

Potencijal kukaca kao izvora animalnih proteina

Enida Članjak – Kudra¹, Neira Fazlović^{1*}, Davor Alagić¹, Kenan Čaklovića¹

Sažetak

Entomofagija (konzumiranje kukaca) rijetko se prakticira u zapadnim zemljama, ali ova praksa je i dalje raširena u ostatku svijeta. Najčešće se konzumiraju kornjaši (Coleoptera), gusjenice (Lepidoptera), pčele, ose i mravi (Hymenoptera) i skakavci i cvrčci (Orthoptera), ali se više od 1400 vrsta kukaca smatra jestivim. Kukci predstavljaju dobar izvor većine hranjivih tvari potrebnih za ljudsku ishranu, iako sastav varira u odnosu na vrstu i razvojni stadij kukca. Kukci spadaju u skupinu „mini-stoke“, te je njihov uzgoj jednostavan, brz i efikasniji u odnosu na uzgoj drugih vrsta životinja. Potencijal za dalji razvoj ove proizvodnje hrane je velik, a modeli uzgoja nekih vrsta su već razvijeni. Kukci se mogu konzumirati na više načina, bilo kao cijeli ili prerađeni ili kao posebno pripremljene delikatese i predstavljaju važan izvor hranjivih tvari u mnogim dijelovima svijeta. Pripadaju skupini „nove hrane“, a na nivou cijele Europske unije dopušten je uzgoj i konzumiranje samo ličinki *Tenebrio molitor* (veliki brašnar), iako neke zemlje dopuštaju i uzgoj drugih vrsta.

Ključne riječi: Entomofagija, kukci kao hrana, nova hrana

Uvod

Entomofagija označava korištenje kukaca kao izvora hrane za ljude. Kukci se konzumiraju već tisućama godina, bilo kao izvor hrane u periodu nestašice, dio svakodnevne prehrane ili kao delikatese. Procjenjuje se da se u svijetu kao hrana konzumira oko 1400 različitih vrsta kukaca (FAO, 2010.), a najčešće kornjaši (Coleoptera), gusjenice (Lepidoptera), pčele, ose i mravi (Hymenoptera) te skakavci i cvrčci (Orthoptera) (Huis i sur., 2013.) (Grafikon 1). Međutim, u nekim dijelovima svijeta, posebno u zemljama Zapada, kukci se percipiraju kao prljave ili nehygienijske vrste, što rezultira izrazitom odboj-

nošću mnogih prema ovim vrstama i neprihvatljivošću konzumiranja kukaca. Ipak, zbog globalnih promjena klime i mogućnosti za uzgoj stoke, proizvodi od kukaca imaju potencijal da postanu dio svakodnevne prehrane (FAO, 2010.).

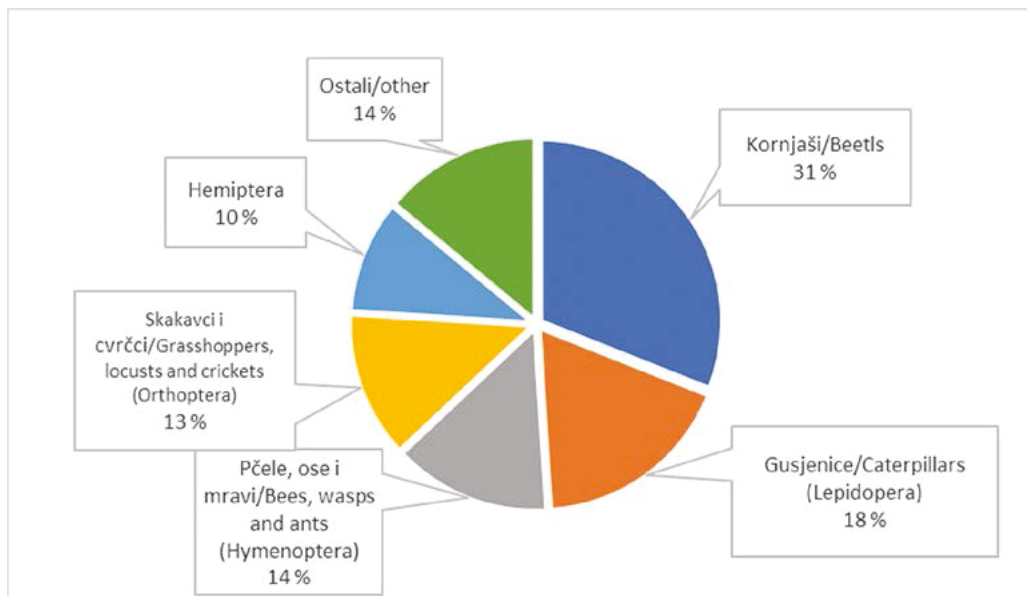
Proizvodni kukci su oni koji se uzgajaju za određenu svrhu, odnosno kao hrana, stočna hrana, kao kućni ljubimci i slično. Ovo je širi pojam u odnosu na jestive kukce, koji se koriste isključivo kao hrana namijenjena za ljudsku konzumaciju (Grabowski i sur., 2022.). Kukci čine dio prehrane najmanje dvije milijarde ljudi u preko 100 zemalja svije-

¹ dr. Enida Članjak – Kudra, docent; Neira Fazlović DVM; dr. Davor Alagić, izvanredni profesor; dr. Kenan Čaklovića, izvanredni profesor; Katedra za sigurnost hrane i zaštitu okoliša, Univerzitet u Sarajevu, Veterinarski fakultet, Bosna i Hercegovina

*Autor za korespondenciju: neira.fazlovic@vfs.unsa.ba

ta. Entomofagija je najzastupljenija u Jugoistočnoj Aziji i Pacifiku, podsaharskoj Africi i Latinskoj Americi. U zavisnosti o dostupnosti, kukci u Africi čine između 2 % i 30 % godišnje potrošnje životinjskog proteina,

a koriste se kao dodatak hrani, bilo u svrhu poboljšanja njene hranjive vrijednosti ili kao glavni izvor hranjivih materija (Huis i sur., 2013.).



Grafikon 1. Najčešće konzumirane skupine kukaca u svijetu (FAO, 2010.)
Graph 1 The most commonly consumed insect groups in the world (FAO, 2010)

Hranjiva vrijednost tkiva kukaca

Sastav tkiva kukaca se značajno razlikuje u odnosu na vrstu kukca, kao i fazu njihovog razvoja. Također se i kalorijske vrijednosti u tkivu kukaca značajno razlikuju. Na osnovu istraživanja 78 različitih vrsta, procijenjeno je da, u zavisnosti od vrste, 100 g tkiva kukaca sadrži između 293 kcal i 762 kcal (Ramos-Elorduy i sur., 1997.).

Tkivo kukaca je veoma bogato proteinima. Odnos između količine proteina i drugih hranjivih tvari zavisi od vrste kukca. Sadržaj proteina u tkivu kukaca se kreće od 15 % to 81 %, a najveće vrijednosti utvrđene su u tkivu osa iz roda *Polybia* (Ramos-Elorduy i sur., 1997.).

Potencijal kukaca kao izvora proteina je očit kada se uspoređi sadržaj proteina u tkivu kukaca s proteinima biljnog porijekla. Dok tkivo kukaca iz reda Orthoptera sadrži preko 77 % proteina, hrana biljnog porijekla, kao što je suha soja, sadrži tek 35 % proteina. Zbog svog hranjivog sastava, 100 grama tkiva gusjenica, bez obzira radi li se o gusjenicama leptira ili moljaca, može zadovoljiti potrebe odraslih ljudi za 76 % dnevne količine proteina (Rumpold i Schlüter, 2013.).

Istraživanje Ramos-Elorduya i sur. (1997.) pokazalo je da 59 od ukupno 78 analiziranih vrsta

kukaca sadrži više od 50 % proteina, dok se stupanj probavljivosti proteina utvrđen u *in vitro* uvjetima kretao od 77 % do 98 %.

Pored sadržaja proteina u tkivu kukaca, veoma je bitan i njihov aminokiselinski sastav koji je u većini slučajeva jako povoljan za prehranu ljudi. Kod većine vrsta, aminokiselinski sastav jestivih kukaca je dovoljan da zadovolji potrebe odraslih ljudi za aminokiselinama metionin (16 mg/g proteina) i metionin + cistein (22 mg/g proteina) (Rumpold i Schlüter, 2015.). Neki kukci sadrže velike količine aminokiselina lizina, triptofana i treonina što je značajno jer se ne mogu naći u sastavu proteina mnogih žitarica (Kouřimská i Adámková, 2016.). Prosječan sadržaj masti varira od skupine do skupine kukaca, te se kreće od 13,40 % za red Orthoptera (ravnokrilci) do 33,40 % za red Coleoptera (kornjaši, tvrdokrilci), dok i neke druge skupine polukrilaca (Hemiptera), termita (Isoptera), žohara (Blattodea, Blataria) također sadrže veće količine masti. Gusjenice iz reda Lepidoptera su također bogate mastima čiji se sadržaj kreće između 27 % i 30 %. Sadržaj masti varira i između razvojnih faza i obično je veći u stadijima ličinki i kukuljica nego kod odraslih kukaca (Rumpold i Schlüter, 2013.).

Trigliceridi čine oko 80 % lipida u tkivu kukaca i služe kao rezerva energije koju kukci koriste za vrijeme dužeg leta, kao i u drugim periodima izražene aktivnosti. Druga najzastupljenija grupa lipida u tkivu kukaca su fosfolipidi koji čine oko 20 % preostalih masti, te su od velike važnosti za održavanje strukture staničnih membrana (Kouřimská i Adámková, 2016.).

Količine proteina i masti u kukcima su u većini slučajeva obrnuto proporcionalne, pa kukci bogati proteinima sadrže manje lipida, a oni sa više lipida u sastavu sadrže manje proteina (Rumpold i Schlüter, 2013.).

Šećeri su u kukcima zastupljeni manje nego proteini i lipidi. Glavni ugljikohidrat u tkivu kukaca je hitin koji je bitan sastojak njihovog egzoskeleta. Količina ugljikohidrata varira od vrste do vrste, od

15,7 % kod cvrčaka, do 6,7 % kod različitih vrsta crva. Vrste bez egzoskeleta sadrže znatno manje količine hitina (Nesic i Jutta, 2019).

Ljudski želudac proizvodi enzim hitinazu, koja je zadužena za razgradnju hitina, što ukazuje na evolutivnu adaptaciju ljudi za konzumiranje kukaca, posebno ako se u obzir uzme smanjena aktivnost ovog enzima kod ljudi koji ne konzumiraju kukce u svakodnevnoj prehrani (Paoletti i sur., 2007). Hitin egzoskeleta kukaca često se naziva „životinjskim vlaknima“, jer se u ljudskom tijelu ponaša slično kao celuloza. Međutim, potrebno je detaljnije istražiti funkcije hitina u ljudskoj prehrani i njegovog potencijalnog utjecaja na zdravlje konzumenta, jer postoje indikacije da bi hitin mogao smanjiti učestalost alergijskih reakcija kod određenog dijela populacije (Kouřimská i Adámková, 2016.).

Tablica 1. Sadržaj proteina, masti i ugljikohidrata u tkivu različitih skupina kukaca (Ramos-Elorduy i sur., 1997., Rumpold i Schlüter, 2013.)

Table 1 Content of proteins, fats and carbohydrates in the tissue of different groups of insects (Ramos-Elorduy et al., 1997., Rumpold and Schlüter, 2013.)

Redovi kukaca Insect order	Proteini (%) Proteins (%)	Masti (%) Fats (%)	Ugljikohidrati (%) Carbohydrates (%)
Orthoptera	44,10	2,2	1,20
Hemiptera	42,49	30,43	3,23
Coleoptera	23,20	27,57	2,81
Hymenoptera	47,1	21,43	3,65
Lepidoptera	44,91	24,47	8,20

Neke skupine kukaca kao što su kukci iz reda Hemiptera (prave bube) kao i neki pripadnici reda Orthoptera (skakavci i cvrčci) sadrže dovoljnu količinu magnezija da zadovolje dnevne ljudske potrebe, odnosno 420 mg za muškarce i 320 mg za žene (Rumpold i Schlüter, 2013.). Velika gusjenica moljca *Gonimbrasia belina* kao i skakavci *Locusta migratoria* sadrže relativno velike količine željeza. Gusjenice sadrže između 31 mg i 77 mg željeza na 100 g suhe tvari, dok je udio željeza kod skakavaca manji i kreće se u rasponu od 8 do 20 mg na 100 g suhe tvari (Kouřimská i Adámková, 2016.).

Općenito, kukci su loš izvor natrija i kalcija. Uz izuzetak ličinke kućne muhe (*Musca domestica*), niti jedna druga skupina kukaca u istraživanju Rumpolda i Schlütera (2013.) nije sadržavala dovoljnu količinu ovih minerala. S druge strane, kukci su bogat izvor vitamina, među kojima se najviše ističu riboflavin, pantoteična kiselina i biotin, a veće koncentracije vitamina B12 mogu se naći u ličinkama

velikog brašnara *Tenebrio molitor* (0,47 µg na 100 g) i tkivu kućnog cvrčka *Acheta domesticuss* (Kouřimská i Adámková, 2016.).

Uzgoj kukaca

Neke skupine kukaca imaju veći potencijal za uzgoj na industrijskom nivou, te su one od najvećeg interesa s aspekta iskorištenja kukaca kao značajnog izvora proteina u prehrani ljudi. Trenutno se u Europi proizvodi 6.000 tona proteina kukaca, a očekuje se da će do 2030. godine proizvodnja dostići 3 milijuna tona (Hawkey i sur., 2021.).

Kukci pripadaju skupini životinja koja se naziva „mini-stoka“ (*mini-livestock*) koja uključuje sve male životinje koje se uzgajaju radi profita, bez obzira na proizvod koji se od njih dobije. Ova kategorija pored kukaca uključuje male sisavce, reptile i vodozemce (Abbasi i sur., 2015.). U odnosu na klasičnu krupnu stoku, „mini-stoka“ ima određene prednosti koja se ogleda u činjenici da zbog male veličine

njihov uzgoj zahtijeva relativno malo prostora. Većina vrsta životinja koje se ubrajaju u „mini-stoku“ su omnivori te konzumiraju hranu različitu od hrane namijenjene za prehranu ljudi. Njihov uzgoj, a posebno uzgoj kukaca, sa sobom nosi veliki potencijal za zaradu, jer je potražnja za njima još uvijek u porastu, a vrlo malo se radi na organiziranom industrijskom uzgoju. Posljednja, ali bitna prednost uzgoja kukaca je efikasnost i relativna jednostavnost uzgoja, što olakšava edukaciju osoblja u kontaktu s kukcima (Huis i sur., 2013., Abbasi i sur., 2015., Anankware i sur., 2021.). Grabowski i sur. (2022.) smatraju da se u budućnosti očekuje rast uzgoja određenih vrsta kukaca, iako sve jestive vrste kukaca nisu pogodne za uzgoj zbog specifičnosti svojih životnih ciklusa.

U svrhu prehrane ljudi, u Europskoj uniji najviše pažnje se pridaje skakavcima, i to vrstama cvrčaka *Grylloides sigillatus* i *Acheta domestica*, malim brašnastim crvima (*Alphitobius diaperinus*), kao i crnim brašnastim crvima (*Tenebrio molitor*). Pored toga, ističu se i crna muha (*Hermetia illucens*) i larve kućne muhe (*Musca domestica*) (van der Spiegel i sur., 2013.). Od svih navedenih vrsta, trenutno se najviše uzgajaju cvrčci i žuti brašnasti crvi u svrhu proizvodnje proteina, te kao hrana za kućne ljubimce u Evropi, Sjevernoj Americi i dijelovima Azije. Model uzgoja navedenih kukaca je već testiran i implementiran, te bi se mogao modificirati i koristiti za proizvodnju ovih vrsta za prehranu ljudi (Gahukar, 2016.). U današnje vrijeme, kada sve veći broj uzgajivača želi proizvoditi hranu koja ima što manje štetnog utjecaja na okoliš, istovremeno na značaju dobiva i učinkovitost iskoristivosti hrane. Kod kukaca, stopa

konverzije hrane je dva puta veća nego kod peradi i svinja i čak pet puta veća nego kod goveda. Tako je za proizvodnju 1 kg žive mase cvrčka potrebno samo 1,7 kg hrane, dok se za proizvodnju 1 kg pilećeg mesa potroši 2,5 kg hrane, 5 kg hrane za 1 kg svinjskog mesa i čak 10 kg hrane za kilogram goveda (FAO, 2010., Gahukar, 2016.). Kukci su hladnokrvne životinje i imaju visoku stopu konverzije hrane jer sve što unesu u organizam pretvaraju u masu ili koriste za kretanje (Abbasi i sur., 2015., Halloran i Bruun, 2016.). Uzgoj kukaca može biti i do 20 % učinkovitiji nego uzgoj goveda, jer se kukci razmnožavaju mnogo brže od sisavaca. Profit uzgoja kukaca povećava i visoka iskoristivost njihovog tkiva. Randman mesa goveda iznosi oko 60 %, dok je randman tkiva cvrčaka znatno veći i kreće se i do 80 %. Uzgoj kukaca također zahtijeva mnogo manje vode od uzgoja sisavaca, jer kukci koriste vodu direktno iz hrane (FAO, 2010., Gahukar, 2016.).

U svijetu raste broj velikih i malih proizvođača kukaca, prvenstveno u Africi i Aziji. Za ljudsku se prehranu uglavnom uzgajaju cvrčci i brašnari, dok se larve crne muhe obično uzgajaju za proizvodnju stočne hrane (Hawkey i sur., 2021.). Jedan od najboljih primjera je uzgoj cvrčaka na Tajlandu. Cvrčci spadaju među najpopularnije vrste kukaca i odlikuju se ugodnim ukusom i mogućnošću raznovrsne upotrebe (Huis i sur., 2013.; Abbasi i sur., 2015.). Na Tajlandu se uzgajaju dvije vrste cvrčaka: autohtona vrsta (*Gryllus bimaculatus*) i obični kućni cvrčak (*Acheta domestica*) (Huis i sur., 2013.). Sam uzgoj je relativno jednostavan i ne zahtijeva prevelika financijska ulaganja ni kompliciranu opremu.

Tablica 2. Usporedba parametara proizvodnje cvrčaka u odnosu na konvencionalne vrste životinja
Table 2 Comparison of cricket production parameters in relation to conventional animal species

	Cvrčci Crickets	Goveda Cattle	Svinje Pigs	Brojlerski pilići Broiler chicken
Randman Yield	do 80 % Up to 80 %	do 60 % Up to 60 %	70 %	70 %
Potrebna količina vode za 1 kg mesa (L) Required quantity of water for 1 kg of meat (L)	1-2	22000	3500	2300
Potrebna količina hrane za 1 kg mesa (kg) Required quantity of feed for 1 kg of meat (kg)	1,7	10	5	2,5
Vrijeme potrebno za uzgoj (od rođenja) Time required for production (from birth)	30 - 40 dana 30- 40 days	12-24 mjeseca 12-12 months	6 mjeseci 6 months	35-45 dana 35-45 days

U svrhu uzgoja ovih kukaca dovoljni su kontejneri visine 0,5 m i širine 0,8 m. Na dno ovih kontejnera potrebno je staviti određenu izolaciju, i to najčešće u vidu sloja rižine ljuske. Da bi se osiguralo da cvrčci ne pobjegnu, kontejneri se pokriju običnim platnom. Potrebno je osigurati vodu, i to najčešće korištenjem plastičnih boca. Hrana za cvrčke je vrlo raznovrsna, a najčešće se koristi hrana za perad ili, kad se govori o kućnom uzgoju, ostaci povrća, trava i riža (Abbasi i sur., 2015.). Hrana treba sadržavati 20-30 % proteina, 32-47 % ugljikohidrata i 3,2-5,2 % masti. U kontejneru je potrebno postaviti i kartonske kutije od jaja, lišće, kao i posude s pijeskom u koje će ženke polagati jaja. Posude s jajima će se nakon nekog vremena prebaciti u drugi kontejner, gdje će se iz jaja razviti nova generacija kukaca. Sam proces inkubacije traje od 10 do 14 dana, a razvoj iz jaja u nimfe, te zatim u adulte traje između 6 i 8 tjedana. Cijeli reproduktivni ciklus traje prosječno 45 dana, odnosno između 4 do 6 tjedana, a od jedne zdjelice s jajima može se proizvesti do 3 kg odraslih cvrčaka (Huis i sur., 2013.). Iz svega navedenoga jasno je da je uzgoj cvrčaka jeftin i jednostavan proces, čiji puni potencijal još uvijek nije dostignut. Potencijal za unaprjeđenje tehnologije uzgoja je velik, ukoliko za ovim izvorom proteina bude postojala potražnja.

Kukci koji bi se koristili za prehranu ljudi moraju se hraniti hranom koja je po kvaliteti i sigurnosti u rangu sa stočnom ili čak s ljudskom hranom. Ovo je posebno bitno za one vrste kukaca koji u daljnjim procesima prerade neće biti eviscerirani. Također, hrana za kukce se mora provjeravati na isti način kako se provjerava stočna hrana za druge vrste životinja, što uključuje kontrolu sastava, prisustva antibiotika, pesticida i teških metala (Huis i sur., 2013.; Abbasi i sur., 2015.). Prisustvo i koncentracija kontaminanata u hrani dobivenoj od kukaca zavisi od više faktora, uključujući vrstu i fazu razvoja kukca, te način uzgoja i proizvodnje (Ayieko i sur, 2021.). Prilikom uzgoja kukaca potrebno je implementirati pravila biosigurnosti koja će spriječiti prodiranje patogena u objekte za razmnožavanje, ali i spriječiti potencijalni bijeg kukaca (Gašević i sur., 2021.).

Priprema kukaca

U zavisnosti od brzine, tehnike, ali i humanosti postupaka, postoje tri glavne tehnologije za usmrćivanje kukaca: brzo zamrzavanje, smanjenje dovoda kisika i kuhanje.

Zamrzavanje se smatra najhumanijom opcijom, što je jedan od razloga zašto je ova tehni-

ka i najviše korištena. Pošto kukci spadaju u hladnokrvne ili poikilotermne životinje, njihova tjelesna temperatura, ali i metabolički procesi direktno ovise od vanjske temperature. Smanjenje vanjske temperature umanjuje intenzitet njihovih metaboličkih procesa čime se simulira prijelaz s ljetnog u zimski period, kada veliki postotak kukaca u prirodi ugiba. Kukci usmrćeni na ovaj način ostaju cijeli i neoštećeni, što je neophodno osigurati za proizvodnju nekih vrsta proizvoda od njihovog tkiva. Pored toga, niska temperatura ima i konzervirajući učinak na tkivo kukaca jer sprječava rast mikroorganizama (Dossey, 2016.).

Druga opcija za usmrćivanje kukaca bazirana je na promjeni sastava atmosfere u kojoj se oni nalaze, bilo da se radi o smanjenju dovoda kisika ili dodavanju CO₂. Ova metoda se rjeđe koristi jer se smatra manje efikasnom i manje humanom. Nije provedeno dovoljno istraživanja o brzini kojom dolazi do smrti kukaca, niti su dovoljno ispitani učinci ove metode kada se govori o kvaliteti i karakteristikama kukaca kao proizvoda za konzumaciju (Dossey, 2016.).

Termička obrada se smatra najmanje humanom opcijom eutanazije kukaca. Iako postoje oni koji „ubacivanje“ kukaca u ključalu vodu smatraju brzom i humanom metodom usmrćivanja kukaca, danas se ova tehnika izbjegava čak i u onim kulturama gdje je tradicionalan ovaj način pripreme. Danas se preferira da se kukci prvo usmrte korištenjem niske temperature, jer termičkom obradom nastaju promjene u kemijskom sastavu kukaca, čime se ovi kukci više ne mogu koristiti za određene vrste proizvoda (Dossey, 2016.).

Nakon što se usmrte, tkivo kukaca obično se konzumira na jedan od tri načina: kao cijeli kukci, u formi paste ili kao mljeveni, te kao ekstrakti proteina, masti ili hitina koji se dodaju drugim vrstama hrane (Huis i sur., 2013.).

U cilju smanjenja kontaminacije tkiva bakterijama iz gastrointestinalnog trakta, u europskim zemljama gdje se jestivi kukci uzgajaju, poput Nizozemske, primjenjuje se jednodnevno gladovanje jedinki prije usmrćivanja. U ovom slučaju, kukac se može liofilizirati u cjelini, a ova metoda konzerviranja garantira proizvod s relativno dugim rokom trajanja (do godinu dana) uz uvjet pravilnog skladištenja na hladnom i suhom mjestu. Sušenje zamrzavanjem također omogućava da se nutritivne vrijednosti kukaca održe, ali ovaj metoda je skup, te za posljedicu može imati i neželjene oksidacije, što dovodi do smanjenja kvalitete proizvoda (Huis i sur., 2013.).

Iako su se kukci često tradicionalno konzumirali sirovi, većina kultura ih danas priprema pečenjem ili kuhanjem. Koriste se sami ili u kombinaciji s drugom hranom. Konzumiranje bez prethodne prerade je karakteristično za neke azijske kuhinje, gdje se preferira okus i tekstura sirovih kukaca. Međutim, u zapadnim zemljama, ovako servirani kukci bi većini stanovništva bili neprihvatljivi, pa se u ovim dijelovima svijeta korištenjem sofisticiranih tehnika u potpunosti mijenja izgled, okus i miris kukaca što ga čini znatno privlačnijim za konzumenta. Kukci se u ovim regijama svijeta obično pretvore u bezličnu masu, bilo sušenjem i mljevenjem ili kuhanjem i pečenjem. Pri tome gube karakteristike kukaca i postaju neprepoznatljiva masa lipida i proteina. Brašno ili pasta od kukaca dobivena na ovaj način dodajte se drugim namirnicama radi poboljšanja okusa ili hranjivog sastava (Mlcek i sur., 2014.). Međutim, danas se istražuju i druge karakteristike proteina kukaca, kao što su kapacitet želatinizacije, kapacitet stvaranje pjene, kapacitet emulgiranja i rastvorivost u ulju i vodi, što može dovesti do dodatnih načina korištenja jestivih kukaca kao sastojaka hrane (Ayieko i sar, 2021.).

Cijena jestivih kukaca zavisi od više faktora, među kojima su najvažniji vrsta kukaca, ali i geografsko područje. U zemljama u razvoju, ova vrsta proteina je jeftin izvor hranjivih tvari, što je od posebno velikog značaja za ugroženu populaciju. Za ljude koji sami sakupljaju i pripremaju kukce, oni su bitan izvor kalorija i proteina. Za proizvodnju jestivih kukaca na industrijskoj razini, vjerojatno će biti potrebna automatizacija uzgoja i prerade, što će omogućiti proizvodnju veće količine ove namirnice, po nižim cijenama, ali je potrebna i izrada zakonskih okvira koji će kontrolirati ovaj oblik proizvodnje (Rumpold i Schlüter, 2015.).

Međutim, kukci se prodaju i kao cijenjena i skupa delikatesa. Među delikatesnim proizvodima izdvajaju se meksička jela „*gustanos*“ (od larvi leptira) i „*escamples*“, koje sadrže razvojne oblike mrava. U Kanadi, za konzervu od 30 grama ovih jela, plaća se cijena od 50 dolara, što znači da jedan gram ovih kukaca košta oko 2 dolara. Kao delikatesa u Japanu se izdvajaju i skakavci („*Inao*“) i konzervirane ose i stršljeni. Cijena ovih proizvoda je i do 20 dolara po konzervi od 100 grama (Nesic i Jutta, 2019.).

Kukci kao stočna hrana

Značajan dio negativnog utjecaja stočarske industrije na okoliš nastaje u cilju osiguravanja izvo-

ra bjelančevina u hrani za životinje. Troškovi stočne hrane mogu iznositi čak 60 % do 70 % troškova cijele proizvodnje (DiGiacomo i Leury, 2019.).

Veliki dio kukaca koji se danas uzgajaju u zapadnim zemljama se koristi za ishranu životinja, ali ovako uzgojeni kukci možda nisu optimalni izvor proteina za prehranu ljudi. Kukci koji se uzgajaju za stočnu hranu često konzumiraju manje nutritivno vrijednu hranu u odnosu na kukce koji se uzgajaju u svrhu ljudske prehrane. Pored toga, ovakva stočna hrana prolazi kroz manje rigorozne sigurnosne provjere (Huis i sur., 2013.). Međutim, rezultati studije koju su proveli Cureño i sur. (2022.) ukazuju da proteini porijeklom od skakavaca vrste *S. purpurascens* daju veće ili jednake vrijednosti konverzije kao i konvencionalna prehrana, što ukazuje da skakavci mogu biti održiva i hranjiva hrana za stoku.

U Europskoj uniji, proteini kukaca mogu se koristiti u proizvodnji hrane za ribe, te predstavljaju održiv alternativni izvor hrane za druge vrste stoke u budućnosti (Gatecki i sur., 2021.). Uredba komisije (EU) 2021/1372 dozvolila je upotrebu prerađenih životinjskih proteina dobivenih od kukaca i krmnih smjesa koje sadrže takve prerađene životinjske proteine za hranidbu peradi i svinja, jer ove skupine životinja i prirodno jedu kukce. Vidljiv je trend prepoznavanja proteina kukaca kao izvora hranjivih tvari za životinje, ali i za ljude.

Zakonska legislativa vezana za konzumiranje kukaca

Prema legislativi Europske unije, kukci spadaju u skupinu „nove hrane“. Ovaj pojam označava hranu koja se nije u značajnoj mjeri upotrebljavala za prehranu ljudi u Europskoj uniji prije 1997. godine. Registracija kukaca kao nove hrane će biti olakšana jer spadaju u skupinu hrane kod koje se može dokazati da je konzumirana barem 25 godina kao uobičajeni dio prehrane značajnog broja ljudi (Lähteenmäki-Uutela i Grmelová, 2013.; Anonimno 2015.; Lähteenmäki-Uutela i sur, 2018.).

Za sad, na nivou cijele Europske unije dopušten je uzgoj i konzumiranje samo jedne vrste kukaca i to sušene ličinke velikog brašnara (*Tenebrio molitor*). *T. molitor* se koristi kao cijeli, termički sušen kukac, cijeli (blanširane ličinke, ličinke sušene u pećnici) ili u prahu (blanširane ličinke, ličinke sušene u pećnici, mljevane ličinke). Cijeli brašnar se koristi za prehranu ljudi bez da se uklanja ijedan njegov dio, a prije faze termičkog sušenja potrebno je provesti barem 24 sata posta kako bi ličinke mogle odba-

citi sadržaj crijeva (EFSA, 2021).

EFSA (*European Food Safety Agency*, Europska agencija za sigurnost hrane) je potvrdila da nema zabrinutosti kada je u pitanju sigurnost ličinki *T. molitor* ako se koriste unutar zadanog toka trajanja, te da ova hrana ima visok sadržaj proteina (EFSA, 2021).

Međutim, kada su u pitanju ostale vrste kukaca u prehrani ljudi, legislativa još uvijek nije ujednačena u cijeloj Europskoj uniji. Primjerice, u Češkoj se uzgoj i prodaja jestivih kukaca tolerira, bez posebnog zakonskog okvira. S druge strane, Belgija prednjači s deset različitih dozvoljenih vrsta kukaca, ali su i druge države, kao što su Nizozemska i Francuska, uvele nacionalne pravilnike koji omogućuju da se neke vrste kukaca koriste kao hrana i time napravile prve korake ka korištenju jestivih kukaca (Lähteenmäki-Uutela i Grmelová, 2013.).

U Sjedinjenim Američkim Državama, situacija po pitanju konzumiranja tkiva kukaca se razlikuje od one u Europskoj uniji. Ne postoje zakonski zahtjevi koji se moraju ispuniti prije početka prodaje „nove hrane“. Međutim, kukci se u SAD-u kategoriziraju kao aditivi hrani, te moraju biti odobreni od strane Agencije za hranu i lijekove (*Food and Drug Administration*, FDA), osim ako se ne smatraju opće sigurnim supstancama (*Generally Regarded As Safe*, GRAS). Da bi hrana dobila GRAS status, potrebno je dokazati njezinu sigurnost na osnovu istraživanja (Lähteenmäki-Uutela i sur, 2018.). Dvije su metode da bi hrana dobila GRAS status. Prvi postupak se temelji na znanstvenim ispitivanjima, i koristi se prvenstveno za aditive u hrani. Međutim, za kukce, koji se stoljećima koriste kao hrana širom svijeta

ali i na području SAD-a, GRAS status bi se mogao potvrditi ako su tvari korištene kao hrana prije 1958. godine. Zakonska regulativa vezana za konzumiranje tkiva kukaca postoji, ali njena provedba varira od države do države. Proizvođači hrane moraju se pridržavati principa dobre proizvođačke prakse (*Good Manufacturing Practice*, GMP), a sama proizvodnja se može vršiti isključivo u reguliranim objektima. Lokalni inspektori mogu zatvoriti pogon za proizvodnju kukaca ili restoran koji služi kukce, ako sastojci nisu došli iz pogona koji je odobren od strane FDA. Međutim, trenutno u SAD-u je registriran vrlo mali broj odobrenih pogona za uzgoj i proizvodnju tkiva kukaca, što je otežavajuća okolnost za one koji žele da se bave prodajom proizvoda od kukaca (Lähteenmäki-Uutela i sur., 2018.).

Zaključak

Globalno zagrijavanje će otežati uzgoj animalnog proteina potrebnog za ishranu sve većeg broja ljudi. Međutim, kukci nude alternativnu koja ima mnoge prednosti u odnosu na konvencionalne vrste životinja. Uz pravilan način uzgoja i pripreme, kukci mogu postati bitan dio ishrane za veliki dio svjetske populacije, bez da se žrtvuju higijenska ispravnost, nutritivna vrijednost ili čak ukus. Zapadne zemlje počinju prepoznavati ovaj potencijal, zbog čega se može očekivati zakonska regulacija uzgoja i pripreme mnogih drugih vrsta insekata, kao i povećanje obima proizvodnje, što može dovesti do promjena stavova potrošača vezanih za ovu vrstu namirnice.

Literatura

- [1] Abbasi, T., T. Abbasi, S.A. Abbasi (2015): Reducing the global environmental impact of livestock production: The minilivestock option. *Journal of Cleaner Production* (112). 10.1016/j.jclepro.2015.02.094.
- [2] Anankware J.P., B.J. Roberts, X. Cheseto, I. Osuga, V. Savolainen, C.M. Collins (2021): The Nutritional Profiles of Five Important Edible Insect Species From West Africa—An Analytical and Literature Synthesis. *Front. Nutr.* 8:792941. doi: 10.3389/fnut.2021.792941
- [3] Anonimno (2015): Regulation (EU) 2015/2283 of the European Parliament and of the Council of 25 November 2015 on novel foods, amending Regulation (EU) No 1169/2011 of the European Parliament and of the Council and repealing Regulation (EC) No 258/97 of the European Parliament and of the Council and Commission Regulation (EC) No 1852/2001
- [4] Ayieko I.A., M. Onyango, R.T. Ngadze, M.A. Ayieko (2021): Edible Insects as New Food Frontier in the Hospitality Industry. *Front. Sustain. Food Syst.* 5:693990 doi: 10.3389/fsufs.2021.693990
- [5] DiGiacomo, K., B.J. Leury (2019): Review: Insect meal: a future source of protein feed for pigs? *Animal*, Cambridge University Press, 13(12), pp. 3022–3030.
- [6] Dossey, A. (2016): *Insects as Sustainable Food Ingredients: Production, Processing and Food Applications*, Elsevier.

- [7] Durst, P.B., D.V. Johnson, R.N. Leslie, K. Shono (2010): Forest insects as food: humans bite back : proceedings of a workshop on Asia-Pacific resources and their potential for development 19-21 February 2008, Chiang Mai, Thailand.
- [8] EFSA NDA Panel (EFSA Panel on Nutrition, Novel Foods and Food Allergens), Turck, D, J. Castenmiller, S. De Henauw, K.I. Hirsch-Ernst, J. Kearney, A. Maciuk, I. Mangelsdorf, H.J. McArdle, A. Naska, C. Pelaez, K. Pentieva, A. Siani, F. Thies, S. Tsaouri, M. Vinceti, F. Cubadda, T. Frenzel, M. Heinonen, R. Marchelli, M. Neuhäuser-Berthold, M. Poulsen, M. Prieto Maradona, J.R. Schlatter, H. van Loveren, E. Verwer, H.K. Knutsen (2021): Scientific Opinion on the safety of dried yellow mealworm (*Tenebrio molitor* larva) as a novel food pursuant to Regulation (EU) 2015/2283. *EFSA Journal* 2021;19(1):6343, 29 pp. <https://doi.org/10.2903/j.efs.2021.6343>
- [9] Gahukar RT., (2016): **Edible Insects Farming** : Efficiency and Impact on Family Livelihood, Food Security, and Environment Compared With Livestock and Crops [Internet]. *Insects as Sustainable Food Ingredients*. Elsevier Inc 85, 111. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-802856-8/00004-1>
- [10] Gatecki R., L. Zielonka, M. Zase pa, Gołe , J. Biowska, T. Bakula (2021): Potential Utilization of Edible Insects as an Alternative Source of Protein in Animal Diets in Poland. *Front. Sustain. Food Syst.* 5:675796 doi: 10.3389/fsufs.2021.675796
- [11] Grabowski NT, A. Abdulmawjood, F. Acheuk, K. Barragán Fonseca, T. Chhay, EM. Costa, EM. Neto, M. Ferri, J. Franco Olivas, DK, González Aguilar, S. Keo, R. Lertpatarakomol, P. Miech, T. Piofczyk, F. Proscia, J. Mitchaonthai, MM. Guerfali, W. Sayed, M. Tchibozo Sand Plötz (2022): Review: Insects—A Source of Safe and Sustainable Food?— “Jein” (Yes and No). *Front. Sustain. Food Syst.* 5:701797. doi: 10.3389/fsufs.2021.701797
- [12] Halloran A., S. Bruun (2016): Life cycle assessment of edible insects for food protein: a review. *Agron Sustain Dev* 1–13. <http://dx.doi.org/10.1007/s13593-016-0392-8>
- [13] Hawkey, K. J., C. Lopez-Viso, J.M. Brameld, T. Parr, A.M. Salter (2021): Insects: A Potential Source of Protein and Other Nutrients for Feed and Food. *Annual review of animal biosciences*, 9, 333–354. <https://doi.org/10.1146/annurev-animal-021419-083930>
- [14] Huis, A., J. Van Itterbeeck, H. Klunder, E. Mertens, A. Halloran, G. Muir, P. Vantomme (2013): EDIBLE INSECTS future prospects for food and feed security. *Food And Agriculture Organization of the United Nations*
- [15] Kouřimská, L., A. Adámková (2016): Nutritional and sensory quality of edible insects. *NFS Journal* 4, 22-26
- [16] Ksenija N., Z. Jutta (2019): Insects-a Promising Feed and Food Protein Source?. *Meat Technology* (60), 56-67. 10.18485/meat-tech.2019.60.1.8.
- [17] Lähteenmäki-Uutela, A., N. Grmelová (2016): European Law on Insects in Food and Feed. *European Food and Feed Law Review* 11 (1) 2-8. Accessed June 14, 2021. <http://www.jstor.org/stable/43958606.28>.
- [18] Lähteenmäki-Uutela, A., N. Grmelová, L. Hénault-Ethier, MH. Deschamps, G.W. Vandenberg, A. Zhao, Y. Zhang, B. Yang, V. Neman (2017): Insects as Food and Feed: Laws of the European Union, United States, Canada, Mexico, Australia, and China. *European Food and Feed Law Review* 12(1)22-36. Accessed June 14, 2021. <http://www.jstor.org/stable/26451416>.
- [19] Meza-Cureño LT, A.M. Mendieta Sánchez, A.M. Castillo, C. Cabello Hernandez, A. Carmona, V. Alavez, Y. Martínez, E. García-Cuenca, Z. Cano-Santana. R. Cerritos (2022): Matter Flow Through an Animal Model Feed With Grasshopper *Sphenarium purpurascens*: Evidence of a Sustainable and Nutritious Protein Production System. *Front. Sustain. Food Syst.* 6:785048. doi: 10.3389/fsufs.2022.785048
- [20] Mlcek, J., R. Otakar, M. Borkovcová, M. Bednářová (2014): A Comprehensive Look at the Possibilities of Edible Insects as Food in Europe – A Review. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences* 64. 10.2478/v10222-012-0099-8.
- [21] Paoletti MG, L. Norberto, R. Damini, S. Musumeci (2007): Human gastric juice contains chitinase that can degrade chitin. *Annals of Nutrition and Metabolism* 51(3):244-51. doi: 10.1159/000104144. Epub 2007 Jun 18. PMID: 17587796.
- [22] Ramos-Elorduy J., J.M.P. Moreno, E.E. Prado, M.A. Perez, J. Lagunez Otero, O. Ladron de Guevara (1997): Nutritional Value of Edible Insects from the State of Oaxaca, Mexico. *Journal of Food Composition and Analysis* 10 (2), 142-157, ISSN 0889-1575, <https://doi.org/10.1006/jfca.1997.0530>
- [23] Rumpold B.A., O. Schlüter (2015): Insect-based protein sources and their potential for human consumption: Nutritional composition and processing, *Animal Frontiers*, Volume 5, Issue 2, April 2015, Pages 20–24, <https://doi.org/10.2527/af.2015-0015>
- [24] Rumpold BA, O.K. Schlüter (2013): Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Mol Nutr Food Res* 57(5):802-23. doi: 10.1002/mnfr.201200735. Epub 2013 Mar 8. PMID: 23471778
- [25] Uredba Komisije (EU) 2021/1372 od 17. kolovoza 2021. o izmjeni Priloga IV. Uredbi (EZ) br. 999/2001 Europskog parlamenta i Vijeća u pogledu zabrane hranidbe nepreživača iz uzgoja, osim krznaša, bjelančevinama dobivenima od životinja
- [26] Van der Spiegel, M., M. Noordam, M., H. van der Fels-Klerx, (2013): Safety of Novel Protein Sources (Insects, Microalgae, Seaweed, Duckweed, and Rapeseed) and Legislative Aspects for Their Application in Food and Feed Production. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 12: 662-678. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12032>

Dostavljeno: 28.04.2022.

Prihvaćeno: 23.05.2022.

Potential of insects as a source of animal proteins

Abstract

Entomophagy (insect consumption) is rare in Western countries, but this practice is still widespread in the rest of the world. Most commonly consumed species are beetles (Coleoptera), caterpillars (Lepidoptera), bees, wasps and ants (Hymenoptera), as well as locusts and crickets (Orthoptera), but more than 1,400 species of insects are considered edible. Insects are a good source of most nutrients necessary for human consumption, although the composition varies depending on the species and developmental stage of the insect. Insects belong to the group of mini-livestock, and their production is simple, fast and more efficient than the production of other species. The potential for further development of this branch of animal husbandry is great, and production models of some species have already been developed. Insects can be consumed in many ways, either whole or processed, or as specially prepared delicacies and represent an important source of nutrients in many parts of the world. They belong to the group of "new foods", and in the entire European Union only the production and consumption of *Tenebrio molitor* (mealworm beetle) is allowed, although some countries allow the cultivation of other species.

Key words: Entomophagy, insects as food, new food

Potential von Insekten als Quelle von tierischen Proteinen

Zusammenfassung

Die Entomophagie (Verzehr von Insekten) ist in den westlichen Ländern selten, im Rest der Welt jedoch immer noch weit verbreitet. Die am häufigsten verzehrten Arten sind Käfer (Coleoptera), Raupen (Lepidoptera), Bienen, Wespen und Ameisen (Hymenoptera) sowie Heuschrecken und Grillen (Orthoptera), wobei mehr als 1.400 Insektenarten als essbar gelten. Insekten sind eine gute Quelle für die meisten Nährstoffe, die für den menschlichen Verzehr notwendig sind, auch wenn die Zusammensetzung je nach Art und Entwicklungsstadium des Insekts variiert. Insekten gehören zur Gruppe der Kleinsttiere; ihre Produktion ist einfach, schnell und effizienter als die anderer Arten. Das Potenzial für die weitere Entwicklung dieses Zweigs der Tierhaltung ist groß, und für einige Arten wurden bereits Produktionsmodelle entwickelt. Insekten können auf vielfältige Weise verzehrt werden, entweder ganz oder verarbeitet oder als speziell zubereitete Delikatessen, und stellen in vielen Teilen der Welt eine wichtige Nährstoffquelle dar. Sie gehören zur Gruppe der "neuen Lebensmittel". In der gesamten Europäischen Union ist nur die Erzeugung und der Verzehr von *Tenebrio molitor* (Mehlwurmkäfer) erlaubt, obwohl einige Länder die Zucht anderer Arten zulassen.

Schlüsselwörter: Entomophagie, Insekten als Lebensmittel, neuen Lebensmittel

Potencial de los insectos como la fuente de la proteína animal

Resumen

La entomofagia (el consumo de insectos) rara vez se practica en los países occidentales, pero aún está muy extendido en el resto del mundo. Los escarabajos (Coleoptera), las orugas (Lepidoptera), las abejas, avispa y hormigas (Hymenoptera) y los saltamontes y grillos (Orthoptera) son los más consumidos, pero más de 1400 especies de insectos son considerados comestibles. Los insectos son una buena fuente de la mayoría de los nutrientes necesarios para la alimentación humana, aunque la composición varía según el tipo y la etapa del desarrollo del insecto. Los insectos pertenecen al grupo de los "mini-ganado", y su cría es sencilla, rápida y eficiente en comparación con la cría de otras especies. El potencial para un mayor desarrollo de esta producción de alimentos es grande y ya se han de-

sarrollado modelos de reproducción de algunas especies. Los insectos se pueden consumir de muchas maneras, ya sea enteros o procesados o como delicias especialmente preparadas y representan una importante fuente de nutrientes en muchas partes del mundo. Pertenecen al grupo de los "nuevos alimentos", y a nivel de toda la Unión Europea está permitido cultivar y consumir solo las larvas de *Tenebrio molitor* (escarabajo de la harina), aunque algunos países permiten el cultivo de otras especies también.

Palabras claves: entomofacia, insectos como alimento, nueva comida

Il potenziale degli insetti come fonte di proteine animali

Riassunto

L'entomofagia (il consumo di insetti), rara nei paesi occidentali, continua ad essere diffusa nel resto del mondo. Le specie più comunemente consumate sono i coleotteri (Coleoptera), i bruchi (Lepidoptera), le api, le vespe e le formiche (Hymenoptera), oltre alle locuste e ai grilli (Orthoptera), ma sono più di 1.400 le specie di insetti considerate commestibili. Gli insetti sono una buona fonte della maggior parte dei nutrienti necessari per l'alimentazione umana, sebbene la loro composizione vari a seconda della specie e dello stadio di sviluppo dell'insetto. Gli insetti appartengono al gruppo dei "mini-bestie" e il loro allevamento è semplice, veloce e più efficiente rispetto all'allevamento di altre specie animali. Il potenziale per un ulteriore sviluppo di questa produzione alimentare è grande; inoltre, lo sviluppo dei modelli di allevamento di alcune specie è già a buon punto. Gli insetti possono essere consumati in molti modi, interi o trasformati, oppure come prelibatezze appositamente preparate e rappresentano un'importante fonte di nutrienti in molte parti del mondo. Gli insetti appartengono alla categoria del "nuovo cibo". A livello dell'intera Unione europea è consentito l'allevamento e il consumo soltanto delle larve di *Tenebrio molitor* (la c.d. tarma della farina), sebbene alcuni paesi consentano l'allevamento anche di altre specie.

Parole chiave: Entomofagia, insetti come alimento, nuovo alimento

