



БЪЛГАРСКА
НАУКА
НАУЧИ ПОВЕЧЕ

**Здравните рискове от ентомофагията (консумацията на насекоми) –
паразити, патогени, алергени, токсичност**



Здравните рискове от ентомофагията (консумацията на насекоми) – паразити, патогени, алергени, токсичност

Ентомофагията е нова практика за Европа и е нормално да предизвиква недоверие, и да изисква адекватни отговори на редица въпроси. Има дискусия относно насекомите като потенциално устойчив източник на протеини за бързо нарастващото световно население. Бъдещото търсене на храни и протеини от животински произход ще изискват екологично чисти, нови източници на храна. Насекомите са един от тези нови/алтернативни източници, но съществуват потенциални рискове и затова трябва да бъдат щателно проучени въпросите, свързани с производството, преработката и употребата на насекоми. Използването им като храна е добре известно и традиционно в човешката история, то датира от праисторически времена. Първите данни за насекомите, като храна за човека са от VIII век пр.н.е. в Близкия изток. Необходимо са обаче повече проучвания и оценки, относно това, кои видове насекоми са подходящи за

индустриално отглеждане, обработка, осигуряване на безопасност и контрол на процесите, свързани с тази дейност. Общия брой на видовете ядливи насекоми по света не е уточнен, като се увеличава с времето от 1000 (данни от 1997 г.) до над 2000 вида (данни от 2018 г.). Според глобална оценка, най-често консумираните насекоми от хората са бръмбари (31%, основно ларвите), гъсеници (18%), пчели, оси и мравки (14%), скакалци и щурци (13%). Консумацията на цикади, термити, водни кончета, мухи е в рамките 3-5%. Все още обаче, се дискутират рисковете, свързани с употребата на насекоми или насекомни протеини, твърди проф. Миклош Мизеш от Университета по Селско стопанство и природни науки – Сент Ищван, Унгария. Тези опасности/рискове включват различни замърсители, като тежки метали, микотоксини, остатъци от пестициди, паразити, патогени и други фактори. Органът по безопасност

на храните на ЕС (EFSA) първоначално публикува оценка на риска от използване на насекоми като източник на храна за човешка консумация. Там се заключава, че възможното наличие на биологични и химични агенти в хранителните продукти, получени от насекоми, зависи от начинът на производство/отглеждане, насекомия субстрат, видът насекомо, стадият от жизнения цикъл на развитие, използван за храна и методите на последваща обработка. Все още има липса на достатъчно научно обосновани данни по отношение на обработката на насекоми, за да се гарантира безопасността при производството им като суровина и храна, особено когато тези процеси се извършват в индустриален мащаб.

Хранителна стойност на насекомите

За много хора, основно в Югоизточна Азия, Латинска Америка и Африка, насекомите са пълноценна храна, поради високия си процент сухо вещество (20–76%) и съдържание на ценен протеин, но това съдържание е силно променливо в зависимост от видовете насекоми и от стадия на развитие (ларва, какавида, възрастно). Доказано насекомите съдържат измеримо количество протеини с незаменими аминокиселини като триптофан, лизин и хистидин. Протеините в насекоми варират (77–98%) и са бързо усвоими. Съдържанието на мазнини също е променливо (2–50% от сухото вещество) в зависимост от вида и стадия, с различ-





но съдържание на мастни киселини, като напр палмитинова киселина (8–38%), олеинова киселина (9–48%) и до 70% ненаситени мастни киселини. Съдържанието на въглехидрати (2,7 до 49,8 mg на kg свежо вещество) е главно хитин (основният компонент на екзоскелета), а наличието на хитин в екзоскелета, понижава усвояемостта. До голяма степен се смята, че хитинът е несмилаем от хората, въпреки че хитиназата – ензимът, който го разгражда е открит в човешки стомашен сок. Насекомите също съдържат микроелементи (мед, желязо, манган, селен и цинк) и витамини (рибофлавин, пантотенова киселина, биотин, в някои случаи, фолиева киселина). Съдържанието на микроелементи и витамини в насекомите обаче се променя сезонно и зависи от храната им. Методите за приготвяне и обработка (напр. сушене, варене или пържене), приложени преди консумация, също повлияват на хранителната стойност и състава. Няколко отделни проучвания анализират хранителната стойност на ядливите насекоми. Въпреки това, тези данни не винаги са сравними поради различията между видовете насекоми и поради различни методологии, използвани за анализ на съединенията, и това е констатирано от Организацията по храни и земеделие (FAO) на ООН. Освен това, в много от случаите, често консумирани насекоми съставляват част от конкретни традиционни местни диети в определени геотрафски райони т.е. те са ограничени регионално в тяхната употреба.

Проучванията за безопасността на храните от насекоми са ограничени и някои „безопасни“ насекоми може да се окажат нездравословни, ако съдържат алергени или се хранят с растения, произхождащи от замърсени райони. Извън ЕС има фор-



мирана традиция, където използването на насекоми за храна от хората, на практика по-скоро се толерира, отколкото се регулира. Много страни с ниски доходи обаче нямат политики за контролиране използването на агрохимикали в райони, където хората събират ядливи насекоми, и потребителите имат малко или никакви познания за потенциалните последици от храненето с изложени на химикали насекоми. В ЕС има регламент (2015/2283/ЕС) за насекомите като нова храна (ЕС, 2015), което отчасти се основава на скорошно становище на EFSA относно безопасността им като храна (EFSA, 2015 г.). Наредбата определя насекомите, които могат да се използват като нова храна,

но други видове насекоми също могат да се използват като храна в страните от ЕС. Съюзът регулира въвеждането на части от насекомен произход в хранителната верига, което също може да се използва и трябва да отговаря на приложения I и II на Регламент 852/2004/ЕО. В противен случай трябва да се спазва целият процес на производство на протеини от насекоми регламентите за хигиена на храните (852/2004/ЕО и 853/2004/ЕО). Към днешна дата, Европейското законодателство не е категорично по няколко въпроса, относно използването на нови източници на протеини, като насекоми в хранителни продукти. Освен това, обработката, съхранението и транс-

портирането на насекоми също изискват специални изисквания за запазване безопасността на храните. Наскоро ЕС регламентира (2017/893/ЕС) разпоредбите за общи критерии за производство на протеини от насекоми и на насекоми въобще, с особено внимание към суровините, използвани за хранене на насекоми и техните ларви.

Консумацията на насекоми има дългогодишна традиция извън ЕС, поради тази причина в Европа насекомите са определени като традиционна храна от трети страни!

Микробна безопасност

Насекомите са свързани с определени видове микроорганизми, които могат да повлияят на тяхната безопасност като храна. Наличието на патогенни бактерии се влияе от хигиенните условия на субстрата и околната среда, а именно условията на отглеждане. И двете – насекоми, събрани в природата или отгледани върху фермите могат да бъдат заразени с патогенни микроорганизми, като бактерии (*Staphylococcus*, *Bacillus*, *Campylobacter*, *Pseudomonas*, *Micrococcus*, *Acinetobacter*, *Proteus*, *Escherichia*, *Enterobacteriaceae* и други



спорообразуващи бактерии), също вируси, гъбички и протозои. Разпространението на тези патогени обикновено е по-ниско, отколкото в групи непреработени източници на животински протеин, тъй като няма активно възпроизвеждане на патогените срещащи се в чревния тракт на насекомите, както е доказано за *Campylobacter jejuni*. Предаването на приони чрез ядливи насекоми не е доказано но само някои ектопаразитни насекоми, като *Hypoderma bovis* и *Oestrus ovis*, са откривани, като възможни преносители на инфекции. Освен това рискът от предаване на бактерии могат да бъдат минимизирани чрез ефективна обработка. Проучване върху четири търговски вида насекоми (*Zooprophas morio*, *Tenebrio molitor*, *Galleria mellonella* и *Acheta domesticus*) показват висок общ микробен заряд (10^5 до 10^6 CFU g⁻¹) върху проби, произхождащи от ферма със затворен цикъл. Данните показват главно грам-положителни бактерии, като фекални и общи колиформи. Грам-положителната колония е формирана предимно от *Micrococcus* spp., *Lactobacillus* spp. (10^5 CFU g⁻¹) и *Staphylococcus* spp. (приблизително 10^3 CFU g⁻¹). Представители на *Salmonella* spp. и *Listeria monocytogenes* не са изолирани от тестваните проби. Патогените на насекомите са таксономично различни от патогените на гръбначните животни и могат да бъдат считани за безвредни за хората. Насекомите също имат асоциирани микроорганизми в червата си (чревна флора), но тези организми не



могат да се разглеждат като потенциално патогенни за хората. Спорите на различни микроорганизми могат да присъстват върху обвивките на насекомите, включително тези микроорганизми, които растат сапротрофно върху ядливи насекоми продукти. Насекомите са таксономично

силно отдалечени от хората; следователно се очаква рискът от зоонозни инфекции да е нисък. Независимо от това, насекомите могат да бъдат потенциални вектори на медицински значими патогени. Рискът от зоонозни инфекции (предаване на болести от хора на животни и обратно) може да се повиши с небрежното използване на отпадъчни продукти, нехигиеничното боравене и директния контакт между отглежданите във ферми насекоми и насекомите извън фермата, поради слаба биосигурност (EFSA, 2012). Отглеждането на насекоми може да осигури контрол върху хигиенните практики и безопасни източници на храна за насекоми, смекчавайки потенциалните микробиологични опасности. Значението на хигиеничното боравене и правилното съхранение е изследвано в лабораторни експерименти. Микробиологичното съдържание на отглеждани във ферми ларви на жълт брашнен червей (*Tenebrio molitor*) и домашни щурци (*Acheta domesticus*) може да бъде частично елиминирано чрез кипене на насекомите във вода за няколко минути, но е установено, че спорите оцеляват при този процес, с потенциала да покълнат и бактериите да растат при благоприятни условия. Такива спорообразуващи бактерии са открити в червата и по обвивката на насекомите. Само изпичането не убива всички *Enterobacteriaceae*; затова се препоръчва няколко минути варене преди това. Алтернативни техники за консервиране са сушене и подкисляване. Млечната ферментация води до успешно подкисля-

ване и беше доказано, че е ефективна за запазване на срока на годност и безопасността чрез контрол на ентеробактерии и бактериални спори. За разлика от това, че представляват потенциална микробна опасност, за някои ядливи насекоми е известно, че съдържат антибактериални пептиди. Установено е, че тези пептиди инхибират щамове на чревни патогени като *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella typhimurium*, *Shigella dysenteriae*, *Staphylococcus aureus* и *Bacillus subtilis*.

Плесени и микотоксини

Изсушаването на насекомите ограничава растежа на повечето микроорганизми, но във влажни зони изсушените насекоми са податливи на поемане на влага, което може да предизвика растеж на мухъл, следователно етапът на допълнително нагряване е необходим преди консумация. Известно е, че около 1000 вида гъбички заразяват и убиват насекоми, но много малко от тях произвеждат микотоксини. Термичната обработка е подходяща практика срещу плесени, но тя не може елиминира микотоксините, поради изключителната им устойчивост на топлина. Информацията за заразяването с микотоксини на ядливите насекоми е оскъдна. Инфекцията с мухъл от род *Aspergillus* и замърсяването с афлатоксини са били проверени в ядлив скакалец (*Imbrasia belina*), а нивото на общите афлатоксини варира от 0–50 µg на kg продукт. Мак-

сималното безопасно количество на общите афлатоксини, определено от ЕС, е 10–15 µg на kg за храни от растителен произход, но няма регламент за храни от животински произход, включително насекоми (ЕО 1991/2006). Въпреки това, честата консумация на замърсени храни за по-дълги периоди, може да представлява риск за здравето.

Паразити

Паразитите също представляват потенциална опасност във връзка с консумацията на насекоми. Метатеркарии (трематодни ларви) са открити при насекоми, консумирани в Югоизточна Азия. Съобщава се, за нов вид трематодни паразити от род *Plagiorchis* при хората, вероятно с произход след хранене с ларви на насекоми. Докладвани са случаи на нематоден паразит *Gongylonema pulchrum* при хора на много места по света, а междинните му гостоприемници са хлебарки. Миазата е заразяване на хора с ларви на джукри, което се случва, когато яйца на мухите достигнат стомашно-чревния тракт, но обикновената домашна муха рядко се съобщава като причина за миаза. Сред ядливите насекоми, *Hermetia illucens* може да бъде потенциален вектор. Насекомите също могат да бъдат потенциални биологични вектори на трипанозомоза, които са заразили около 10 милиона души по света (СЗО, 2010 г.). Има съобщения за някои случаи, свързващи инфекцията с поглъщане на насекоми. Сред други-

те потенциални патогени са паразитната амеба *Entamoeba histolytica* и камшичестия едноклетъчен чревен паразит *Giardia lamblia*, изолирани от хлебарки.

Важно е обаче да се отбележи, че в Европа не са разрешени за отглеждане хлебарки с цел консумация от хора.

Друг едноклетъчен паразит от групата на спорозоите *Cryptosporidium parvum* също е открит в насекоми, като се явява опасен за имунокомпрометирани хора, но обичайно предизвиква диария, която при имунологично здрави пациенти преминава за около 1 седмица. Много често инфекцията идва и от заразени с ооцисти (заразяващ стадий на паразита) храни (плодове и зеленчуци), и вода. Тези паразити могат да присъстват и в насекоми за храна, и това трябва да се има предвид, в случай на консумация на насекоми.

Масовото производство на бръмбара жълт брашнен червей *Tenebrio molitor* е сравнително ново, като индустрия и като информация за симбионтите на това насекомо. Следователно съобщените в него видове все още са ограничен брой. *T. molitor* обаче е организъм използван като модел за изследване на взаимодействията гостоприемник-паразит в продължение на няколко десетилетия, давайки ценни данни за неговия жизнен цикъл, проследен във времето и екологията му. В бъдеще ще бъде важно да се проследят и класифицират болестите по тези насекоми в

ролята им на гостоприемници, тъй като съоръженията за отглеждане на насекоми не са идентични с природни условия, и не винаги са добре оптимизирани спрямо вида. При такива неестествени условия на отглеждане с висока плътност е възможно появата на нов паразит, който може да се адаптира, да заразява насекоми, макар по-рано да е бил способен на колонизация само при експериментални условия. До голяма степен не е известно какви са ефектите на съоръженията за масово отглеждане на насекоми и как това би променило средата и взаимодействията върху гостоприемника, и дадено заболяване, което може да повлияе производството на насекоми. Поради тази причина, е важно да се изяснят физиологичните свойства на вероятни паразити както и екологич-

ния обхват на техните домакини, околната среда и еволюционни сили, движещи адаптацията и смяната на гостоприемника. Различни видове паразити могат да заразяват едновременно, което води до невъзможност да се определят при индивидуално изследване на паразити. С нарастването на масовото производство на *T. molitor* глобалното търсене на протеин от насекоми, ще бъде важно да се поддържат осведоменост за вида и тежестта на организмите засягащи запасите от насекоми. Това е особено важно за причинителите на болести, като се има предвид, че масовото отглеждане се практикува при висока плътност на насекоми, която благоприятства възникване на паразитни и инфекциозни огнища. Като също е важно продължаване на изследването на



евентуални ползи от мутуализма между организмите, което ще подпомогне осигуряването на добро здраве на отглежданите насекоми. Тези области на изследване биха могли до голяма степен да се развият чрез партньорствата между академичните институции, правителствени програми и индустрията, за да се идентифицират и контролират възникващи паразитози, които предизвикват особено безпокойство, като например, инфекция с цестоди/тении в насекомото – гостоприемник. Опаразитяването с *Hymenolepis diminuta* намалява активността на ларвите на *T. molitor* в сравнение със здрави индивиди и е свързана с намаляване на репродуктивността на мъжките и плодовитостта на женските насекоми. Освен това трябва да се следи наличието на цестоди и да се елиминират при масово отглежданите насекоми с цел осигуряване безопасността на крайния продукт. За откриване на инфекциозен стадий на цестоди при насекоми, се препоръчва използването на светлинен микроскоп, докато за характеризиране на видово ниво може да са необходими прилагането на молекулярни техники.

Алергични реакции към ядливи насекоми

Като повечето храни, съдържащи протеини, членестоногите могат да предизвикат IgE-медирувани алергични реакции в чувствителни хора. Тези алергени могат да причинят екзема, дерматит, ри-



нит, конюнктивит, конгестия, ангиоедем и бронхиална астма. Докато някои хора имат анамнеза за атопия (алергична свръхчувствителност), също е възможно да се развие алергична чувствителност при дълготрайна експозиция. По-голямата част от случаите са инхалаторни или контактни по природа. Проучванията предполагат, че хората с алергия към



насекоми се нуждае от допълнително изследване и е необходимо по-голямо внимание при разграничаването на токсични от алергични симптоми. Обработка, като кипене е със съмнителен ефект върху разрушаването на алергенните компоненти. За тези хора, които нямат анамнеза за чувствителност към членестоноги или алергени от насекоми, обикновено нямат придобита чувствителност за алергични реакции, дори ако ядат и/или са изложени дълготрайно на насекоми в значителни количества. Хитинът и неговите производни имат антивирусно и антитуморно действие, а ефектите му върху вродените ефекти на адаптивния имунен отговор при насекомите са признати едва наскоро. Предполага се, че хитинът е алерген, но той индуцира неспецифична резистентност на гостоприемника срещу инфекции от патогенни бактерии и вируси при гръбначни животни.

Токсичност, замърсяване на околната среда с метали и органични вещества

Някои видове насекоми се считат за токсични, поради което се вземат предпазни мерки. Токсични вещества се натрупва в насекомите след консумация на токсични растения, но насекомите синтезират и други токсини. Има обаче само няколко налични доклада на нежелани реакции, причинени от консумация на насекоми. Например, случаи на синдром на атаксия, се характеризират с тремор и различни нива на нарушено съзна-

морски дарове, също имат алергични реакции в случай на консумация на ядливи насекоми. Въпреки това са публикувани малко проучвания за алергичните реакции, дължащи се на поглъщане на насекоми и те не са доказали директна свръхчувствителност към насекомен протеин. Следователно рискът от хранителна алергия, свързан с консумацията на

ние след консумация на коприна буба (*Anaphe venata*) в югозападна Нигерия, вероятно поради неговата тиаминазна активност и вследствие на това дефицит на тиамин. Метаболитни стероиди, включително тестостерон и дехидротестостерон, са открити в бръмбари (семейство *Dytiscidae*), които могат да причинят забавяне на растежа, хипофертилност, оток, жълтеница и рак на черния дроб при хора. Хранителните продукти, получени от насекоми, могат да съдържат опасни химикали, напр. тежки метали, диоксини, пестициди и ветеринарни лекарства. Въпреки това, публикувани данни за опасни химикали в отглеждани насекоми, както и данни за натрупване/отделяне на химични замърсители от субстратите са много ограничени. Тежките метали не са пренебрежим проблем, тъй като те могат да бъдат биоакumulирани в насекомните тела. Например, открити са вредни метали от околната среда в мазнини, екзоскелет, репродуктивни органи и храносмилателни пътища на насекоми. Изследване върху ларвите на жълт брашнен червей (*Tenebrio molitor*) и черна муха войник (*Hermetia illucens*) показват, че насекомите натрупват кадмий, олово и арсен, когато се хранят със замърсени субстрати, като органична материя в почви, които съдържат тези метали или хербициди. Установено е високо съдържание на олово в изсушен скакалец и дехидратацията е довела до увеличаване на концентрацията на олово. Установено е изключително натрупване на селен в ларви на *Tenebrio*

molitor. Пестицидите, използвани срещу инвазивни насекоми, са потенциално опасни за потребителите, особено ако насекомите и продуктите от насекоми са получени по-скоро чрез диво събиране, отколкото при контролирано отглеждане. Това е истински проблем в някои развиващи се страни, където дори като годни за консумация се използват мъртви насекоми, главно скакалци и щурци, събрани след третиране с инсектициди. Според проучване в Кувейт, уловените скакалци не съдържат хлорни пестициди, но е открито относително голямо количество органофосфорни пестициди, вероятно поради използването на пестициди. Въпреки това, в случай на третиране с пестициди, само около 0,1% от приложените пестициди достигат целевите вредители, останалите 99,9% се разсейват в околната среда и могат да се натрупат в околната биота, почва и вода, следователно може да се натрупа в годни за консумация насекоми чрез субстрата, който се използва за хранене. Доказано е също наличието на бензохинон в насекоми, който е широко разпространен в растенията и се натрупва в насекоми, по-специално във видове от сем. *Tenebrionidae*. Поглъщането на този вид насекоми може да бъде цитотоксично за хората, но Международната агенция за изследване на рака (IARC) официално заявява, че няма епидемиологични налични данни за канцерогенността на 1,4-бензохинон и класифициран 1,4-бензохинон като потенциално неканцерогенен за хората. Обработката

на насекоми, също води до образуване на потенциално токсични съединения, като хетероциклени ароматни амини, като акриламид или фуран, и други съединения, като напр. хлоропропанол, поради термична обработка, но все още няма налични данни за тяхното съдържание в ядливи насекоми.

В заключение, консумацията на насекоми от хората винаги е била световна практика (но не и Европейска), особено в тези страни, където храната е в недостиг и безопасността на храните не е от съществено значение. Хранителната стойност на насекомите е сравнима с тази на други източници на животински протеини, като ракообразни, риба и месо. Насекомите имат висококачествено съдържание на протеин поради наличието на всички основни аминокиселини в препо-

ръчителните съотношения. От микробиологична гледна точка насекомите могат да съдържат различни видове патогенни бактерии, но една правилно управлявана ферма за насекоми може да остане чиста от патогени. Описана е и възможността насекомите да съдържат паразити, но този риск може да бъде минимизиран, тъй като паразитите са тясно свързани и с други характеристики на околната среда. Химическите рискове могат да бъдат намалени чрез избягване на консумацията на видове насекоми, които синтезират отрови и избягване на химическото биоакмулиране чрез контролирането му в програмите за хранене, за да се сведе до минимум използването на замърсен с химикали фураж (субстрат).



Доц. Данаил Таков (ИБЕИ – БАН)

