивний засіб, проте тут існувала та сама проблема безпеки передозування. Відомі випадки отруєння великої рогатої худоби в регіонах, де шпанські мушки надмірно розмножилися.

Серед інших прикладів можна навести лептуру червону, ці жуки можуть містити толуол. Чорнотілки (*Tenebrionidae*) виробляють хінони та алкани (Brown et al., 1992), тоді як деякі метелики роду *Zygaena* містять ціаногенні глікозиди (Zagrobleny et al., 2009). Потенціал ризику цих речовин треба дослідити. Те саме стосується токсинів, які можуть виробляти мікроорганізми в кишечнику комах, наприклад токсини родів *Bacillus*, *Clostridium* і *Aspergillus*. Наразі немає даних про наявність токсинів у потенційно їстівних видах комах. Традиційне споживання комах у деяких частинах світу свідчить про те, що їстівні комахи не становлять підвищеного ризику для здоров'я (Anankware et al., 2015; DeFoliart, 1999). У деяких країнах, де відомості про традиційне використання комах є достатньо повними, вони можуть слугувати основою для підтвердження «історії безпечного використання». Проте це ще не було науково та систематично досліджено. Але у разі подальшого перероблення комах вміст шкідливих компонентів, присутніх лише в незначних кількостях, під час фракціонування міг би збільшуватися разом з бажаними компонентами. Тому токсичний потенціал антипоживних речовин та їх вміст треба мінімізувати шляхом вибору відповідних умов вирощування та перероблення.

Алергеніцита hmyzu

V lékařské literatuře byly v souvislosti se spotřebou hmyzu zdokumentovány ojedinělé projevy alergie, včetně anafylaktických reakcí (Ji et al., 2008; Choi et al., 2010; Yew et al., 2012). Z členovců šlo o hmyz (např. včely, chrobáky, kobylky a šváby), pavoukovce (např. roztoče) a korýše (např. krevety). Podobné alergenní struktury byly popsány u měkkýšů (Leung et al., 1996; Kamath et al., 2013). Například tropomyosin může vyvolat alergické reakce na korýše, stejně jako na roztoče a hmyz (např. šváby) (Hemmer, 2010; Reese et al., 1999). Tento účinek byl potvrzen při zkřížené alergii na larvy potměnky moučného u pacientů s inhalační a potravinovou alergií na roztoče a korýše. Tropomyosin a argininkináza byly identifikovány jako zkřížené reaktivní proteiny. Je proto možné, že u jedinců, kteří jsou alergičtí na korýše a roztoče z domácího prachu, se také projeví alergická reakce na potraviny obsahující proteiny z larev potměnky (Verhoeckx et al., 2014). Vzhledem k poměrně vysoké frekvenci inhalačních alergií na roztoče by mohla mít část populace problémy s alergií na hmyz v porovnání s klasickými potravinovými alergiemi (Pomes and Arruda, 2014; Calderon et al., 2015).

Možná kontaminace hmyzu patogeny se známým alergenním potenciálem, jako jsou *Aspergillus* a *Penicillium*, nebo kvasinkami, jako je *Candida*, by měla být brána v úvahu jako sekundární spouštěč alergických reakcí, tj. reakcí nepřímo způsobených hmyzem. Proto je třeba přijmout taková opatření, která zajistí, aby chovaný hmyz neobsahoval mikroorganismy s alergenním potenciálem.

Hlavní alergenní struktury hmyzu jsou glykoproteiny. Jedná se převážně o proteiny, které lze zjednodušeně označit jako svalové bílkoviny (např. tropomyosin, myosin, aktin, troponin C), buněčné bílkoviny (např. tubulin), cirkulující bílkoviny (například hemokyanin, defensin) a enzymy (např. argininkináza, triosefosfátizomeráza, α -amyláza, trypsin, fosfolipáza A, hyaluronidáza). Kromě glykoproteinů jsou u členovců známy další alergenní nebo imunomodulační látky. Například galaktózo- α -1,3-galaktóza může vyvolat anafylaktické reakce (Platts-Mills et al., 2015).

Pokud jde o použití některých látek z hmyzu, tak například barvivo karmin získávané z nopálovce karmínového (*Dactylopius coccus*) bylo popsáno jako spouštěč alergických reakcí na potraviny (Wuthrich et al., 1997). Jako další molekulární strukturu s imunomodulačním potenciálem je možno uvést chitin. Bylo zjištěno, že chitin se snadno váže na viciliny – hlavní alergeny některých semen, ořechů a luštěnin jako jsou arašidy a sójové boby (Holzhauser et al., 2009).

Alergické reakce včetně anafylaktických reakcí po konzumaci hmyzu byly zatím nicméně zaznamenány jen v ojedinělých případech. Jako nejzávažnější se zatím jeví alergie na larvy

Алергенність комах

У медичній літературі задокументовані поодинокі прояви алергії, включно з анафілактичними реакціями, пов'язані зі споживанням комах (Ji et al., 2008; Choi et al., 2010; Yew et al., 2012). З членистоногих йшлося про комах (наприклад, бджіл, жуків-гноювників, коників і тарганів), павукоподібних (наприклад, кліщів) і ракоподібних (наприклад, креветок). Подібні алергенні структури були описані у молосків (Leung et al., 1996; Kamath et al., 2013). Наприклад, тропоміозин може спричинити алергічні реакції на ракоподібних, так само як і на кліщів та комах (наприклад тарганів) (Hemmer, 2010; Reese et al., 1999). Цей ефект був підтверджений у разі перехресної алергії на личинки хруща борошняного у пацієнтів з інгаляційною та харчовою алергією на кліщів і ракоподібних. Тропоміозин та аргінініназа були ідентифіковані як перехресно-реактивні білки. Тому не виключено, що в осіб, які мають алергію на ракоподібних і кліщів з домашнього пилу, може також розвинутися алергічна реакція на харчові продукти, що містять білки личинок хруща (Verhoeckx et al., 2014). З урахуванням високої частоти інгаляційної алергії на кліщів, частина населення могла б мати проблеми з алергією на комах, порівнюючи з класичною харчовою алергією (Pomes and Arruda, 2014; Calderon et al., 2015).

Можливе забруднення комах патогенами з відомим алергенним потенціалом, такими як *Aspergillus* і *Penicillium*, або дріжджовими грибами, такими як *Candida*, має розглядатися як вторинний тригер алергічних реакцій, тобто реакцій, непрямо спричинених комахами. Тому треба вжити заходів, які забезпечать вирощування комах, вільних від мікроорганізмів з алергенним потенціалом.

Основними алергенними структурами комах є глікопротеїни. Йдеться переважно про білки, які можна спрощено описати як м'язові білки (наприклад тропоміозин, міозин, актин, тропонін C), клітинні білки (наприклад тубулін), циркуляційні білки (наприклад гемоціанін, дефензин) та ферменти (наприклад аргінініназа, тріозофосфатізомераза, α -амілаза, трипсин, фосфоліпаза A, гіалуронідаза). Крім глікопротеїнів, у членистоногих відомі й інші алергенні або імуномодуляційні речовини. Наприклад, галактозо- α -1,3- галактоза може спричинити анафілактичні реакції (Platts-Mills et al., 2015).

Якщо йдеться про використання деяких речовин з комах, то, наприклад, барвник кармін, отриманий з червеця (*Dactylopius coccus*), був описаний як тригер алергічних реакцій на харчові продукти (Wuthrich et al., 1997). Ще однією молекулярною структурою з імуномодуляційним потенціалом можна вважати хітин. Встановлено, що хітин легко

зв'язується з віцилінами, основними алергенами деяких видів насіння, горіхів і бобових, таких як арахіс і соя (Holzhauser et al., 2009).

потемніла мouchného u jedinců trpících alergií na krevety. Bylo zjištěno, že zahřátí larev nesnižuje jejich alergenicitu, ale modifikuje rozpustnost alergenního proteinu (Broekman et al., 2015). Naproti tomu zkřížená alergie na tropomyosin z jiných druhů potměnků u jedinců alergických na krevety byla snížena po tepelném ošetření larev potměnků a jejich in vitro natrávení (van Broekhoven et al., 2016). Je třeba předpokládat, že zvýšená konzumace hmyzu nebo produktů na bázi hmyzu bude spojena se zvýšením frekvence alergických reakcí na hmyz. Podle nařízení (ES) č. 258/97 lze od 1. ledna 2018 považovat hmyz na potravinu nového typu. Konkrétní druhy jedlého hmyzu je tedy možno uvádět na trh až po posouzení bezpečnosti a schválení, pokud nebyly v EU konzumovány ve významném množství před 15. květnem 1997. Dovoz jedlého hmyzu ze třetích zemí do EU podléhá veterinárním kontrolám.

Energetická hodnota

Energetická hodnota jedlého hmyzu závisí na jeho složení, a to zejména na obsahu tuku.

Larvální stadia nebo kukly bývají obvykle bohatší na energii v porovnání s dospělci.

Bílkovinné druhy hmyzu mají naopak obsah energie nižší (Bednářová, 2013). Ramos-Elorduy et al. (1997) analyzovali 78 druhů hmyzu a uvádějí, že kalorická hodnota byla v rozmezí 293–762 kcal na 100 g sušiny.

Tabulka 1 uvádí energetickou hodnotu vybraných druhů jedlého hmyzu vyjádřenou v kcal na 100 g čerstvé hmotnosti (van Huis et al., 2013).

Проте алергічні реакції після споживання комах, включно з анафілактичними, спостерігалися поки що лише в поодиноких випадках. Найсерйознішою поки що видається алергія на личинки хрущака борошністого у людей з алергією на креветки. Виявлено, що нагрівання личинок не зменшує їхню алергенність, але змінює розчинність алергенного білка (Broekman et al., 2015). На протипагу цьому, перехресна алергія на тропоміозин з інших видів жуків-чорнотілок в осіб з алергією на креветки знижувалася після термічної обробки личинок цих жуків та їх попереднього травлення *in vitro* (van Broekhoven et al., 2016). Треба очікувати, що збільшення споживання комах або продуктів на основі комах буде вести до збільшення частоти алергічних реакцій на комах.

Згідно з Регламентом (ЄС) № 258/97 з 1 січня 2018 р. комахи можна розглядати як харчовий продукт нового типу. Отже, окремі види їстівних комах можна розміщувати на ринку після оцінювання безпечності та затвердження, якщо вони не споживалися в ЄС у значних кількостях до 15 травня 1997 р. Імпорт їстівних комах з третіх країн до ЄС підлягає ветеринарному контролю.

Енергетична цінність

Енергетична цінність їстівних комах залежить від їхнього складу, зокрема від вмісту жиру.

Личинкові стадії або лялечки зазвичай багатші на енергію, ніж імаго. Білкові види комах, навпаки, мають нижчу енергетичну цінність (Bednářová, 2013). Ramos-Elorduy et al. (1997) аналізували 78 видів комах і зазначають, що калорійність коливається в межах 293–762 ккал на 100 г сухої речовини.

У таблиці 1 наведено енергетичну цінність окремих видів їстівних комах, виражену в ккал на 100 г сирої ваги (van Huis et al., 2013).

Tabulka 1: Energetická hodnota jedlého hmyzu

Český název	Latinský název	Stádium	Lokalita	En. hodnota (kcal/100 g)
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 dvouskvrnný	<i>Gryllus bimaculatus</i>	dospělec	Thajsko	120
Kobylka	<i>Oxya japonica</i>	dospělec	Thajsko	149
Kobylka	<i>Cyrtacanthacris tatarica</i>	dospělec	Thajsko	89
Bourec morušový	<i>Bombyx mori</i>	kukla	Thajsko	94
Saranče stěhovavá	<i>Locusta migratoria</i>	dospělec	Nizozemí	179

Zdroj: van Huis et al., 2013

Bílkoviny

Bednářová (2013) zkoumala obsah celkového proteinu u sedmi druhů hmyzu. Obsah celkového proteinu byl u všech sledovaných druhů hmyzu poměrně vyrovnaný s výjimkou zavíječe voskového (*Galleria mellonella*), kde byl obsah bílkovin pouze 38,41 %. U ostatních druhů se procentuální obsah pohyboval od 50,86 % u potemníka moučného (*Tenebrio molitor*) do 62,21

% u saranče stěhovavé (*Locusta migratoria*). Xiaoming et al. (2010) hodnotili obsah bílkovin u 100 druhů hmyzu. Obsah proteinu byl v rozmezí 13 až 77 % v sušině (Tabulka 2), což odráží velkou variabilitu zkoumaného hmyzu. V Mexiku bylo zkoumáno 87 jedlých druhů hmyzu a průměrný obsah bílkovin v sušině byl uveden od 15 % do 81 %. Ve studii byla také zkoumána stravitelnost proteinů hmyzu, která činí 76–96 % (Ramos Elorduy et al., 1997), což je v průměru jen o něco méně než u vaječné bílkoviny (95 %) či hovězího masa (98 %) a naopak více, než u mnoha rostlinných bílkovin (Finke, 2004).

Naměřené množství dusíkatých látek hmyzu může být vyšší než jejich skutečný obsah bílkovin, jelikož určité množství dusíku je také vázáno v exoskeletech (Klunder et al., 2012). Finke (2007) uvedl obsah chitinu u hmyzu komerčně chovaného v rozmezí od 2,7 mg do 49,8 mg na kg (čerstvé hmotnosti) a od 11,6 mg do 137,2 mg na kg (sušiny). Chitin je podobně jako celulóza z velké části nestravitelný lidmi, a proto jeho odstranění zlepšuje stravitelnost proteinu hmyzu (Finke, 2007).

Таблиця 1 – Енергетична цінність їстівних комах

Українська назва	Латинська назва	Стадія	Регіон	Ен. цінність (ккал/100 г)
Сарана австралійська	<i>Chortoicetes terminifera</i>	імаго	Австралія	499
Мураха-ткач	<i>Oecophylla smaragdina</i>	імаго	Австралія	1272
Хрущак борошняний	<i>Tenebrio molitor</i>	личинка	США	206
Хрущак борошняний	<i>Tenebrio molitor</i>	імаго	США	138
Мураха-листоріз	<i>Atta mexicana</i>	імаго	Мексика	404
Цвіркун двоцятний	<i>Gryllus bimaculatus</i>	імаго	Таїланд	120
Коник	<i>Oxya japonica</i>	імаго	Таїланд	149
Коник	<i>Cyrtacanthacris tatarica</i>	імаго	Таїланд	89
Шовкопряд	<i>Bombyx mori</i>	лялечка	Таїланд	94
Сарана перелітна	<i>Locusta migratoria</i>	імаго	Нідерланди	179

Джерело: van Huis et al., 2013

Білки

Bednářová (2013) вивчала вміст загального білка у семи видів комах. Загальний вміст білка був досить збалансованим у всіх досліджуваних видів комах, за винятком великої воскової молі (*Galleria mellonella*), в якій вміст білка становив лише 38,41 %. У інших видів відсотковий вміст коливався від 50,86 % у хрущака борошняного (*Tenebrio molitor*) до 62,21 % у сарани перелітної (*Locusta migratoria*). Xiaoming et al. (2010) оцінювали вміст білка у 100 видів комах. Вміст білка коливався від 13 до 77 % у сухій речовині (таблиця 2), що відображає велику варіабельність досліджуваних комах. У Мексиці було досліджено 87 видів їстівних комах, і середній вміст білка в сухій речовині становив від 15 до 81 %. У дослідженні також вивчалася засвоюваність білків комах, яка становила 76–96 % (Ramos Elorduy et al., 1997), що в середньому лише трохи менше, ніж у ячного білка (95 %) або яловичини (98 %) і, навпаки, більше, ніж у багатьох рослинних білків (Finke, 2004).

Виміряна кількість азотовмісних речовин у комах може бути вищою, ніж фактичний вміст білка, оскільки певна частина азоту також фіксована в екзоскелеті (Klunder et al., 2012). Finke (2007) повідомляє, що вміст хітину в комерційно вирощуваних комах коливається від 2,7 мг до 49,8 мг на кг (живої ваги) і від 11,6 мг до 137,2 мг на кг (сухої речовини). Хітин, як і целюлоза, здебільшого не перетравлюється людиною, тому його видалення поліпшує засвоюваність білка комах (Finke, 2007).

Tabulka 2: Obsah bílkovin ve 100 druzích jedlého hmyzu

Český název řádu	Latinský název	Stádium	Obsah bílkovin (% v sušině)
Brouci	<i>Coleoptera</i>	dospělci a larvy	23 - 66
Motýli	<i>Lepidoptera</i>	kukly a larvy	14 - 68
Polokřídli	<i>Hemiptera</i>	dospělci a larvy	42 - 74
Stejnokřídli	<i>Homoptera</i>	dospělci, larvy a vajíčka	45 - 57
Blanokřídli	<i>Hymenoptera</i>	dospělci, kukly, larvy a vajíčka	13 - 77
Vážky	<i>Odonata</i>	dospělci a nájady	46 - 65
Rovnokřídli	<i>Orthoptera</i>	dospělci a nymfy	23 - 65

Zdroj: Xiaoming et al., 2010

Je-li posuzováno aminokyselinové složení jedlého hmyzu, obsahuje řadu nutričně cenných aminokyselin včetně vysokého obsahu fenylalaninu a tyrosinu. Některé druhy hmyzu obsahují velké množství lysinu, tryptofanu a threoninu, který bývá deficitním v některých proteinech obilovin.

Kupříkladu v Angole by příjem těchto živin mohl být doplněn konzumací termitů rodu *Macrotermes subhyalinus* (Sogbesan a Ugwumba, 2008). Domorodci v Papui-Nové Guineji se běžně stravují hlízami, které jsou na obsah lysinu a leucinu chudé. Vzniklou nutriční mezeru proto kompenzují konzumací larev brouka čeledi *Rhynchophorus*, které mají množství lysinu naopak vysoké. Hlízy naopak obsahují vysoký podíl tryptofanu a aromatických aminokyselin, které jsou v larvách brouka čeledi *Rhynchophorus* obsaženy v omezeném množství. Nutriční příjem z takovéto stravy je proto vyvážený (Bukkens, 2005; FAO, 2013). Analýzy téměř stovky jedlých druhů hmyzu ukazují, že obsah esenciálních aminokyselin tvoří 46–96 % z celkového množství aminokyselin (Xiaoming et al., 2008).

Tuky

Jedlý hmyz obsahuje průměrně 10 až 60 % tuku v sušině (Tabulka 3). Je vyšší v larválních stádiích než v dospělosti (Xiaoming et al., 2010). Housenky patří mezi hmyz s nejvyšším obsahem tuku. Tzompa-Sosa et al. (2014) uvádějí celkový obsah tuku u housenek (Lepidoptera) v rozmezí 8,6 - 15,2 g na 100 g hmyzu. Naopak u kobylek a příbuzných druhů Orthoptera se obsah tuku pohybuje od 3,8 g do 5,3 g na 100 g hmyzu.

Таблиця 2 – Вміст білків у 100 видах їстівних комах

Українська назва ряду	Латинська назва	Стадія	Вміст білків (% у сухій)
Жуки	<i>Coleoptera</i>	імаго та личинки	23–66
Лускокрилі	<i>Lepidoptera</i>	лялечки та личинки	14–68
Напівтвердокрилі	<i>Hemiptera</i>	імаго та личинки	42–74
Рівнокрилі	<i>Homoptera</i>	імаго, личинки та яйця	45–57
Перетинчастокрилі	<i>Hymenoptera</i>	імаго, лялечки, личинки та яйця	13–77
Бабки	<i>Odonata</i>	імаго та наяди	46–65
Прямокрилі	<i>Orthoptera</i>	імаго та німфи	23–65

Джерело: Xiaoming et al., 2010

Якщо розглядати амінокислотний склад їстівних комах, то вони містять низку цінних у харчовому відношенні амінокислот, зокрема велику кількість фенілаланіну та тирозину. Деякі види комах містять багато лізину, триптофану і треоніну, яких недостатньо в білках деяких злаків.

В Анголі, наприклад, ці поживні речовини в раціоні можуть бути доповнені за рахунок споживання термітів роду *Macrotermes subhyalinus* (Sogbesan та Ugwumba, 2008). Місцеві жителі Папуа Нової Гвінеї зазвичай їдять бульби, які містять мало лізину та лейцину. Тому вони компенсують дефіцит поживних речовин, споживаючи личинок жуків родини *Rhynchophorus*, які, навпаки, вирізняються високим вмістом лізину. З іншого боку, бульби містять високу частку триптофану та ароматичних амінокислот, які в обмеженій кількості містяться в личинках *Rhynchophorus*. Тобто споживання поживних речовин з такому раціоні є збалансованим (Bukkens, 2005; FAO, 2013). Аналіз майже ста їстівних видів комах показав, що вміст незамінних амінокислот становить 46–96 % від загальної кількості амінокислот (Xiaoming et al., 2008).

Жири

Їстівні комахи містять в середньому 10–60 % жиру в сухій речовині (таблиця 3). Його вміст вищий у личинкових стадіях, ніж в імаго (Xiaoming, 2009). Гусениці належать до комах з найвищим вмістом жирів (Xiaoming et al., 2010). Tzompa-Sosa et al. (2014) повідомляють, що загальний вміст жиру в гусеницях (*Lepidoptera*) коливається від 8,6 до 15,2 г на 100 г комах. Вміст жиру в кониках і споріднених видах *Orthoptera*, навпаки, коливається від 3,8 г до 5,3 г на 100 г комах.

Tabulka 3: Obsah tuku v sušině jedlého hmyzu

Český název	Latinský název	Stádium	Obsah tuku (% v sušině)
Bourec morušový	<i>Bombyx mori</i>	kukla	29
Včela medonosná	<i>Apis mellifera</i>	plod	31
Saranče stěhovavá	<i>Locusta migratoria</i>	nymfa	13
Zavíječ voskový	<i>Galleria mellonella</i>	housenka	57
Cvrček stepní	<i>Gryllus assimilis</i>	nymfa	34
Potemník moučný	<i>Tenebrio molitor</i>	larva	36
Potemník brazilský	<i>Zophobas atratus</i>	larva	40

Zdroj: Bednářová, 2013

Tuk je v hmyzu přítomen v několika formách. Asi 80 % tvoří triacylglyceroly, které slouží jako zásoba energie pro období vysoké energetické náročnosti, například pro delší lety. Druhou nejvýznamnější formou jsou fosfolipidy, které mají úlohu ve struktuře buněčných membrán (Tzompa-Sosa et al., 2014). Obsah fosfolipidů v tuku je obvykle nižší než 20 %, ale mění se podle životní fáze a druhu hmyzu (Ekpo et al., 2009; Tzompa-Sosa et al., 2014).

Lipidy hmyzu mají poměrně vysoký obsah C18 mastných kyselin, včetně olejové, linolové a linolenové kyseliny (Tzompa-Sosa et al., 2014). Hojně je zastoupena i palmitová kyselina. Složení mastných kyselin hmyzu je ovlivněno potravou, kterou se hmyz živí (Bukkens, 2005). Nejvíce zastoupeným steroidem v hmyzu je cholesterol. Ekpo a kol. (2009) studovali obsah cholesterolu v lipidech termitů *Macrotermes bellicosus* a housenkách *Imbrasia Belina*, které jsou běžně konzumovány v Nigérii. Zjistili, že průměrný obsah cholesterolu v hmyzu v lipidové frakci byl 3,6 %. Kromě cholesterolu mohou být v jedlém hmyzu přítomny i kampesterol, stigmaterol, β -sitosterol a další steroly (Adámková, nepublikovaná data).

Vláknina

Jedlý hmyz obsahuje významné množství vlákniny. Nejčastější formou vlákniny v organismu hmyzu je nerozpustná vláknina chitin obsažená především v exoskeletu hmyzu (FAO, 2013). Množství chitinu v organismu hmyzu se dle jeho analýzy pohybuje v rozmezí od 2,7 do 49,8 mg na kilogram čerstvé hmotnosti hmyzu a v rozmezí 11 až 137 mg na kilogram sušiny. Chitin, je považován spíše za nestravitelnou vlákninu, třebaže enzym chitináza byl nalezen v lidských žaludečních šťávách (Paoletti et al., 2007). Bylo však zjištěno, že může být neaktivní. Aktivní reakce chitinázy v organismu převládá údajně spíše u obyvatel tropických zemí, kde je konzumace hmyzu jednou z dlouhodobých tradic (Muzzarelli et al., 2001).

Таблиця 3 – Вміст жиру в сухій речовині

Українська назва	Латинська назва	Стадія	Вміст жиру (% у сухій)
Шовкопряд шовковичний	<i>Bombyx mori</i>	лялечка	29
Бджола медоносна	<i>Apis mellifera</i>	плід	31
Сарана перелітна	<i>Locusta migratoria</i>	німфа	13
Велика воскова міль	<i>Galleria mellonella</i>	гусениця	57
Цвіркун польовий	<i>Gryllus assimilis</i>	німфа	34
Хрущак борошняний	<i>Tenebrio molitor</i>	личинка	36
Хрущак зофобас	<i>Zophobas atratus</i>	личинка	40

Джерело: Bednářová, 2013

Жир міститься в комах у кількох формах. Близько 80 % становлять триацилгліцерини, які слугують енергетичним резервом для періодів високої потреби в енергії, наприклад, під час тривалих польотів. Другою найзначущою формою є фосфоліпіди, які відіграють важливу роль у структурі клітинних мембран (Tzompa-Sosa et al., 2014). Вміст фосфоліпідів у жири зазвичай нижче ніж 20 %, але варіюється залежно від стадії життя та виду комах (Ekpo et al., 2009; Tzompa-Sosa et al., 2014).

Ліпіди комах вирізняються відносно високим вмістом жирних кислот C18, зокрема олеїнової, лінолевої та ліноленової кислот (Tzompa-Sosa et al., 2014). Рясно представлена також пальмітинова кислота. На склад жирних кислот комах впливає їжа, якою вони харчуються (Bukkens, 2005).

Найпоширенішим стерином у комах є холестерин. Ekpo et al. (2009) досліджували вміст холестерину в ліпідах термітів *Macrotermes bellicosus* і гусениць *Imbrasia Belina*, які широко споживаються в Нигерії. Вони виявили, що середній вміст холестерину в ліпідній фракції комах становив 3,6 %. Крім холестерину, в їстівних комах можуть міститися кампестерин, стигмастерин, β -ситостерин та інші стерини (Adámková, неопубліковані дані).

Клітковина

Їстівні комахі містять значну кількість клітковини. Найпоширенішою формою клітковини в організмі комах є нерозчинна клітковина хітин, яка міститься передусім у екзоскелеті комах (FAO, 2013).

Згідно з аналізом, кількість хітину в комах коливається від 2,7 до 49,8 мг на кілограм свіжої ваги і від 11 до 137 мг на кілограм сухої речовини. Хітин вважається неперетравлюваною клітковиною, хоча фермент хітиназа був знайдений у шлунковому соку людини (Paoletti et al., 2007). Однак було виявлено, що він може бути неактивним. Активна хітиназа в організмі, за повідомленнями, переважає у жителів тропічних країн, де споживання комах є однією з давніх традицій (Muzzarelli et al., 2001).

Chitin je také spojován s obranou organismu proti parazitárním infekcím a některým alergickým stavům (Muzzarelli et al., 2001). Lee et al. (2008) uvádí, že chitin působí antivirově, proti vzniku nádorů. Chitin a jeho derivát chitosan mají vlastnosti, které by mohly zlepšit imunitní reakce specifických skupin lidí tím, že přimějí jedince k odolnosti proti patogenním bakteriím a virům. Zároveň existují náznaky toho, že chitin snižuje alergické reakce určitých jednotlivců (Goodman, 1989; Muzzarelli, 2010). Chitin z exoskeletu jedlého hmyzu působí v lidském organismu obdobně jako celulóza a pro tento účinek je mnohdy přezdíván „živočišnou vlákninou“ Borkovcová et al. (2009).

Bednářová (2013) analyzovala množství vlákniny v organismu 7 různých druhů jedlého hmyzu. Nejvíce vlákniny obsahovala saranče stěhovavá, nejméně pak cvrček stepní (Tabulka 4).

Tabulka 4: Obsah neutrálně-detergentní vlákniny (celulosa, hemicelulosa a lignin) v sušině jedlého hmyzu

Český název	Latinský název	Stádium	Obsah vlákniny (% v sušině)
Bourec morušový	<i>Bombyx mori</i>	kukla	14
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 stepní	<i>Gryllus assimilis</i>	nymfa	8
Potemník moučný	<i>Tenebrio molitor</i>	larva	18
Potemník brazilský	<i>Zophobas atratus</i>	larva	17

Zdroj: Bednářová, 2013

Minerální látky

Jedlý hmyz může být nutričně zajímavý i z hlediska obsahu minerálních látek jako jsou železo, zinek, draslík, sodík, vápník, fosfor, hořčík mangan a měď (FAO, 2013). Vysoký obsah železa mají například housenka *Mopane* (31–77 µg na 100 g sušiny) nebo kobylka *Locusta migratoria* (8 až 20 µg na 100 g sušiny) (Oonincx et al., 2010). Housenka *Mopane* by mohla být i dobrým zdrojem zinku (14 µg na 100 g sušiny), jakož i larvy nosatce palmového *Rhynchophorus phoenicis* (26,5 µg na 100 g sušiny) (Bukkens, 2005).

Vitaminy

Hmyz obsahuje celou řadu vitaminů, jako například A, D, E, K, C a vitaminy skupiny B (Finke, 2002; Finke, 2004; Xiaoming et al., 2008; Guerrini et al., 2009; Oonincx a Dierenfeld, 2011).

Chitin також пов'язаний із захистом організму від паразитарних інфекцій та деяких алергічних станів (Muzzarelli et al., 2001). Lee et al. (2008) повідомляють про протівірусну та протипухлинну дію хітину. Хітин і його похідне хітозан мають властивості, які можуть покращувати імунні реакції певних груп людей, роблячи їх стійкими до патогенних бактерій і вірусів. Водночас є дані, що хітин зменшує алергічні реакції у деяких осіб (Goodman, 1989; Muzzarelli, 2010). Хітин з екзоскелету їстівних комах діє в організмі людини подібно до целюлози, і за цей ефект його часто називають

«тваринною клітковиною» (Borkovcová et al., 2009) Bednářová (2013) проаналізувала кількість клітковини в організмі 7 різних видів їстівних комах. Найбільше клітковини містила сарана перелітна, а найменше – цвіркун польовий (таблиця 4).

Таблиця 4 – Вміст нейтрально-дeterгентної клітковини (целюлози, геміцелюлози та лігніну) в сухій речовині їстівних комах

Українська назва	Латинська назва	Стадія	Вміст клітковини (% у сухій)
Шовкопряд	<i>Bombyx mori</i>	лялечка	14
Бджола медоносна	<i>Apis mellifera</i>	плід	11
Сарана перелітна	<i>Locusta migratoria</i>	німфа	27
Велика воскова міль	<i>Galleria mellonella</i>	гусениця	21
Цвіркун польовий	<i>Gryllus assimilis</i>	німфа	8
Хрущак борошняний	<i>Tenebrio molitor</i>	личинка	18
Хрущак зофобас	<i>Zophobas atratus</i>	личинка	17

Джерело: Bednářová, 2013

Мінеральні речовини

Їстівні комахи також можуть становити харчовий інтерес з погляду вмісту мінералів, таких як залізо, цинк, калій, натрій, кальцій, фосфор, магній, мangan і мідь (FAO, 2013). Велику кількість заліза містять, наприклад, гусениця *Mopane* (31–77 мкг на 100 г сухої речовини) або коник *Locusta migratoria* (8–20 мкг на 100 г сухої речовини) (Oonincx et al., 2010). Гусінь *Mopane* також може бути багатим джерелом цинку (14 мкг на 100 г сухої речовини), як і личинки пальмового довгоносика *Rhynchophorus phoenicis* (26,5 мкг на 100 г сухої речовини) (Bukkens, 2005).

Вітаміни

Комахи містять різноманітні вітаміни, зокрема A, D, E, K, C та вітаміни групи B (Finke, 2002; Finke, 2004; Xiaoming et al., 2008; Guerrini et al., 2009; Oonincx a Dierenfeld, 2011).

Bukkens (2005) uvádí celou řadu hmyzu, který obsahuje thiamin. Jeho rozmezí se v jedlém hmyzu pohybuje od 0,1 – 4 µg na 100 g sušiny. Riboflavin je zastoupený v jedlém hmyzu v množství 0,11 až 8,9 µg na 100 µg. Vitamin B12 se nalézá se v hojně míře v larvách moučného červa druhu *Tenebrio molitor* (0,47 µg na 100 g) a cvrčka domácího *Acheta domestica* (5,4 µg na 100 g u dospělých jedinců a 8,7 µg na 100 g u nymf). Nicméně mnoho dalších druhů, které byly doposud analyzovány, obsahuje pouze zanedbatelné množství tohoto vitaminu (Finke, 2002; Bukkens, 2005). Retinol a β-karoten byly zjištěny v některých housenkách motýlů, například u druhů *Imbrasia oyemensis*, *Nudaurelia oyemensis*, *Imbrasia truncata* a *Imbrasia epimethea*, které obsahují na 100 g sušiny 32 až 48 µg retinolu a 6,8 - 8,2 µg β-karotenu. U žlutých moučných červů druhu *Tenebrio molitor*, u tzv. „superčervů“ (*Zophobas morio*) a cvrčků domácích (*Acheta domestica*) byla úroveň retinolu na 100 g sušiny nižší než 20 µg a úroveň β-karotenu nižší než 100 µg (Finke, 2002; Bukkens, 2005; Oonincx a Poel, 2011). Vitamin E obsahují například larvy nosatce *Rhynchophorus ferrugineus*, které mají v průměru 35 µg α-tokoferolu a 9 µg tokoferolů β+γ na 100 g sušiny (Bukkens, 2005). U bource morušového *Bombyx mori* bylo stanoveno 9,65 µg tokoferolů na 100 g sušiny (Tong et al., 2011).

Senzorické vlastnosti jedlého hmyzu

Hmyz je v mnoha zemích světa konzumován živý bezprostředně po odchytu. V případě jeho dalšího zpracování je za nejhumánnější způsob usmrcení považováno spaření horkou vodou po předchozím půstu 1–3 dny (Borkovcová et al., 2009). Dalšími následnými kulinárními úpravami mohou být vaření, pečení, smažení, či sušení. Mezi tři nejčastější druhy hmyzu nabízené ve specializovaných obchodech, ve kterých je jedlý hmyz pěstován a zpracováván speciálně pro lidskou spotřebu patří larva žlutého moučného červa, menší larvy moučného červa a kobyłka stěhovavá (Ramos-Elorduy, 1998; Borkovcová et al., 2009; FAO, 2013).

Senzorické vlastnosti jsou důležitým kritériem doprovázejícím konzumaci jedlého hmyzu. Chuť hmyzu je velice rozmanitá (Tabulka 5). Je dána především feromony vyskytujícími se na povrchu organismu hmyzu (Ramos-Elorduy, 1998). Závisí také na prostředí, ve kterém hmyz žije a na potravě, kterou se živí. Výběr potravy též může být uzpůsoben podle toho, jak si přejeme, aby hmyz chutnal. Pokud se hmyz opere či spaří, nemá prakticky žádnou vlastní chuť, jelikož feromony se opláchnutím smyjí. Během kulinářských úprav přebírá chuť přidávaných přísad. Vnější kostra hmyzu má velký vliv na texturu. Hmyz je křupavý a zvuky vyvolané jeho požíváním připomínají chroupání sušenek či preclíků (Ramos-Elorduy, 1998).

Bukkens (2005) zaznačuje celou nízku komax, які містять тіамін. Його вміст у їстівних комах становить від 0,1 до 4 мкг на 100 г сухої речовини. Рибофлавін міститься в їстівних комах у кількості від 0,11 до 8,9 мкг на 100 мкг. Вітамін B12 у великій кількості можна виявити в личинках жука виду *Tenebrio molitor*, або борошняних хробаках (0,47 мкг на 100 г), і цвіркуна хатнього *Acheta domestica* (5,4 мкг на 100 г у дорослих особин і 8,7 мкг на 100 г у німф). Однак багато інших видів, проаналізованих до цього часу, містять лише незначні кількості цього вітаміну (Finke, 2002; Bukkens, 2005). Ретинол і β-каротин були виявлені в гусеницях деяких метеликів, наприклад, у видів *Imbrasia oyemensis*, *Nudaurelia oyemensis*, *Imbrasia truncata* та *Imbrasia epimethea*, які містять 32–48 мкг ретинолу і 6,8–8,2 мкг β-каротину на 100 г сухої речовини. У жовтих борошняних хробаках виду *Tenebrio molitor*, у т. зв. суперхробаках (*Zophobas morio*) і хатніх цвіркунах (*Acheta domestica*) рівень ретинолу на 100 г сухої речовини становив менше ніж 20 мкг, а рівень β-каротину – менше ніж 100 мкг (Finke, 2002; Bukkens, 2005; Oonincx та Poel, 2011). Вітамін E міститься, наприклад, у личинках довгоносика *Rhynchophorus ferrugineus*, які мають в середньому 35 мкг α-токоферолу і 9 мкг токоферолів β+γ на 100 г сухої речовини (Bukkens, 2005). У шовкопряда шовковичного *Bombyx mori* було виявлено 9,65 мкг токоферолів на 100 г сухої речовини (Tong et al., 2011).

Органолептичні властивості їстівних комax

У багатьох країнах світу комах споживають живими одразу після відловлювання. У разі їх подальшої переробки найгуманнішим методом забиття вважається ошпарювання гарячою водою після попереднього голодування протягом 1–3 днів (Borkovcová et al., 2009). Іншими видами подальшої кулінарної обробки можуть бути варіння, запікання, смаження або сушіння. До трьох найпоширеніших видів комax, що пропонуються у спеціалізованих магазинах, де їстівних комах вирощують і переробляють спеціально для споживання людиною, належать личинки жовтого борошняного хрущака, менші личинки борошняного хрущака і коник перелітний (Ramos-Elorduy, 1998; Borkovcová et al., 2009; FAO, 2013).

Органолептичні властивості є важливим критерієм, що супроводжує споживання їстівних комax. Смак комax дуже різноманітний (таблиця 5). Він визначається передусім наявністю феромонів на поверхні тіла комax (Ramos-Elorduy, 1998). Крім того, має значення середовище, в якому живуть комах, та їжа, якою вони харчуються. Вибір їжі також може залежати від того, якими на смак ми бажаємо мати комax. Якщо комax промити або ошпарити, вони практично не мають власного смаку, оскільки феромони змиваються. Під час кулінарної обробки вони набувають смаку доданих інгредієнтів. Зовнішній скелет комax значною мірою впливає на текстуру. Комах хрусткі, а звуки, що видаються під час їх поїдання, нагадують хрускіт печива або бубликів (Ramos-Elorduy, 1998).

Kukly, larvy (housesenky) a nymfy jsou nejčastěji konzumovanými stádii jedlého hmyzu, jelikož obsahují minimální množství chitinu. Proto při rozměňování v ústech tolik nekřupou a jsou pro lidský organismus lépe stravitelné.

Převážná část většiny druhů hmyzu je kvůli exoskeletu téměř bez vůně, takže hmyzí pach má vliv na chutnost jen minimální (Ramos-Elorduy, 1998). Hezká barva pokaždé nemusí znamenat lahodnost hmyzu. V průběhu tepelné úpravy se zbarvení hmyzu z původních odstínů šedé, modré, zelené či hnědé promění obvykle na červenou (Ramos-Elorduy, 1998). Hmyz, který obsahuje značné množství zoxidovaného tuku, či hmyz nesprávně sušený, mohou mít černou barvu. Správně usušený hmyz je zlatavý nebo hnědý a lze jej snadno rozmačkat v prstech (Borkovcová et al., 2009).

Rizika konzumace hmyzu

Konzumace hmyzu může znamenat i některá rizika, která je potřeba vzít v úvahu. Sběr hmyzu ve velkém ve volné přírodě by mohl znamenat vážný zásah do ekosystému krajiny. Proto je doporučováno, konzumovat hmyz faremně chovaný za kontrolovaných a definovaných podmínek. Výběrem vhodného a bezpečného krmiva je tak zajištěna následná zdravotní nezávadnost jedlého hmyzu. Výsledky rozborů prováděné v letech 2003–2010 ukázaly například možné nebezpečí konzumace hmyzu krmného otrubami, ve kterých je vyšší koncentrace toxických kovů (Bednářová et al., 2010). V žádném případě se nedoporučuje konzumovat hmyz krmný nevhodnou dietou například organickými odpady. Některé druhy hmyzu mohou obsahovat i přirozeně přítomné toxické látky jako například kyanogenní glykosidy (Zagrobleny et al., 2009).

Лялечки, личинки (гусениці) та німфи – найчастіше споживані стадії розвитку їстівних комах, оскільки вони містять мінімальну кількість хітину. Тому вони менше хрумтять під час подрібнення в роті і краще засвоюються людським організмом.

Більшість комах майже не мають запаху через наявність екзоскелету, тому запах комах має мінімальний вплив на смакові якості (Ramos-Elorduy, 1998). Привабливий колір не завжди означає, що комахи приємні на смак. У процесі термічної обробки забарвлення комах зазвичай змінюється від відтінків сірого, синього, зеленого або коричневого до червоного кольору (Ramos-Elorduy, 1998). Комахи, які містять значну кількість окисленого жиру, або які були неправильно висушені, можуть мати чорний колір. Правильно висушені комахи золотисті або коричневі та легко роздавлюються пальцями (Borkovcova et al., 2009).

Ризики споживання комах

Вживання в їжу комах також може становити певні ризики, які треба враховувати. Збирання комах у дикій природі може означати серйозне втручання в екосистему ландшафту. Тому рекомендовано вживати в їжу комах, вирощених на фермах, у контрольованих і визначених умовах. Вибираючи відповідні та безпечні корми, забезпечують подальшу безпечність їстівних комах для здоров'я. Результати аналізів, проведених у 2003–2010 роках, показали, наприклад, потенційну небезпеку споживання комах, яких годували висівками з підвищеною концентрацією токсичних металів (Bednářová et al., 2010). За жодних обставин не рекомендовано споживати комах, годованих невідповідним кормом, наприклад, органічними відходами. Деякі комахи можуть також містити природні токсичні речовини, наприклад ціаногенні глікозиди (Zagrobleny et al., 2009).

Tabulka 5: Přehled chutí u vybraných druhů jedlého hmyzu

Jedlý hmyz	Chuť
mravenci, termity	sladká, téměř oříšková
larvy potěmníků	celozrnné pečivo
larvy dřevokazných brouků	tlustý bůček i s kůží
larvy váček a jiného vodního hmyzu	ryby
švábi	houby
kněžice	jablka
vosy	piniová semínka
housenky šedavek	syrová kukuřice
červci	smažené brambory
vajíčka klešťanek	kaviár
housenky jezinek	sled'

Zdroj: Ramos-Elorduy, 1998

Dalšími možnými riziky konzumace jedlého hmyzu jsou konzumace nevhodného vývojového stádia hmyzu, špatná manipulace a kulinářská úprava. Bouvier (1945) například pozoroval, že konzumace kobylek a sarančat v celku bez odstranění nohou, může vést ke střevní zácpě, která může mít až fatální následky. Konzumace hmyzu může způsobovat i alergie. Hmyz má vnější kostru tvořenou chitinem, který je pro člověka těžko stravitelný. Dnes kvůli potravě neobsahující chitin dochází u lidí k úbytku tvorby enzymu, štěpícího chitin. Někteří lidé mají tohoto enzymu tak minimální množství, že u nich po konzumaci hmyzu může nastat alergická reakce. Nejvíce ohrožení jsou lidé, kteří trpí alergií na plody moře, jako jsou krevety (Bednářová et al., 2013).

Důležité je také zvážit riziko přenosu infekčních onemocnění z některých druhů hmyzu. Střevní mikrobiota hmyzu představuje zároveň vhodné médium pro růst nežádoucích mikroorganismů. Klunder et al. (2012) vyhodnotili mikrobiologický obsah čerstvého, zpracovaného, a skladovaného jedlého hmyzu *Tenebrio molitor*, *Acheta domesticus* a *Brachytrupes*. Výsledky ukázaly, že v čerstvém hmyzu mohou být zjištěny a posléze izolovány různé druhy bakterií čeledi *Enterobacteriaceae* a i sporující bakterie, které se do hmyzu s největší pravděpodobností dostávají při kontaktu s půdou (Reineke et al., 2012). Pokud není provedeno správné vyláčení, tepelné opracování a nejsou zajištěny vhodné podmínky skladování, může se jedlý hmyz stát z mikrobiologického hlediska nebezpečným (Giaccone, 2005; Klunder et al., 2012).

Hmyz představuje nutričně zajímavou surovinu a může se v budoucnu začlenit i mezi běžné potraviny konzumované v zemích EU. Mohl by také složit jako nutriční suplement speciálních diet například pro sportovce. Zařazení jedlého hmyzu do běžného jídelníčku vyžaduje ale u

Таблиця 5 – Огляд смаків окремих видів їстівних комах

Їстівні комахи	Смак
мурахи, терміти	солодкий, майже горіховий
личинки жуків-чорнотілок	цільнозернова випічка
личинки ксилофагів	свинячий бочок зі шкірою
личинки бабок та інших водних комах	риба
таргани	гриби
щитник	яблука
оси	насіння пшії
гусениці совок	сира кукурудза
червці	смажена картопля
яйця гребляків	риб'яча ікра
гусениці чорної відьми	оселедець

Джерело: Ramos-Elorduy, 1998

Потенційними ризиками споживання їстівних комах є також споживання комах, які перебувають на невідповідній стадії розвитку, неправильне поводження та кулінарна обробка. Bouvier (1945), наприклад, спостерігав, що вживання коників і сарани цілком, без видалення ніг, може вести до запору із небезпекою фатальних наслідків. Споживання комах може спричинити алергію. Комахи мають зовнішній скелет з хітину, який важко засвоюється організмом людини. Сьогодні через безхітинову їжу в людей знижується вироблення ферменту, який розщеплює хітин. У деяких людей кількість цього ферменту настільки мала, що після споживання комах у них може виникнути алергічна реакція. Найбільшому ризику піддаються люди, які мають алергію на морепродукти, такі як креветки (Bednářová et al., 2013).

Важливо також враховувати ризик передавання інфекційних захворювань від деяких видів комах. Кишечна мікробіота комах є також сприятливим середовищем для росту небажаних мікроорганізмів. Klunder et al. (2012) оцінювали мікробіологічний вміст свіжих, перероблених і складованих їстівних комах *Tenebrio molitor*, *Acheta domesticus* і *Brachytrupes*. Результати показали, що у свіжих комах можна виявити і згодом виділити різні види бактерій родини *Enterobacteriaceae*, а також спороутворювальні бактерії, які, найімовірніше, потрапляють в організм комах під час контакту з ґрунтом (Reineke et al., 2012). Якщо не забезпечити належне попереднє голодування, термічне оброблення та відповідні умови зберігання, їстівні комахи можуть стати з мікробіологічного погляду небезпечними (Giaccone, 2005; Klunder et al., 2012).

Комахи є цікавою у харчовому відношенні сировиною і в майбутньому можуть стати одним з найпоширеніших продуктів харчування, споживаних у країнах ЄС. Вони також могли б використовуватися як поживна добавка до спеціальних дієт, наприклад для

potenciálně vhodných druhů definovat a standardizovat podmínky jejich chovu, provést monitoring složení včetně biologicky aktivních látek, analyzovat možná hygienicko-toxikologická rizika a následně implementovat jedlý hmyz jako potravinu do legislativy EU.

спортсменів. Але включення їстівних комах у звичайний раціон харчування потребує визначення та стандартизації умов вирощування потенційно придатних видів, моніторингу їхнього складу, включно з біологічно активними речовинами, аналізу можливих гігієнічних і токсикологічних ризиків, а в подальшому – імплементації їстівних комах як продукту харчування до законодавства ЄС.

Cazemier, A. E., Hackstein, J. H. P., Op den Camp, H. J. M., Rosenberg, J., van der Drift, C. (1997): Bacteria in the intestinal tract of different species of arthropods. *Microb. Ecol.* 33, 189–197.

Cerritos, R.; Cano-Santana, Z., 2008. Harvesting grasshoppers *Sphenarium purpurascens* in Mexico for human consumption: A comparison with insecticidal control for managing pest outbreaks. *Crop Protection*, 27: 473–480.

Cerritos, R. 2009. Insects as food: an ecological, social and economical approach. CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources, 4(27): 1–10.

Collavo, A., Glew, R. H., Yunk-Sheng, H., Lu-Te, C., Bosse, R., Paoletti, M. G. (2005): Housecricket smallscale farming. In: Paoletti, M.G. (Ed.): Ecological implications of minilivestock: potential of insects, rodents, frogs and snails. Science Publishers, Enfield. pp. 519– 544.

DeFoliart, G. R. (1999): Insects as food: why the western attitude is important. *Annu. Rev. Entomol.* 44, 21–50.

Douglas, A. E. (2015): Multiorganismal insects: diversity and function of resident microorganisms. *Annu. Rev. Entomol.* 60, 17–34.

Dreon, A. L., Paoletti, M. G. 2009. The Wild Food (Plants AndInsects) in Western Friuli Local Knowledge (Friuli Venezia Giu-lia, North-Eastern Italy). *Contributions to the Natural History* 12: 461–488.

EFSA (2015): Risk profile related to production and consumption of insects as food and feed. *EFSA J.* 13, 4257–4317.

Eilenberg, J., Vlak, J., Nielsen-LeRoux, C., Cappellozza, S., Jensen, A. B. (2015): Diseases in insects produced for food and feed. *J. Insects Food Feed*, 1, 87–102.

Ekop, E. A., Udoh, A. I., Akpan, P. E. (2010): Proximate and anti-nutrient composition of four edible insects in Akwa Ibom State, Nigeria. *World J. Appl. Sci. Technol.* 2, 224–231.

Ekpo, K. E., Onigbinde, A. O., Asia, I. O. 2009. Pharmaceutical potentials of the oils of some popular insects consumed in southern Nigeria. *African Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 3: 51–57.

Engel, P., Moran, N. A. (2013): The gut microbiota of insects—diversity in structure and function. *FEMS Microbiol. Rev.* 37, 699–735.

FAO. 2013. Edible insects: Future prospects for food and feed security. FAO, Rome, 187 p. ISBN 978-92-5-107595-1 [cit 2014-12-30]. Dostupné z: <<http://www.fao.org/docrep/018/i3253e/i3253e.pdf> >.

Jlířeparypa

Almuzara, M. N., Palombarani, S., Tuduri, A., Figueroa, S. et al. (2011): First case of fulminant sepsis due to *Wohlfahrtiimonas chitiniclastica*. *J. Clin. Microbiol.* 49, 2333–2335.

Anankware, P., Fening, K., Osekre, E., Obeng-Ofori, D. (2015): Insects as food and feed: a review. *Int. J. Agric. Res. Rev.* 3, 143–151.

Azambuja, P., Garcia, E. S., Ratcliffe, N. A. (2005): Gut microbiota and parasite transmission by insect vectors. *Trends Parasitol.* 21, 568–572.

Bednářová, M., Borkovcová, M., Zorníková, G., Zeman, L. 2010. Insect as food in Czech Republic. *MendelNet 2010*, Mendel University in Brno, 674–682. Dostupné z: <https://mnet.mendelu.cz/mendelnet2010/articles/18_bednarova_372.pdf>

Bednářová, M. 2013. Možnosti využití hmyzu jako potraviny v podmínkách České republiky. Broekman, H., Knulst, A., den Hartog Jager, S., Monteleone, F. et al. (2015): Effect of thermal processing on mealworm allergenicity. *Mol. Nutr. Food Res.* 59, 1855–1864.

Brown, W. V., Doyen, J. T., Moore, B. P., Lawrence, J. F. (1992): Chemical composition and taxonomic significance of defensive secretions of some Australian Tenebrionidae (Coleoptera). *J. Aust. Ent. Soc.* 31, 79–89.

Borkovcová, M., Bednářová, M., Fišer, V., Ocknecht, P. 2009. Kuchyně hmyzem zpestřená 1. *Lynx. Brno.* 135 s. ISBN 978-80-86787-37-4.

Bouvier, G. 1945. Quelques questions d'entomologie vétérinaire et lutte contre certains arthropodes en Afrique tropicale. *Acta Tropica*, 2: 42–59.

Bukkens, S. G. F. 2005. Insects in the human diet: nutritional aspects. In Paoletti, M. G. (Ed.), Ecological implications of minilivestock; role of rodents, frogs, snails, and insects for sustainable development. New Hampshire. Science Publishers. 545–577.

Calderon, M. A., Linneberg, A., Kleine-Tebbe, J., De Blay, F. et al. (2015): Respiratory allergy caused by house dust mites: what do we really know? *J. Allergy Clin. Immunol.* 136, 38–48.

- Ji, K. M., Zhan, Z. K., Chen, J. J., Liu, Z. G. (2008): Anaphylactic shock caused by silkworm pupa consumption in China. *Allergy*, 63, 1407–1408.
- Klunder, H. C., Wolkers-Rooijackers, J., Korpela, J. M., Nout, M. J. R. 2012. Microbiological aspects of processing and storage of edible insects. *Food Control*. 26: 628–631.
- Koura, E. A., Kamel, E. G. (1990): A study of the protozoa associated with some harmful insects in the local environment. *J. Egypt. Soc. Parasitol.* 20, 105–115.
- Lee, K. P., Simpson, S. J., Wilson, K. 2008. Dietary protein-quality influences melanization and immune function in an insect. *Functional Ecology*. 22: 1052–1061.
- Lesnik, J. J. 2014. Termites in the hominin diet: A meta-analysis of termite genera, species and castes as a dietary supplement for South African robust australopithecines. *Journal of Human Evolution* 71: 94–104.
- Leung, P. S., Chow, W. K., Duffey, S., Kwan, H. S. et al. (1996): IgE reactivity against a cross-reactive allergen in crustacea and mollusca: evidence for tropomyosin as the common allergen. *J. Allergy Clin. Immunol.* 98, 954–961.
- 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, 3769–3776.
- Meyer-Rochow, V. B., 2009. Food taboos: Their origins and purposes. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 5: 1–10.
- Muzzarelli, R. A. A., Terbojevich, M., Muzzarelli, C., Miliani, M., Francescangeli, O. 2001. Partial depolymerization of chitosan with the aid of papain. In Muzzarelli, R. A. A. ed. *Chitin Enzymology*. Italy. Atec. 405–414.
- Muzzarelli, R. A. A. 2010. Chitins and chitosans as immunoadjuvants and non-allergenic drug carriers. *Marine Drugs*, 8: 292–312.
- Nishimune, T., Watanabe, Y., Okazaki, H., Akai, H. (2000): Thiamin is decomposed due to *Anopheles* spp. entomophagy in seasonal ataxia patients in Nigeria. *J. Nutr.* 130, 1625–1628.
- Oonincx D. G. A. B., van Itterbeeck J., Heetkamp M. J. W., van den Brand H., van Loon J. J. A., 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. Dostupné z: <<http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0014445>>
- Oonincx, D. G. A. B., van der Poel, A. F. B. 2011. Effects of diet on the chemical composition of migratory locusts (*Locusta migratoria*). *Zoo Biology*, 30: 9–16.
- Oonincx, D. G. A. B., Dierenfeld, E. S., 2011. An investigation into the chemical composition of alternative invertebrate prey. *Zoo Biology*, 29: 1–15.
- Cazemier, A. E., Hackstein, J. H. P., Op den Camp, H. J. M., Rosenberg, J., van der Drift, C. (1997): Bacteria in the intestinal tract of different species of arthropods. *Microb. Ecol.* 33, 189–197.
- Cerritos, R.; Cano-Santana, Z., 2008. Harvesting grasshoppers *Sphenarium purpurascens* in Mexico for human consumption: A comparison with insecticidal control for managing pest outbreaks. *Crop Protection*, 27: 473–480.
- Cerritos, R. 2009. Insects as food: an ecological, social and economical approach. *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources*, 4(27): 1–10.
- Collavo, A., Glew, R. H., Yunk-Sheng, H., Lu-Te, C., Bosse, R., Paoletti, M. G. (2005): Housecricket smallscale farming. In: Paoletti, M.G. (Ed.): *Ecological implications of minilivestock: potential of insects, rodents, frogs and snails*. Science Publishers, Enfield. pp. 519–544.
- DeFoliart, G. R. (1999): Insects as food: why the western attitude is important. *Annu. Rev. Entomol.* 44, 21–50.
- Douglas, A. E. (2015): Multiorganismal insects: diversity and function of resident microorganisms. *Annu. Rev. Entomol.* 60, 17–34.
- Dreon, A. L., Paoletti, M. G. 2009. The Wild Food (Plants AndInsects) in Western Friuli Local Knowledge (Friuli Venezia Giu-lia, North-Eastern Italy). *Contributions to the Natural History* 12: 461–488.
- EFSA (2015): Risk profile related to production and consumption of insects as food and feed. *EFSA J.* 13, 4257–4317.
- Eilenberg, J., Vlaskov, J., Nielsen-LeRoux, C., Cappellozza, S., Jensen, A. B. (2015): Diseases in insects produced for food and feed. *J. Insects Food Feed*, 1, 87–102.
- Ekop, E. A., Udoh, A. I., Akpan, P. E. (2010): Proximate and anti-nutrient composition of four edible insects in Akwa Ibom State, Nigeria. *World J. Appl. Sci. Technol.* 2, 224–231.
- Ekpo, K. E., Onigbinde, A. O., Asia, I. O. 2009. Pharmaceutical potentials of the oils of some popular insects consumed in southern Nigeria. *African Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 3: 51–57.
- Engel, P., Moran, N. A. (2013): The gut microbiota of insects—diversity in structure and function. *FEMS Microbiol. Rev.* 37, 699–735.
- FAO. 2013. Edible insects: Future prospects for food and feed security. *FAO*, Rome, 187 p. ISBN 978-92-5-107595-1 [cit 2014-12-30]. Dostupné z: <<http://www.fao.org/docrep/018/i3253e/i3253e.pdf> >.

- Sponheimer, M., Lee-Thorp, J. A., 1999. Oxygen isotopes in enamel carbonate and their ecological significance. *Journal of Archaeological Science*, 26: 723–728.
- Sponheimer, M., De Ruiter D., Lee-Thorp J., Späth A., 2005. Sr/Ca and early hominin diets revisited: New data from modern and fossil tooth enamel. *Journal of Human Evolution*, 48: 147–156.
- Suchý, p., Straková, E., Herzig, I. (2017): Nutriční hodnota bezobratlých živočichů a jejich využití ve výživě (současnost a perspektivy). Vědecký výbor výživy zvířat, VÚŽV, 82 s.
- Till, J. S., Majmudar, B. N. (1981): Cantharidin poisoning. *South Med. J.* 74, 444–447.
- Tong, L., Yu, X., Lui, H. 2011. Insect food for astronauts: gas exchange in silkworms fed on mulberry and lettuce and the nutritional value of these insects for human consumption during deep space flights. *Bulletin of Entomological Research*, 101: 613–622.
- Tzompa-Sosa, D. A., Liya Yi, Hein J. F. van Valenberg, Martinus A. J. S. van Boekel, Catriona M.M. Lakemond 2014. Insect lipid profile: aqueous versus organic solvent-based extraction methods. *Food Research International* 62: 1087–1094.
- van Broekhoven, S., Bastiaan-Net, S., de Jong, N. W., Wichers, H. J. (2016): Influence of processing and in vitro digestion on the allergic cross-reactivity of three mealworm species. *Food Chem.* 196, 1075–1083.
- van Huis, A. 2013. Potential of insects as food and feed in assuring food security. *Annual Review of Entomology*, 58: 563–583.
- van Huis, A., van Itterbeeck, J., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G., Vantomme, P. 2013. Edible insects: future prospects for food and feed security. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. ISSN 0258-6150.
- Verhoeckx, K. C. M., van Broekhoven, S., den Hartog-Jager, C. F., Gaspari, M. et al. (2014): House dust mite (Der p 10) and crustacean allergic patients may react to food containing yellow mealworm proteins. *Food Chem. Toxicol.* 65, 364–373.
- Wales, A. D., Carrique-Mas, J. J., Rankin, M., Bell, B. et al. (2010): Review of the carriage of zoonotic bacteria by arthropods, with special reference to Salmonella in mites, flies and litter beetles. *Zoonoses Public Health*, 57, 299–314.
- Wuthrich, B., Kagi, M. K., Stucker, W. (1997): Anaphylactic reactions to ingested carmine (E120). *Allergy*, 52, 1133–1137.
- Xiaoming, Ch., Ying, F., Hong, Z., Zhiyong, Ch. 2008. Review of the nutritive value of edible insects. *Edible insects and other invertebrates in Australia: future prospects*. 65–84. In:
- Durst, P. B., Johnson, D. V., Leslie, R. N., Shono, K. 2008. Forest insects as food: humans bite back. *Proceedings of a workshop on Asia-Pacific resources and their potential for*
- Finke, M. D. 2002. Complete nutrient composition of commercially raised invertebrates used as food for insectivores. *Zoo Biology*, 21: 269–285.
- Finke, M. D. 2004. Nutrient Content of Insects. In: Capinera J. L. (Ed.), *Encyclopedia of Entomology*, Kluwer Academic, Dordrecht, London, 1562–1575.
- Finke, M. D. 2007. Estimate of chitin in raw whole insects. *Zoo Biology*. 26: 105–115.
- Giaccone, V. 2005. Hygiene and health features of “minilivestock”. In Paoletti, M. G. (Ed.), *Ecological implications of minilivestock; role of rodents, frogs, snails, and insects for sustainable development*. New Hampshire. Science Publishers. 579–598.
- Godfray, H. C. J., Crute, I. R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J. F., Nisbett, N., et al. 2010. The future of the global food system. *Philosophical Transactions of the Royal Society Biological Sciences*, 365: 2769–2777.
- Goodman, W.G. 1989. Chitin: A magic bullet? *The Food Insects Newsletter*, 2: 6–7.
- Guerrini, A., Bruni, R., Maietti, S., Poli, F., Rossi, D., Paganetto, G., Muzzoli, M., Scalvenzi, L., Sacchetti, G. 2009. Ecuadorian stingless bee (Meliponinae) honey: A chemical and functional profile of an ancient health product. *Food Chemistry*, 114: 1413–1420.
- Gupta, A. K., Nayduch, D., Verma, P., Shah, B. et al. (2012): Phylogenetic characterization of bacteria in the gut of house flies (*Musca domestica* L.). *FEMS Microbiol. Ecol.* 79, 581–593.
- Hemmer, W. (2010): Insects as a cause for allergic reactions. *Denisia*, 381–409.
- Hogenhout, S. A., Ammar el, D., Whitfield, A. E., Redinbaugh, M. G. (2008): Insect vector interactions with persistently transmitted viruses. *Annu. Rev. Phytopathol.* 46, 327–359.
- Holzhauser, T., Wackermann, O., Ballmer-Weber, B. K., Bindslev-Jensen, C. et al. (2009): Soybean (*Glycine max*) allergy in Europe: Gly m 5 (β -conglycinin) and Gly m 6 (glycinin) are potential diagnostic markers for severe allergic reactions to soy. *J. Allergy Clin. Immunol.* 123, 452–458.
- Choi, G. S., Shin, Y. S., Kim, J. E., Ye, Y. M., Park, H. S. (2010): Five cases of food allergy to vegetable worm (*Cordyceps sinensis*) showing cross-reactivity with silkworm pupae. *Allergy*, 65, 1196–1197.
- Kamath, S. D., Abdel Rahman, A. M., Komoda, T., Lopata, A. L. (2013): Impact of heat processing on the detection of the major shellfish allergen tropomyosin in crustaceans and molluscs using specific monoclonal antibodies. *Food Chem.* 141, 4031–4039.
- Kinyuru, J. N., Konyole, S. O., Roos, N., Onyango, Ch. A., Owino, V. O., Owuor B. O., Estambale, B. B., Friis, H., Aagaard-Hansen, J., Kenji, G. M. 2013. Nutrient composition of four species of winged termites consumed in western Kenya. *Journal of Food Composition and Analysis* 30: 120–124.

Ji, K. M., Zhan, Z. K., Chen, J. J., Liu, Z. G. (2008): Anaphylactic shock caused by silkworm pupa consumption in China. *Allergy*, 63, 1407–1408.

Klunder, H. C., Wolkers-Rooijackers, J., Korpela, J. M., Nout, M. J. R. 2012. Microbiological aspects of processing and storage of edible insects. *Food Control*. 26: 628–631.

Koura, E. A., Kamel, E. G. (1990): A study of the protozoa associated with some harmful insects in the local environment. *J. Egypt. Soc. Parasitol.* 20, 105–115.

Lee, K. P., Simpson, S. J., Wilson, K. 2008. Dietary protein-quality influences melanization and immune function in an insect. *Functional Ecology*. 22: 1052–1061.

Lesnik, J. J. 2014. Termites in the hominin diet: A meta-analysis of termite genera, species and castes as a dietary supplement for South African robust australopithecines. *Journal of Human Evolution* 71: 94-104.

Leung, P. S., Chow, W. K., Duffey, S., Kwan, H. S. et al. (1996): IgE reactivity against a cross-reactive allergen in crustacea and mollusca: evidence for tropomyosin as the common allergen. *J. Allergy Clin. Immunol.* 98, 954–961.

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, 3769–3776.

Meyer-Rochow, V. B., 2009. Food taboos: Their origins and purposes. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 5: 1-10.

Muzzarelli, R. A. A., Terbojevich, M., Muzzarelli, C., Miliani, M., Francescangeli, O. 2001. Partial depolymerization of chitosan with the aid of papain. In Muzzarelli, R. A. A. ed. *Chitin Enzymology*. Italy. Atec. 405–414.

Muzzarelli, R. A. A. 2010. Chitins and chitosans as immunoadjuvants and non-allergenic drug carriers. *Marine Drugs*, 8: 292-312.

Nishimune, T., Watanabe, Y., Okazaki, H., Akai, H. (2000): Thiamin is decomposed due to *Anophe* spp. entomophagy in seasonal ataxia patients in Nigeria. *J. Nutr.* 130, 1625–1628.

Oonincx D. G. A. B., van Itterbeeck J., Heetkamp M. J. W., van den Brand H., van Loon J. J. A., 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. Dostupné z: <
<http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0014445>>

Oonincx, D. G. A. B., van der Poel, A. F. B. 2011. Effects of diet on the chemical composition of migratory locusts (*Locusta migratoria*). *Zoo Biology*, 30: 9–16.

Oonincx, D. G. A. B., Dierenfeld, E. S., 2011. An investigation into the chemical composition of alternative invertebrate prey. *Zoo Biology*, 29: 1-15.

Ji, K. M., Zhan, Z. K., Chen, J. J., Liu, Z. G. (2008): Anaphylactic shock caused by silkworm pupa consumption in China. *Allergy*, 63, 1407–1408.

Klunder, H. C., Wolkers-Rooijackers, J., Korpela, J. M., Nout, M. J. R. 2012. Microbiological aspects of processing and storage of edible insects. *Food Control*. 26: 628–631.

Koura, E. A., Kamel, E. G. (1990): A study of the protozoa associated with some harmful insects in the local environment. *J. Egypt. Soc. Parasitol.* 20, 105–115.

Lee, K. P., Simpson, S. J., Wilson, K. 2008. Dietary protein-quality influences melanization and immune function in an insect. *Functional Ecology*. 22: 1052–1061.

Lesnik, J. J. 2014. Termites in the hominin diet: A meta-analysis of termite genera, species and castes as a dietary supplement for South African robust australopithecines. *Journal of Human Evolution* 71: 94-104.

Leung, P. S., Chow, W. K., Duffey, S., Kwan, H. S. et al. (1996): IgE reactivity against a cross-reactive allergen in crustacea and mollusca: evidence for tropomyosin as the common allergen. *J. Allergy Clin. Immunol.* 98, 954–961.

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, 3769–3776.

Meyer-Rochow, V. B., 2009. Food taboos: Their origins and purposes. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 5: 1-10.

Muzzarelli, R. A. A., Terbojevich, M., Muzzarelli, C., Miliani, M., Francescangeli, O. 2001. Partial depolymerization of chitosan with the aid of papain. In Muzzarelli, R. A. A. ed. *Chitin Enzymology*. Italy. Atec. 405–414.

Muzzarelli, R. A. A. 2010. Chitins and chitosans as immunoadjuvants and non-allergenic drug carriers. *Marine Drugs*, 8: 292-312.

Nishimune, T., Watanabe, Y., Okazaki, H., Akai, H. (2000): Thiamin is decomposed due to *Anophe* spp. entomophagy in seasonal ataxia patients in Nigeria. *J. Nutr.* 130, 1625–1628.

Oonincx D. G. A. B., van Itterbeeck J., Heetkamp M. J. W., van den Brand H., van Loon J. J. A., 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. Dostupné z: <
<http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0014445>>

Oonincx, D. G. A. B., van der Poel, A. F. B. 2011. Effects of diet on the chemical composition of migratory locusts (*Locusta migratoria*). *Zoo Biology*, 30: 9–16.

Oonincx, D. G. A. B., Dierenfeld, E. S., 2011. An investigation into the chemical composition of alternative invertebrate prey. *Zoo Biology*, 29: 1-15.

Paoletti, M. G., Norberto, L., Damini, R., Musumeci, S. 2007. Human gastric juice contains chitinase that can degrade chitin. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 51: 244–251.

Ramos-Elorduy, J., Pino, J. M., 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: 142–157.

Parola, P., Davoust, B., Raoult, D. (2005): Tick – and flea-borne rickettsial emerging zoonoses. *Vet. Res.* 36, 469–492.

Phoku, J. Z., Barnard, T. G., Potgieter, N., Dutton, M. F. (2014): Fungi in housefly (*Musca domestica* L.) as a disease risk indicator—a case study in South Africa. *Acta Trop.* 140, 158–165.

Platts-Mills, T. A., Schuyler, A. J., Tripathi, A., Commins, S. P. (2015): Anaphylaxis to the carbohydrate side chain alpha-gal. *Immunol. Allergy Clin. North Am.* 35, 247–260.

Pomes, A., Arruda, L. K. (2014): Investigating cockroach allergens: aiming to improve diagnosis and treatment of cockroach allergic patients. *Methods*, 66, 75–85.

Ramos-Elorduy, J. 1998. *Hmyz na talíři: Labužníkův průvodce po světě jedlého hmyzu*. Volvox Globator, Praha, 126 s. ISBN 80-7207-193-9.

Reese, G., Ayuso, R., Lehrer, S. B. (1999): Tropomyosin: an invertebrate pan-allergen. *Int. Arch. Allergy Immunol.* 119, 247–258.

Reineke, K., Doehner, I., Schlumbach, K., Baier, D., Mathys, A., Knorr, D. 2012. The different pathways of spore germination and inactivation in dependence of pressure and temperature. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 13: 31–41.

Rumpold, B. A., Schlüter, O. K. 2013. Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular Nutrition and Food Research*. 57: 802–823.

Shantibala, T., Lokeshwari, R. K., Debaraj, H. (2014): Nutritional and antinutritional composition of the five species of aquatic edible insects consumed in Manipur, India. *J. Insect Sci.* 14, 1–10.

Skov, M. N., Spencer, A. G., Hald, B., Petersen, L. et al. (2004): The role of litter beetles as potential reservoir for *Salmonella enterica* and thermophilic *Campylobacter* spp. between broiler flocks. *Avian Dis.* 48, 9–18.

Sogbesan, A., Ugwumba, A. 2008. Nutritional evaluation of termite (*Macrotermes subhyalinus*) meal as animal protein supplements in the diets of *Heterobranchius longifilis*. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Science*. 8: 149–157.

Paoletti, M. G., Norberto, L., Damini, R., Musumeci, S. 2007. Human gastric juice contains chitinase that can degrade chitin. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 51: 244–251.

Ramos-Elorduy, J., Pino, J. M., 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: 142–157.

Parola, P., Davoust, B., Raoult, D. (2005): Tick – and flea-borne rickettsial emerging zoonoses. *Vet. Res.* 36, 469–492.

Phoku, J. Z., Barnard, T. G., Potgieter, N., Dutton, M. F. (2014): Fungi in housefly (*Musca domestica* L.) as a disease risk indicator—a case study in South Africa. *Acta Trop.* 140, 158–165.

Platts-Mills, T. A., Schuyler, A. J., Tripathi, A., Commins, S. P. (2015): Anaphylaxis to the carbohydrate side chain alpha-gal. *Immunol. Allergy Clin. North Am.* 35, 247–260.

Pomes, A., Arruda, L. K. (2014): Investigating cockroach allergens: aiming to improve diagnosis and treatment of cockroach allergic patients. *Methods*, 66, 75–85.

Ramos-Elorduy, J. 1998. *Hmyz na talíři: Labužníkův průvodce po světě jedlého hmyzu*. Volvox Globator, Praha, 126 s. ISBN 80-7207-193-9.

Reese, G., Ayuso, R., Lehrer, S. B. (1999): Tropomyosin: an invertebrate pan-allergen. *Int. Arch. Allergy Immunol.* 119, 247–258.

Reineke, K., Doehner, I., Schlumbach, K., Baier, D., Mathys, A., Knorr, D. 2012. The different pathways of spore germination and inactivation in dependence of pressure and temperature. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 13: 31–41.

Rumpold, B. A., Schlüter, O. K. 2013. Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular Nutrition and Food Research*. 57: 802–823.

Shantibala, T., Lokeshwari, R. K., Debaraj, H. (2014): Nutritional and antinutritional composition of the five species of aquatic edible insects consumed in Manipur, India. *J. Insect Sci.* 14, 1–10.

Skov, M. N., Spencer, A. G., Hald, B., Petersen, L. et al. (2004): The role of litter beetles as potential reservoir for *Salmonella enterica* and thermophilic *Campylobacter* spp. between broiler flocks. *Avian Dis.* 48, 9–18.

Sogbesan, A., Ugwumba, A. 2008. Nutritional evaluation of termite (*Macrotermes subhyalinus*) meal as animal protein supplements in the diets of *Heterobranchius longifilis*. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Science*. 8: 149–157.

Sponheimer, M., Lee-Thorp, J. A., 1999. Oxygen isotopes in enamel carbonate and their ecological significance. *Journal of Archaeological Science*, 26: 723-728.

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

Suchý, p., Straková, E., Herzig, I. (2017): Nutriční hodnota bezobratlých živočichů a jejich využití ve výživě (současnost a perspektivy). *Vědecký výbor výživy zvířat, VÚŽV*, 82 s.

Till, J. S., Majmudar, B. N. (1981): Cantharidin poisoning. *South Med. J.* 74, 444–447.

Tong, L., Yu, X., Lui, H. 2011. Insect food for astronauts: gas exchange in silkworms fed on mulberry and lettuce and the nutritional value of these insects for human consumption during deep space flights. *Bulletin of Entomological Research*, 101: 613–622.

Tzompa-Sosa, D. A., Liya Yi, Hein J. F. van Valenberg, Martinus A. J. S. van Boekel, Catriona M.M. Lakemond 2014. Insect lipid profile: aqueous versus organic solvent-based extraction methods. *Food Research International* 62: 1087-1094.

van Broekhoven, S., Bastiaan-Net, S., de Jong, N. W., Wichers, H. J. (2016): Influence of processing and in vitro digestion on the allergic cross-reactivity of three mealworm species. *Food Chem.* 196, 1075–1083.

van Huis, A. 2013. Potential of insects as food and feed in assuring food security. *Annual Review of Entomology*, 58: 563-583.

van Huis, A., van Itterbeeck, J., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G., Vantomme, P. 2013. Edible insects: future prospects for food and feed security. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. ISSN 0258-6150.

Verhoeckx, K. C. M., van Broekhoven, S., den Hartog-Jager, C. F., Gaspari, M. et al. (2014): House dust mite (Der p 10) and crustacean allergic patients may react to food containing yellow mealworm proteins. *Food Chem. Toxicol.* 65, 364–373.

Wales, A. D., Carrique-Mas, J. J., Rankin, M., Bell, B. et al. (2010): Review of the carriage of zoonotic bacteria by arthropods, with special reference to Salmonella in mites, flies and litter beetles. *Zoonoses Public Health*, 57, 299–314.

Wuthrich, B., Kagi, M. K., Stucker, W. (1997): Anaphylactic reactions to ingested carmine (E120). *Allergy*, 52, 1133–1137.

Xiaoming, Ch., Ying, F., Hong, Z., Zhiyong, Ch. 2008. Review of the nutritive value of edible insects. *Edible insects and other invertebrates in Australia: future prospects*. 65-84. In:

Durst, P. B., Johnson, D. V., Leslie, R. N., Shono, K. 2008. Forest insects as food: humans bite back. *Proceedings of a workshop on Asia-Pacific resources and their potential for*

Sponheimer, M., Lee-Thorp, J. A., 1999. Oxygen isotopes in enamel carbonate and their ecological significance. *Journal of Archaeological Science*, 26: 723-728.

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

Suchý, p., Straková, E., Herzig, I. (2017): Nutriční hodnota bezobratlých živočichů a jejich využití ve výživě (současnost a perspektivy). *Vědecký výbor výživy zvířat, VÚŽV*, 82 s.

Till, J. S., Majmudar, B. N. (1981): Cantharidin poisoning. *South Med. J.* 74, 444–447.

Tong, L., Yu, X., Lui, H. 2011. Insect food for astronauts: gas exchange in silkworms fed on mulberry and lettuce and the nutritional value of these insects for human consumption during deep space flights. *Bulletin of Entomological Research*, 101: 613–622.

Tzompa-Sosa, D. A., Liya Yi, Hein J. F. van Valenberg, Martinus A. J. S. van Boekel, Catriona M.M. Lakemond 2014. Insect lipid profile: aqueous versus organic solvent-based extraction methods. *Food Research International* 62: 1087-1094.

van Broekhoven, S., Bastiaan-Net, S., de Jong, N. W., Wichers, H. J. (2016): Influence of processing and in vitro digestion on the allergic cross-reactivity of three mealworm species. *Food Chem.* 196, 1075–1083.

van Huis, A. 2013. Potential of insects as food and feed in assuring food security. *Annual Review of Entomology*, 58: 563-583.

van Huis, A., van Itterbeeck, J., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G., Vantomme, P. 2013. Edible insects: future prospects for food and feed security. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. ISSN 0258-6150.

Verhoeckx, K. C. M., van Broekhoven, S., den Hartog-Jager, C. F., Gaspari, M. et al. (2014): House dust mite (Der p 10) and crustacean allergic patients may react to food containing yellow mealworm proteins. *Food Chem. Toxicol.* 65, 364–373.

Wales, A. D., Carrique-Mas, J. J., Rankin, M., Bell, B. et al. (2010): Review of the carriage of zoonotic bacteria by arthropods, with special reference to Salmonella in mites, flies and litter beetles. *Zoonoses Public Health*, 57, 299–314.

Wuthrich, B., Kagi, M. K., Stucker, W. (1997): Anaphylactic reactions to ingested carmine (E120). *Allergy*, 52, 1133–1137.

Xiaoming, Ch., Ying, F., Hong, Z., Zhiyong, Ch. 2008. Review of the nutritive value of edible insects. *Edible insects and other invertebrates in Australia: future prospects*. 65-84. In:

Durst, P. B., Johnson, D. V., Leslie, R. N., Shono, K. 2008. Forest insects as food: humans bite back. *Proceedings of a workshop on Asia-Pacific resources and their potential for*

development. Thailand. Chiang Mai. 19th – 21st February 2008. 231 p.

Xiaoming, Ch., Ying, F., Hong, Z., Zhiyong, Ch. 2010. Review of the nutritive value of edible insects. In: Durst, P. B., Johnson, D. V., Leslie, R. L., Shono, K. Forest insects as food: humans bite back. Proceedings of a workshop on Asia-Pacific resources and their potential for development. Bangkok. FAO Regional Office for Asia and the Pacific.

Yew, K. L., Kok, V. S. (2012): Exotic food anaphylaxis and the broken heart: sago worm and takotsubo cardiomyopathy. *Med. J. Malaysia*, 67, 540–541. 52

Yun, J. H., Roh, S. W., Whon, T. W., Jung, M. J. et al. (2014): Insect gut bacterial diversity determined by environmental habitat, diet, developmental stage, and phylogeny of host.

Appl. Environ. Microbiol. 80, 5254–5264.

Zagrobleny, M., Dreon, A. L., Gomiero, T., Marcazzan, G. L., Glaring, M. A., Moller, B. L., Paoletti, M. G. 2009. Toxic moths: source of a truly safe delicacy. *Journal of Ethnobiology*, 29: 64-76.

development. Thailand. Chiang Mai. 19th – 21st February 2008. 231 p.

Xiaoming, Ch., Ying, F., Hong, Z., Zhiyong, Ch. 2010. Review of the nutritive value of edible insects. In: Durst, P. B., Johnson, D. V., Leslie, R. L., Shono, K. Forest insects as food: humans bite back. Proceedings of a workshop on Asia-Pacific resources and their potential for development. Bangkok. FAO Regional Office for Asia and the Pacific.

Yew, K. L., Kok, V. S. (2012): Exotic food anaphylaxis and the broken heart: sago worm and takotsubo cardiomyopathy. *Med. J. Malaysia*, 67, 540–541. 52

Yun, J. H., Roh, S. W., Whon, T. W., Jung, M. J. et al. (2014): Insect gut bacterial diversity determined by environmental habitat, diet, developmental stage, and phylogeny of host.

Appl. Environ. Microbiol. 80, 5254–5264.

Zagrobleny, M., Dreon, A. L., Gomiero, T., Marcazzan, G. L., Glaring, M. A., Moller, B. L., Paoletti, M. G. 2009. Toxic moths: source of a truly safe delicacy. *Journal of Ethnobiology*, 29: 64-76.



Ambis.



Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Education and Culture Executive Agency (EACEA).

Neither the European Union nor EACEA can be held responsible for them. Financované Európskou úniou.

Vyjadrené názory a postoje sú názormi a vyhláseniami autora(-ov) a nemusia nevyhnutne odrážať názory a stanoviská Európskej únie alebo Európskej výkonnej agentúry pre vzdelávanie a kultúru (EACEA). Európska únia ani EACEA za ne nepreberajú žiadnu zodpovednosť.



Co-funded by
the European Union