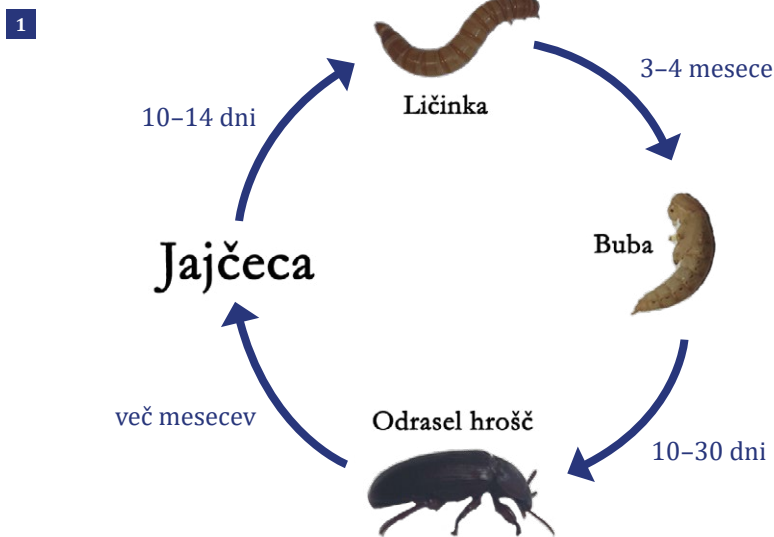


Mokarji (*Tenebrio molitor*) kot trajnostna super hrana prihodnosti

Besedilo in foto: Luka Bonin, Jan Hafner Korošec in Marko Jeran

Eden največjih izzivov 21. stoletja je zadovoljiti vedno večje povpraševanje po hrani in hkrati omejiti negativni vpliv kmetijstva na okolje in naravo. Z neprestanim večanjem človeške populacije se povečuje tudi potreba po beljakovinah živalskega izvora. Če želimo omejiti rabo kmetijskih zemljišč in degradacijo okolja ter s tem izgubo biodiverzitete, moramo poiskati trajnostne alternative konvencionalnim virom beljakovin. Zaradi slednjega sva prva avtorja prispevka, srednješolca tehniške gimnazije, skupaj z mentorjem z Instituta »Jožef Stefan«, Ljubljana zasnovala pilotno interdisciplinarno raziskovalno delo proizvodnje mokarjev. S kombinacijo metod znanstvenoraziskovalnega dela in aplikativne uporabe želimo razbliniti negotovosti glede uživanja alternativnih virov beljakovin in uporabiti izločke žuželk kot popoln nadomestek mineralnim gnojilom. Tako bi pokazali vsestransko uporabnost mokarja in njegovih izločkov tudi z vidika krožnega gospodarstva.

Žuželke predstavljajo vir hranil v vsakdanji prehrani mnogih kultur; na svetovni ravni lahko zasledimo uporabo skoraj 1.500 vrst žuželk v 113 različnih državah in približno 300 etničnih skupnosti. Zadnja leta je gojenje žuželk pritegnilo veliko pozornosti tako znanosti kot tudi javnosti, saj so žuželke smatrane kot alternativni in trajnostni vir hranil za živalsko krmo in človeško prehrano. Pomembne so zaradi visoke kalorične vrednosti in učinkovite pretvorbe organskih odpadkov v beljakovine. Dognano je bilo tudi, da v



Stopnje razvojnega kroga mokarja: jajčeca, ličinka, buba in odrasel hrošč.

primerjavi z mesno industrijo ustvarjajo veliko manjši ekološki odtis. V primerjavi s piščanci, prašiči in kravami, glede na rabo zemlje in vode ter manjšo količino izpustov toplogrednih plinov, omogočajo boljšo pretvorbo krme v meso. Med žuželkami, primernimi za komercialno gojenje, se je za najbolj obetavnega izkazal mokar (*Tenebrio molitor*).

Mokar spada v red hroščev, v družino črničev (*Tenebrionidae*). Vrsta izvira iz Evrazije, vendar se je zaradi človeške aktivnosti razširila v Severno Ameriko, Zahodno Evropo in Avstralijo. Odrasel hrošč je dolg 12–18 mm, podolgovate ovalne oblike in črnorjave barve. Ličinka mokarja je rumenkastozlate barve in je dolga do 25 mm. Mokarji imajo jasno ločene štiri stopnje razvoja (sl. 1), njihova preobraz-

ba je popolna. Samica izleže približno 500 jajčec bele barve, iz katerih se po približno dveh tednih izvalijo ličinke. Pogosto jih najdemo v skladiščenih kmetijskih proizvodih, zato jih obravnavamo kot »škodljivce« oz. gospodarsko pomembne vrste. Stopnja bube traja 10–30 dni. Za razliko od npr. metuljev, ki imajo hroščem podoben življenjski krog, bube nimajo nobene zunanje zaščite in so tako še posebej ranljive. Odrasel osebek, ki se izleže iz bube, živi nekaj mesecev.

Mokarji so v prehranski industriji cenjeni predvsem zaradi visoke vsebnosti beljakovin in maščob, kot tudi visoke kalorične vrednosti. Raziskave so pokazale, da so ličinke mokarja vsebovale 44,7–46,4 % beljakovin, 32,7–42,5 % maščob in 3,7–4,6 % vlaknin. Mokarji so tako odlični



A: Termično obdelane in izsušene ličinke mokarja; B: ličinke in bube mokarja v kartonu za razvrščanje in C: mokarji v zaboju za razmnoževanje, kjer se prehranjujejo s pšeničnimi otrobi.

Povprečna kalorijska vrednost in vrednosti sestave ličink mokarja ter konvencionalnih virov živalskih beljakovin.

(viri: de Carvalho in sod. (2019), *Journal of Functional Foods* 59: 101–109; Kim in sod. (2012), *International Journal of Industrial Entomology* 25/1: 93–98; Food Data Central: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/174032/nutrients>)

| | kalorijska vrednost [kcal/100 g] | beljakovine [%] | maščobe [%] | kalij [mg/100 g] | magnezij [mg/100 g] | natrij [mg/100 g] | fosfor [mg/100 g] |
|---------------------------|----------------------------------|-----------------|-------------|------------------|---------------------|-------------------|-------------------|
| mokarji (sušeni in mleti) | 539 | 44,7 | 37,6 | 837,3 | 173,6 | 222,8 | 703,1 |
| govedina | 250 | 20,1 | 0 | 382 | 26 | 52 | 212 |
| perutnina | 239 | 17,8 | 6,0 | 334 | 26 | 91 | 215 |
| svinjina | 242 | 22,0 | 1,6 | 343 | 24 | 42 | 208 |



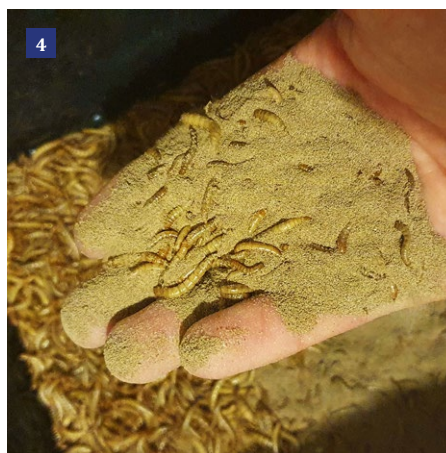
A: Mokarji v pad thau kot nadomestek mesa; B: toplotna obdelava in izsušitev mokarjev in C: piškoti z mokarji.

vir beljakovin ter imajo visoke vsebnosti aminokislin (vsebujejo vse esencialne aminokislino) in nekaterih mineralov. Med aminokislinami je prisoten največji delež glutamata, izolevcina, fenilalanina in tirozina. Maščobna sestava v večini zajema oleinsko (zastopana v visokem deležu – 43,2 %), palmitinsko in linolno kislino. Oleinsko kislino najpogosteje najdemo v rastlinah in je odgovorna za nižanje krvnega tlaka in količine holesterola, prisotnega v človeški krvi. Med maščobami predstavljajo velik delež omega-6 maščobne kisline (31,6 %), nujne za izgradnjo celičnih membran, in omega-3 maščobne kisline (46,1 %).

Če primerjamo vsebnosti beljakovin in maščob mokarjev s konvencionalnimi viri hranil, kot so govedina, svinjina in perutnina, vidimo, da mokarji vsebujejo več beljakovin in maščob ter nekaterih mineralov (glej preglednico), navkljub temu da potrebujejo manj hranil (krme in vode) in prostora ter proizvedejo manj toplogrednih plinov. Omeniti velja, da imajo prehranske komponente, ki jih zaužijejo mokarji, velik vpliv na njihovo sestavo, kar pomeni, da lahko s spreminjanjem njihove prehrane spreminjamo deleže hranil v njih. Glede na izmerjene podatke hranilnih vrednosti sta prebavljivost in absorpcija hranil iz žuželk nižja v primerjavi s konvencionalnimi viri beljakovin. Znatno delež njihovega telesa predstavlja hitin, ki je za človeka neprebavljiv, zato bi z njegovo odstranitvijo lahko dosegli podobne vrednosti absorpcije.

Zaradi blagega okusa se tako mokarji kot tudi žuželke na splošno zlahka vključijo v našo prehrano. V domači kuhinji smo iz mokarjev pripravili beljakovinske tablice, piškote in tajsko jed pad thai (sl. 3). Vsem jedem so mokarji dodali rahlo lešnikasto aromo, ki se je odlično podala z drugimi sestavinami, še posebej v pad thau. Do mokarjev kot alternative mesu ali zgoj kot prehranskega dodatka je še vedno veliko predsodkov, zaradi česar je njihova vključitev v našo prehrano znatno upočasnjena. Čeprav smo v času, kjer bi zaradi vidno slabšega stanja okolja že lahko prešli k modelu, prijaznejšemu za okolje in planet na splošno.

Ob obravnavi mokarjev nikakor ne smemo prezreti njihovih iztrebkov (sl. 4), ki so se izkazali za odlično alternativo mineralnim gnojilom na osnovi mešanice dušika, natrija in fosfatov. Njihovi iztrebki



Mokarji in njihovi iztrebki.

so tako učinkoviti kot mineralno gnojilo NPK, ki je aktivno pri povečevanju biomase ter privzemanja dušika (N), fosforja (P) in kalija (K). V primerjavi s klasičnim mineralnim gnojilom vsebujejo njihovi iztrebki 5-krat nižje vrednosti vodotopnega fosforja, kar pomeni, da se manjši delež fosforja izgubi zaradi spiranja z vodo. Iztrebki med drugim vsebujejo tudi mikrohranila, kot sta baker in cink, nujna za rast rastline. Pokazano je bilo tudi, da iztrebki spodbujajo razrast mikroflora prsti, s čimer se ustvari sinergijski učinek, kar še dodatno pospeši rast rastlin. Sklep raziskav je tako pokazal, da bi lahko njihovi iztrebki delno ali celo popolnoma nadomestili mineralna gnojila NPK. Slednje je še posebej pomembno, zlasti pri znižani dostopnosti mineralnih gnojil in prehodu na okolju prijaznejše kmetovanje.

Mokarji so se izkazali za res vsestransko žuželko, zmožno zadostitve človeškim potrebam po esencialnih aminokislinah. Njihovi iztrebki predstavljajo gnojilo, konkurenčno klasičnim mineralnim gnojilom NPK, obenem pa za njihovo rast porabimo manj prostora, krme, vode in časa. Do stopnje ličinke, primerne za uživanje, potrebujemo le okoli tri mesece ter obenem proizvedemo nižje emisije ogljikovega dioksida kot pri vzreji klasičnih virov mesa. Čeprav so mokarji pri nas še relativno neuporabljen prehranski dodatek, njihova uporaba v drugih državah že prehaja v aplikativno rabo in postaja del vsakdana. *